

Seri Katalog Agroforestri Nusantara (AFN), Volume 3

# *AGROFORESTRI KHAS PEGUNUNGAN NUSANTARA : JENDELA JAWA TIMUR*

*Editor: Didik Suprayogo, Kurniatun Hairiah, Hafidzianor, Subekti Rahayu*



World Agroforestry (ICRAF)





Seri Katalog Agroforestri Nusantara (AFN), Volume 3

***AGROFORESTRI KHAS PEGUNUNGAN  
NUSANTARA : JENDELA JAWA TIMUR***

Editor: Didik Suprayogo, Kurniatun Hairiah, Hafidzianor, Subekti Rahayu

World Agroforestry (ICRAF)

## **Sitasi**

Didik Surpayogo, Kurniatun Hairiah, Hafidzianor, Subekti Rahayu (edt.) 2023. Seri Katalog Agroforestri Nusantara (AFN), Volume 3: Agroforestri Khas Pegunungan Nusantara: Jendela Jawa Timur, World Agroforestry (ICRAF)

## **ISBN**

## **Ketentuan dan hak cipta**

World Agroforestry (ICRAF) memegang hak cipta atas publikasi dan halaman webnya, namun memperbanyak untuk tujuan non-komersial dengan tanpa merubah isi yang terkandung di dalamnya diperbolehkan. Pencantuman referensi diharuskan untuk semua pengutipan dan perbanyak tulisan dari buku ini. Pengutipan informasi yang menjadi hak cipta pihak lain tersebut harus dicantumkan sesuai ketentuan. Link situs yang ICRAF sediakan memiliki kebijakan tertentu yang harus dihormati. ICRAF menjaga database pengguna meskipun informasi ini tidak disebarluaskan dan hanya digunakan untuk mengukur kegunaan informasi tersebut. Informasi yang diberikan ICRAF, sepengetahuan kami akurat, namun kami tidak memberikan jaminan dan tidak bertanggungjawab apabila timbul kerugian akibat penggunaan informasi tersebut. Tanpa pembatasan, silahkan menambah link ke situs kami [www.worldagroforestry.org](http://www.worldagroforestry.org) pada situs anda atau publikasi.

## **World Agroforestry (ICRAF)**

Indonesia Program

Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang,  
Bogor 16115 [PO Box 161 Bogor 16001] Indonesia  
Tel: +(62) 251 8625 415; Fax: +(62) 251 8625 416  
Email: [icraf-indonesia@cifor-icraf.org](mailto:icraf-indonesia@cifor-icraf.org)  
[www.worldagroforestry.org/country/Indonesia](http://www.worldagroforestry.org/country/Indonesia)  
[www.worldagroforestry.org/agroforestry-world](http://www.worldagroforestry.org/agroforestry-world)

**Tata letak:** Muhammad Shivaki

2023

# KATA PENGANTAR

---

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmatNya sehingga buku berjudul **Agroforestri Khas Pegunungan Nusantara: Jendela Jawa Timur** ini selesai disusun. Buku ini adalah volume ke-3 dari **Seri Katalog Agroforestri Nusantara (AFN)** yang disusun oleh *Indonesian Network for Agroforestry Education (INAFE)* bekerjasama dengan ICRAF Indonesia, melalui skema Kedaireka *Matching Fund (MF)* Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbud Ristek) Tahun 2022.

Berabad-abad, masyarakat telah mengembangkan sistem agroforestri secara turun temurun sehingga agroforestri tidak dapat dipisahkan dari budaya leluhurnya. Di kawasan pegunungan, agroforestri diterapkan masyarakat sebagai bagian dari kebun campuran, hutan kemasyarakatan, hutan rakyat, perhutanan sosial, manajemen daerah aliran sungai yang menjadi bagian dari manajemen sumber daya alam untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Partisipasi masyarakat adalah kunci keberlanjutan sistem agroforestri pegunungan. Tren yang muncul dalam penelitian dan pengembangan agroforestri di pegunungan adalah upaya mengevaluasi terhadap manfaatnya bagi masyarakat berupa barang (*goods*) melalui inventarisasi etnobotani hingga analisis manfaat (jasa) lain agroforestri bagi lingkungan, budaya dan pendidikan di skala lanskap. Pendekatan tersebut bermanfaat untuk menunjukkan kontribusi agroforestri dalam manajemen daerah aliran sungai serta pembangunan berkelanjutan. Di daerah pegunungan, agroforestri semakin luas diadopsi oleh petani karena keanekaragaman pohon yang ada memiliki resiliensi lebih besar terhadap guncangan iklim dan pandemi COVID 19 dari pada system pertanian intensif monokultur, baik ditinjau dari aspek ekonomi, ekologi maupun sosial kemasyarakatan. Pengembangan agroforestri oleh masyarakat di kawasan pegunungan menjadi unik sesuai dengan kondisi ekologis, budaya masyarakat, kemajuan teknologi dan perkembangan kebijakan serta permintaan pasar dan wisata akan produk dan keindahan agroforestri.

Buku ini terdiri dari tiga bagian yaitu bagian I: Agroforestri di Pegunungan Nusantara: Beda Ekologi, Beda Budaya Beda Pengembangan dan Sebarannya, bagian II: Agroforestri Khas Pegunungan di Jawa Timur dan bagian III: prospek Agroforestri Pegunungan Nusantara: Kini dan Masa Depan. Bagian I (bab 1 – 3): menguraikan sebaran agroforestri di pegunungan Nusantara, dan khususnya di jendela Jawa Timur. Bab 2: Agroforestri Sebagai Bentuk Penggunaan Lahan di Pegunungan Nusantara: Memahami Pola dan Proses Pembentukannya Secara Sosial Ekologis. Bab 3: Sebaran Agroforestri Khas Pegunungan Jendela Jawa Timur. Di bagian II (ada 6 bab, Bab 4 s/d Bab 9). Bab 4 mendiskripsikan daya lenting agroforestri pasca letusan gunung berapi dan manfaat

vegetasi non-legume *Parasponia rigida* sebagai perintis lahan terdegradasi di lereng gunung Kelud. Bab 5 mendeskripsikan keragaman pengembangan agroforestri jangka panjang berbasis budaya dan spiritual di lereng Gunung Kawi. Bab 6 mencoba menelisik peran unik agroforestri sebagai sistem penggunaan lahan “Ramah Infiltrasi” di DAS Rejoso lereng gunung Bromo, sedangkan Bab 7 menelusuri perkembangan agroforestri berbasis swadaya masyarakat akibat adanya bencana banjir yang terjadi setelah adanya alih guna hutan menjadi lahan budidaya tanaman semusim di lereng gunung Anjasmoro, dan Bab 8 mendeskripsikan agroforestri berbasis pinus-kopi di lahan hutan di lereng gunung Arjuno-Welirang. Bab 9 mengungkapkan peran agroforestri untuk solusi reklamasi lahan bekas tambang pasir di Lereng gunung Semeru. Bagian III berisi dua bab, yaitu bab 10 mereview Kondisi Ekonomi Agroforestri di Pegunungan Jendela Jawa Timur dan Bab 11 menelaah prospek agroforestri pegunungan Nusantara masa kini dan masa depan.

Ucapan terimakasih kepada Kedai Reka DIKTI atas fasilitasi pendanaan dalam penulisan buku ini. Terimakasih juga disampaikan ke tim Pusat Penelitian Agroforestri Tropis, FP-UB dan Ketua Departemen Tanah, FP UB atas fasilitasi proses penulisan, dan Fakultas Kehutanan UGM atas koordinasi dalam hibah Matching Fund Kedai Reka. Terimakasih juga disampaikan ke World Agroforestry Center-ICRAF atas segala fasilitasnya mulai dari penyusunan konsep, penulisan hingga penerbitan buku ini. Buku ini tidak akan dapat terwujud tanpa dibantu oleh para pihak, yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, untuk itu kami mengucapkan terimakasih. Disadari bahwa isi buku ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran, kritik dan koreksi dari pembaca akan sangat membantu dalam perbaikan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat.

Malang, Nopember 2023

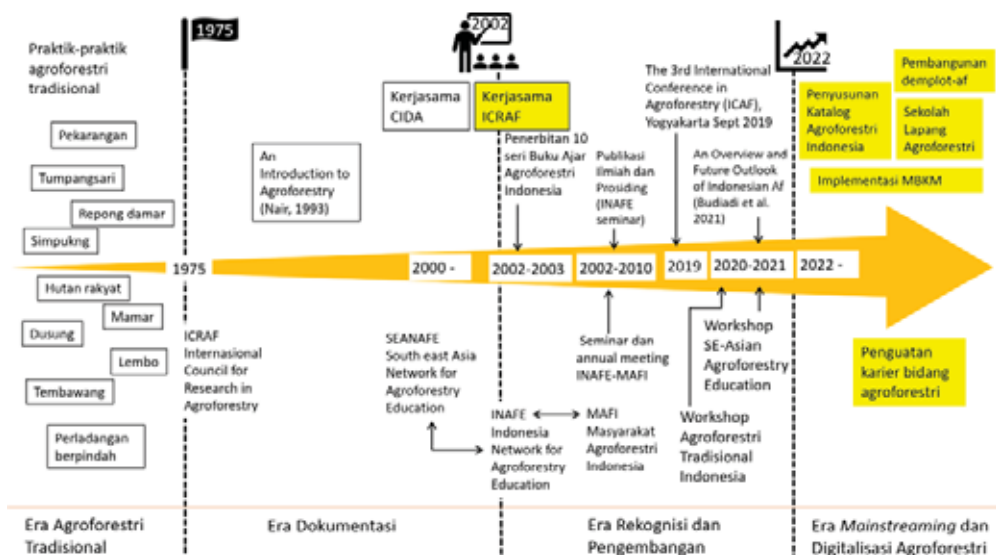
Penyusun

## Dr. Budiadi

Ketua *Indonesia Network for Agroforestry Education (INAFE)*

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah **volume ke-2** dari buku **Seri Katalog Agroforestri Nusantara (AFN)** berjudul **Tumpangsari dan Hutan Rakyat, Dinamika Budidaya Kayu dan Pangan Petani Jawa** telah berhasil disusun dengan baik. Buku ini merupakan satu dari 6 (enam) seri AFN yang disusun atas kerjasama *Indonesia Network for Agroforestry Education (INAFE)* dengan ICRAF Indonesia, melalui skema *Kedaireka Matching Fund (MF)* Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbud Ristek) tahun 2022. Atas nama INAFE, kami mengucapkan selamat dan memberikan apresiasi setinggi-tingginya kepada tim penulis dan editor, semoga buku ini akan semakin memperkaya khasanah keilmuan agroforestri, serta meningkatkan kemanfaatannya dalam pembangunan sektor pertanian dan kehutanan di Indonesia.

Buku seri AFN disusun sebagai bagian dari peta jalan yang disusun oleh INAFE dan ICRAF untuk mendokumentasikan dan mengangkat praktik agroforestri tradisional di berbagai wilayah di Indonesia sebagai kekayaan sistem pertanian yang bernilai tinggi untuk diwariskan kepada generasi penerus bangsa. Disadari bahwa dengan kekayaan tradisi dan adat istiadatnya, bumi Nusantara menyimpan berbagai sistem pertanian yang berbasis pada potensi setempat dan mengakar kuat dengan sejarah perkembangan budaya lokal.



Usaha pengembangan keilmuan agroforestri Nusantara ini perlu didukung dan ditingkatkan secara konsisten, agar generasi penerus bangsa ini memiliki pijakan yang kuat dalam membangun industri pertanian pada negeri agraris ini. Generasi milenial harus bisa menghargai dan bangga dengan sistem pertanian yang merupakan kekayaan bangsa ini, sehingga melalui proses pembelajaran di perguruan tinggi khususnya, nilai-nilai luhur tersebut dilestarikan dan dikembangkan. Melalui seri buku AFN, diharapkan sistem-sistem agroforestri tradisional memiliki peluang untuk dikembangkan, diperluas (*scale up*) dan dijadikan arus utama (*mainstream*) dalam membangun bumi pertiwi. Usaha ini juga bertujuan untuk menambah dan meningkatkan kualitas buku referensi agroforestri lingkup pendidikan tinggi dalam usaha menyiapkan SDM sarjana penggerak agroforestri atau agroforester yang kompeten.

Terkait dengan topik buku AFN volume ke-2 dengan judul Tumpangsari dan Hutan Rakyat ini, tim penulis telah melakukan penelaahan dan mengangkat kedua sistem tersebut sebagai praktik agroforestri tradisional sebagai bagian dari usaha produksi pangan dan kayu-kayuan di Pulau Jawa. Sistem tumpangsari dan hutan rakyat yang berkembang di Pulau Jawa sebenarnya berbasis pada usaha produksi kayu, namun karena sifat usaha yang berjangka panjang, maka persoalan pemenuhan kebutuhan jangka pendek (yakni pangan) menjadi titik kritisnya. Sistem tumpangsari dan hutan rakyat berkembang seiring dengan dinamika sosial-ekonomi dan tantangan ekologi di Pulau Jawa yang sangat padat ini. Buku ini mengulas berbagai sisi dinamika budidaya pangan dan kayu oleh petani, mendiskusikan keberlanjutannya di masa depan, untuk menjadi warisan sistem pertanian nusantara.

Dengan selesainya penulisan buku AFN volume ke-2 ini, INAFE mengucapkan terima kasih kepada Kemendibud Ristek melalui program Kedaireka MF 2022, ICRAF Indonesia dan berbagai pihak yang telah mendukung penyusunan rencana kerja, pendataan lapangan, penulisan, pengeditan hingga penerbitan. Semoga seri buku AFN memberikan kontribusi yang positif untuk masa depan pembangunan bangsa.



Agroforestri merupakan sistem pengelolaan lahan yang mengintegrasikan tanaman pertanian dan kehutanan, bahkan budidaya ikan dan ternak pada suatu bidang lahan. Praktik agroforestri merupakan sistem yang berkelanjutan karena mampu memelihara fungsi-fungsi ekologis dan membawa manfaat ekonomi sekaligus sosial. Di dalam kebijakan pemerintah, agroforestri ditengarai sebagai salah satu solusi dalam pemulihan hutan dan lahan terdegradasi dan praktik yang dianjurkan untuk perhutanan sosial.

Masyarakat petani di berbagai tempat di Indonesia dan di dunia telah mempraktikkan beragam tipe agroforestri. Di Indonesia, praktik agroforestri juga sangat bervariasi, diantaranya dalam hal jenis dan komposisi tanaman, yang dipengaruhi oleh faktor biofisik, ekonomi dan sosial budaya lokal. Keberagaman yang sangat kaya ini merupakan pengetahuan yang menarik untuk dipelajari serta ditularkan untuk memperluas dampak positif praktik agroforestri. Indonesian Network for Agroforestry Education (INAFE) merupakan jaringan kerja untuk pendidikan agroforestri di Indonesia yang beranggotakan universitas-universitas di Indonesia, khususnya yang memiliki fakultas pertanian dan kehutanan. Enam universitas yang merupakan Dewan Pengarah (*Board of Trustees*) dari INAFE ini, yaitu Universitas Lampung, IPB University, Universitas Gajah Mada, Universitas Brawijaya, Universitas Lambung Mangkurat dan Universitas Mulawarman, bersama-sama World Agroforestry (ICRAF) telah secara sistematis menggali dan mengumpulkan informasi serta mendokumentasikan sistem agroforestri yang telah dipraktikkan sejak beberapa generasi di berbagai wilayah Indonesia.

Sebanyak tujuh tipe agroforestri di berbagai daerah telah dikemas menjadi enam buku, yaitu: (1) repong damar di Lampung dan agroforestri kemenyan di Sumatra Utara, (2) tumpang sari di Yogyakarta dan Jawa Tengah, (3) agroforestri pegunungan di Jawa Timur, (4) dukuh di Kalimantan Selatan, (5) lembo di Kalimantan Timur dan (6) dusung di Maluku. Keenam buku ini menyusun Seri Agroforestri Nusantara, yang menyajikan aspek sejarah pembentukan agroforestri tertentu, komposisi jenis tanaman, pengelolaan, manfaat terhadap lingkungan, pemasaran produk, potensi keuntungan secara ekonomi bagi masyarakat petani, serta tantangan dan peluang pengembangan pada era perubahan iklim saat ini.

Dalam buku 3 dari Seri Agroforestri Nusantara yang berjudul: "Agroforestri Khas Pegunungan Nusantara: Jendela Jawa Timur" menyajikan tiga bagian yang membahas mengenai sebaran agroforestri di Pegunungan Jawa Timur (Bagian 1), karakteristik ekologi dan sosial pada agroforestri di Pegunungan-pegunungan Jawa Timur (Bagian 2) dan potensi ekonomi serta prospek pengembangannya di masa depan (Bagian 3).

Pada masing-masing bagian tersusun dalam bab-bab yang disajikan secara rinci. Bagian I (Bab 1 - 3) menguraikan sebaran agroforestri di Pegunungan Jawa Timur, Bab 2 membahas mengenai proses pembentukan agroforestry, Bab 3 menyajikan sebaran agroforestri khas Pegunungan Jawa Timur. Bagian II (Bab 4-9) mendeskripsikan daya lenting agroforestri pasca letusan gunung berapi di lereng gunung Kelud (Bab 4), pengembangan agroforestri jangka panjang berbasis budaya dan spiritual di lereng Gunung Kawi (Bab 5), menelisik peran agroforestri sebagai sistem penggunaan lahan "ramah infiltrasi" di DAS Rejoso lereng Gunung Bromo (Bab 6), menelusuri perkembangan agroforestri berbasis swadaya masyarakat akibat di lereng Gunung Anjasmoro (Bab 7), mendeskripsikan agroforestri berbasis pinus-kopi di lahan hutan di lereng Gunung Arjuno-Welirang (ab 8), mengungkapkan peran agroforestri untuk solusi reklamasi lahan bekas tambang pasir di Lereng Gunung Semeru (Bab 9). Bagian III (Bab 10-11) menganalisis profitabilitas usaha tani agroforestri berbasis kopi di berbagai wilayah Pegunungan Jawa Timur dan agroforestri sengon (Bab 10) dan menelaah prospek pengembangan agroforestri masa depan (Bab 11). Saya berharap Seri Agroforestri Nusantara yang menyajikan praktik agroforestri dari berbagai daerah di Indonesia ini bisa menjadi acuan dalam pengembangan dan perluasan agroforestri untuk membawa perbaikan kondisi ekologi, ekonomi dan sosial budaya bagi masyarakat petani dan masyarakat Indonesia secara luas, bahkan masyarakat global. Akhir kata, semoga Seri Agroforestri Nusantara ini memberikan manfaat dan berkontribusi dalam memitigasi perubahan iklim, meningkatkan ketahanan iklim serta pencapaian pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

# DAFTAR ISI

---

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>III</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>V</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>XVII</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>XXI</b>
<b>BAB 1. AGROFORESTRI DI PEGUNUNGAN NUSANTARA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Sebaran Agroforestri di Pegunungan Nusantara .....	1
1.1.1 Sebaran Gunung Api di Nusantara .....	1
1.1.2 Sebaran Agroforestri Pegunungan Nusantara.....	2
1.1.3 Sebaran Agroforestri di Pegunungan Jendela Jawa Timur .....	6
<b>BAB 2. AGROFORESTRI SEBAGAI BENTUK PENGGUNAAN LAHAN DI PEGUNUNGAN NUSANTARA: MEMAHAMI POLA DAN PROSES PEMBENTUKAN SECARA EKOLOGIS..</b>	<b>19</b>
2.1 Pengantar .....	19
2.2 Filosofi Gunungan.....	20
2.2.1 Hubungan manusia-alam.....	21
2.3 Multi Peran Lanskap dalam Ekologi dan Sosial Ekonomi .....	23
2.4 Paradigma Baru Agroforestri: Skala Lahan, Lanskap yang Berfokus pada Kebijakan.....	24
2.5 Konsep Analisis Agroforestri di Berbagai Tingkatan: dari Skala Pohon hingga Lanskap .....	25
<b>BAB 3. SEBARAN AGROFORESTRI KHAS PEGUNUNGAN JENDELA JAWA TIMUR</b> .....	<b>29</b>
3.1 kondisi Ekologi .....	29
3.1.1 Hubungan manusia-alam .....	29
3.1.2 Kondisi Tanah.....	32
3.1.3 Iklim .....	35
3.1.4 Hidrologi .....	36
3.1.5 Flora dan Fauna.....	39
3.2 Alih Guna Tutupan Lahan dari Waktu ke Waktu .....	46
3.3 Sistem Penggunaan Lahan.....	49
3.3.1 Dari Pesisir ke Pegunungan .....	49
3.4 Kondisi Sosial-Kelembagaan dan Budaya .....	50

3.4.1 Sejarah Persebaran Penduduk.....	50
3.4.2 Sejarah Perkembangan Perkebunan .....	52
3.4.3 Kelembagaan DAS Brantas dan Rejoso .....	54
3.4.4 Kali Konto sebagai Percontohan Program DAS Nasional .....	55
3.4.5 Geografi Ekonomi .....	56
3.4.6 Perkembangan sosial Daerah Hilir: Surabaya sebagai Mercusuar Turisme .....	56
<b>BAB 4. AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG KELUD .....</b>	<b>59</b>
4.1 Pengantar .....	59
4.2 Kondisi Umum di Lereng Gunung Kelud.....	60
4.2.1 Karakteristik Wilayah .....	60
4.2.2 Iklim .....	61
4.2.3 Tutupan dan Penggunaan Lahan .....	62
4.3 Agroforestri Berbasis Kakao Bergeser ke Agroforestri Kopi.....	63
4.4 Kemurkaan Gunung Kelud dan Kerugiannya bagi Masyarakat Sekitar .....	64
4.4.1 Kesaksian Masyarakat Desa Kutut tentang Erupsi Gunung Kelud. ....	65
4.4.2 Sebaran Abu Vulkan Selama Erupsi.....	66
4.4.3 Material yang dihamburkan selama erupsi gunung Kelud .....	68
4.4.4 Dampak Erupsi Gunung Kelud terhadap Tutupan Lahan Pertanian .....	69
4.5 Tanaman Tahunan dalam Sistem Agroforestri .....	71
4.6 Tanah dan Kesuburan Tanah .....	73
4.6.1 Karakteristik Fisiko-Kimia Tanah.....	73
4.6.2 Dampak jangka pendek masukan abu vulkan terhadap kesuburan . dan sifat tanah serta pertumbuhan tanaman .....	76
4.6.3 Hidrologi.....	77
4.7 Tanaman Pionir di Sekitar Gunung Berapi.....	77
4.7.1 Anggrung hijau ( <i>Parasponia rigida</i> ) tumbuhan pionir pengikat N bebas dari udara.....	80
4.7.2 Sebaran produksi biomasa tumbuhan pionir <i>Parasponia</i> .....	81
4.7.3 Produksi biomasa <i>Parasponia</i> dan kualitasnya .....	83
4.7.4 Efektivitas bintil akar <i>Parasponia</i> .....	84
4.7.5 Dampak jangka panjang erupsi: fisik, kimia, dan biologi tanah .....	85

4.8 Reklamasi Lahan Pertanian Pascaerupsi.....	88
4.8.1 Reklamasi berbasis pengetahuan ekologi lokal dari petani agroforestri .....	88
4.8.2 Pengolahan tanah.....	91
4.8.3 Penggunaan Pupuk .....	92
4.8.4 Reklamasi Lahan Pascaerupsi dengan Agroforestri.....	92
4.8.5 Reklamasi di lahan agroforestri pascaerupsi .....	93
4.9 Efisiensi Serapan Hara N dalam Sistem Agroforestri .....	94
4.10 Tantangan Pengembangan <i>Parasponia rigida</i> dalam Sistem Agroforestri .....	95
4.11 Kesimpulan.....	97
<b>BAB 5. AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG KAWI.....</b>	<b>100</b>
5.1 Pengantar .....	100
5.2 Karakteristik Wilayah.....	101
5.2.1 Kondisi Umum Wilayah .....	101
5.2.2 Iklim .....	102
5.2.3 Kondisi Umum Sistem Penggunaan Lahan .....	103
5.3 Riwayat Alih Guna Lahan dan Pembentukan Sistem Agroforestri .....	105
5.3.1 Riwayat Alih Guna Lahan.....	105
5.3.2 Riwayat pengembangan agroforestri di kawasan Gunung Kawi ..	107
5.3.3 Proyeksi pengembangan agroforestri ke depan .....	110
5.4 Struktur dan Peran Agroforestri .....	116
5.5 Manfaat Agroforestri .....	117
5.5.1 Penyediaan.....	118
5.5.2 Pengaturan.....	119
5.5.3 Pendukung .....	120
5.5.4 Budaya .....	121
5.6 Pengaruh Faktor Luar terhadap Evolusi Agroforestri .....	124
5.7 Masalah, Tantangan, dan Konflik Agroforestri.....	125
5.8 Pemulihan menuju ekologi hutan.....	126
5.9 Kesimpulan.....	132
<b>BAB 6. AGROFORESTRI KHAS GUNUNG BROMO .....</b>	<b>134</b>
6.1 Pengantar .....	134

6.2 Karakteristik Wilayah.....	138
6.3 Pergeseran dari hutan ke agroforestri atau dari lahan terdegradasi ke agroforestri .....	139
6.4 Struktur dan stabilitas agroforestri .....	142
6.5 Manfaat Agroforestri.....	150
6.5.1 Penyediaan .....	150
6.5.2 Pengaturan.....	155
6.5.3 Pendukung .....	155
6.5.4 Budaya .....	156
6.6 Pengaruh Faktor Luar terhadap Evolusi Agroforestri .....	158
6.6.1 Penggunaan dan tutupan lahan DAS Rejoso .....	158
6.6.2 Alur alih tutupan lahan beserta pemicunya .....	161
6.7 Masalah dan Konflik Agroforestri .....	163
6.8 Pemulihan Menuju Ekologi Hutan .....	163
6.8.1 Teknik Pemulihan .....	163
6.8.2 Pemulihan Keanekaragaman Hayati .....	164
6.8.3 Masalah persepsi dan status agroforestri.....	166
6.8.4 Strategi Pemulihan .....	169
6.9 Kesimpulan.....	169
<b>BAB 7. AGROFORESTRI KHAS GUNUNG ANJASMORO .....</b>	<b>171</b>
7.1 Pengantar.....	171
7.2 Karakteristik Wilayah .....	172
7.2.1 Topografi dan geologi .....	172
7.2.2 Kondisi tutupan lahan .....	174
7.2.3 Iklim.....	176
7.2.4 Tanah .....	177
7.3 Riwayat Perkembangan Agroforestri .....	178
7.3.1 Sejarah sumberdaya lahan dan agroforestri .....	178
7.3.2 Sejarah budidaya agroforestri .....	179
7.3.3 Sejarah produk agroforestri yang dikembangkan .....	181
7.3.4 Proyeksi pengembangan agroforestri di masa depan.....	182
7.4 Struktur dan Fungsi Agroforestri .....	185
7.5 Manfaat Agroforestri .....	193

7.5.1 Penyediaan.....	194
7.5.2 Pengaturan.....	197
7.5.3 Pendukung.....	198
7.5.4 Budaya.....	199
7.6 Pengaruh Faktor Luar terhadap Evolusi Agroforestri .....	201
7.7 Masalah dan Konflik Agroforestri .....	201
7.8 Pemulihan Menuju Ekologi Hutan.....	202
7.9 Kesimpulan.....	203
<b>BAB 8. AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG ARJUNO-WELIRANG .....</b>	<b>205</b>
8.1 Pengantar .....	205
8.2 Karakteristik Wilayah.....	207
8.2.1 Topografi dan geologi.....	207
8.2.2 Kondisi Iklim.....	209
8.2.3 Kondisi tutupan lahan Gunung Arjuno.....	209
8.3 Pergeseran dari Hutan Produksi ke Sistem Agroforestri .....	213
8.3.1 Sejarah Pengelolaan Hutan KHDTK UB Forest .....	215
8.3.2 Karakteristik Tanah di Kawasan KHDTK .....	217
8.4 Struktur dan Permasalahan di Kawasan Agroforestri KHDTK UB Forest	218
8.4.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kopi.....	223
8.5 Manfaat Agroforestri bagi Masyarakat dan Lingkungan.....	224
8.5.1 Penyediaan kebutuhan manusia .....	225
8.5.2 Pengaturan lingkungan .....	227
8.5.3 Pendukung untuk kehidupan lain .....	230
8.5.8 Mempertahankan budaya.....	232
8.6 Kesimpulan.....	234
<b>BAB 9. AGROFORESTRI KHAS GUNUNG SEMERU .....</b>	<b>237</b>
9.1 Pengantar .....	237
9.2 Kondisi di DAS Mikro Bangsri.....	237
9.2.1 Iklim: curah hujan dan suhu udara .....	237
9.2.2 Jumlah Penduduk.....	239
9.3 Riwayat Penggunaan Lahan .....	239
9.4 Tanaman Endemik.....	241
9.5 Satwa Endemik.....	241

9.6 Sistem Penggunaan Lahan.....	242
9.7 Dampak Penambangan Pasir terhadap Lingkungan .....	248
9.7.1 Penurunan kesuburan tanah .....	248
9.7.2 Penurunan kualitas air sungai.....	251
9.8 Dampak Penambangan Pasir terhadap Kondisi Sosial Ekonomi	
Masyarakat.....	253
9.9 Agroforestri untuk Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Pasir.....	254
9.10 Agroforestri memperkuat upaya Pengembangan Ekowisata .....	256
9.11 Kesimpulan .....	259
<b>BAB 10. KONDISI EKONOMI AGROFORESTRI DI PEGUNUNGAN JENDELA</b>	
<b>JAWA TIMUR.....</b>	<b>262</b>
10.1 Persebaran Praktek Agroforestri .....	262
10.2 Keuntungan Ekonomi Rumah Tangga dan Desa.....	263
10.2.1 Net Present Value (NPV).....	263
10.2.2 Equal Annual Equivalent (EAE).....	264
10.2.3 Return to Labour .....	264
10.2.4 Gross Benefit Cost Ratio (Gross BCR) .....	264
10.2.5 Internal Rate of Return (IRR) .....	265
10.3 Sistem Usaha Tani Agroforestri Berbasis Kopi .....	266
10.3.1 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Kelud .....	268
10.3.2 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Kawi.....	272
10.3.14 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Bromo.....	276
10.3.15 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Anjasmoro .....	279
10.3.16 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Arjuno .....	282
10.4 Sistem Usaha Tani Agroforestri Berbasis Sengon .....	286
10.4.1 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Semeru.....	286
10.5 Indikator Performa Ekonomi Sistem Usaha Tani Agroforestri di	
Pegunungan Jawa Timur.....	290
10.6 Perdagangan Produk Agroforestri.....	292
<b>BAB 11. PERAN AGROFORESTRI UNTUK KEHIDUPAN DI PEGUNUNGAN.....</b>	<b>296</b>
11.1 Konsep memahami peran agroforestri untuk kehidupan .....	296
11.2 Tujuh Narasi, Empat Fase Transisi dan Tiga Skala Agroforestri .....	301
11.3 Kehidupan dimulai dari abu vulkanik.....	306



11.4 Semangat sumber air pegunungan .....	307
11.5 Tandon Air: Layanan pengaturan air untuk dataran rendah .....	308
11.6 Daya lenting kehidupan masyarakat pegunungan .....	312
11.7 Gaya Bertani khas pegunungan: pergeseran pasar .....	314
11.8 Ekoturisme: layanan kenyamanan .....	315
11.9 Tata kelola: lompatan ke depan, memastikan keberlanjutan, menjaga semuanya tetap bersama .....	317
11.10 Fase de/re spiritualisasi .....	321
11.11 Siklus Pendorong – Tekanan – Keadaan Sistem – Dampak – Respons (DPSIR) .....	322
<b>BAB 12. PROSPEK AGROFORESTRI NUSANTARA KINI DAN MASA DEPAN .....</b>	<b>326</b>
12.1 Pengantar .....	326
12.2 Sistem manajemen penggunaan lahan di pegunungan .....	327
12.2.1 Prinsip dasar yang mempengaruhi sistem manajemen .....	327
12.2.2 Evolusi sistem manajemen .....	330
12.2.3 Evolusi sistem agroforestri pegunungan Nusantara .....	331
12.3 Prospek Agroforestri Pegunungan Nusantara .....	332
12.3.1 Prospek untuk aplikasi terapan .....	332
12.3.2 Prospek Pengembangan Kelembagaan .....	334
12.3.3 Prospek untuk Komunitas Ilmiah .....	337
12.3.4 Prospek untuk Pengembangan Sistem Pengetahuan Baru .....	338
12.4 Kemajuan agroforestri saat ini dan tantangan ke depan .....	341
12.4.1 Tantangan Dasar dan Kemajuan .....	342
12.4.2 Kendala Inheren yang diatasi .....	342
12.4.3 Perkembang infrastruktur .....	343
12.5 Agroforestri sebagai Ilmu Terapan .....	344
12.5.1 Penelitian dan Pengembangan .....	344
12.5.2 Pendidikan di Perguruan Tinggi .....	344
12.5.3 Pelatihan untuk Profesional dan Praktisi .....	346
12.5.4 Identifikasi dan Dukungan Praktisi .....	346
12.6 Kebutuhan Masa Depan .....	347
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>350</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>369</b>

# DAFTAR GAMBAR

---

Gambar 1.1.1	Peta sebaran gunung api di Indonesia.....	1
Gambar 1.1.2	Performa tipe-tipe agroforestri di berbagai tempat di Indonesia.....	4
Gambar 1.1.3	Transek penggunaan lahan di kawasan pegunungan Jawa Timur .....	6
Gambar 1.1.4	Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Kelud.....	7
Gambar 1.1.5	Persentase luas penggunaan lahan di Gunung Kelud .....	8
Gambar 1.1.6	Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Kawi Butak .	9
Gambar 1.1.7	Persentase luas penggunaan lahan di Gunung Kawi Butak .....	10
Gambar 1.1.8	Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di TNBTS .....	11
Gambar 1.1.9	Persentase luas penggunaan lahan di TNBTS.....	12
Gambar 1.1.10	Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Anjasmoro .	14
Gambar 1.1.11	Persentase luas penggunaan lahan di Gunung Anjasmoro .....	15
Gambar 1.1.12	Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Arjuno .....	16
Gambar 1.1.13	Persentase luas penggunaan lahan di Gunung Arjuno.....	17
Gambar 2.1.1	Skematis aspek ekologi, sosial dan ekonomi yang mempengaruhi keberagaman agroforestri di pegunungan .....	19
Gambar 2.2.1	Gunungan wayang kulit (A) tampak depan (B) tampak belakang .....	21
Gambar 2.2.2	Hubungan antara empat sudut pandang hubungan alam-manusia dengan agroforestri.....	22
Gambar 2.3.1	Agroforestri di tingkat lanskap merupakan perpotongan antara aspek ekologi dan sosial.....	23
Gambar 2.4.1	Diagram dari konsep kunci dalam paradigma baru agroforestri (AF1 skala lahan, AF2 skala lanskap, dan AF3 yang berfokus pada kebijakan) (van Noordwijk, 2019).....	24
Gambar 2.5.1	Unit analisis lintas skala untuk sistem penggunaan lahan agroforestri dari pohon, pasar, melalui mata pencaharian dan lanskap .....	26
Gambar 3.1.1	Peta Geologi Jawa Timur .....	30
Gambar 3.1.2	Peta Topografi Jawa Timur.....	31
Gambar 3.1.3	Peta Kelerengan Jawa Timur .....	32
Gambar 3.1.4	Sebaran Peta Tanah Jawa Timur .....	33
Gambar 3.1.5	Clay coating tanah Alfisol di Jawa Timur .....	34
Gambar 3.1.6	Sebaran wilayah Sungai Brantas secara spasial di Jawa Timur.....	38

Gambar 3.1.7	Persentase masing-masing kawasan di wilayah Provinsi Jawa Timur ..	39
Gambar 3.1.8	Jenis anggrek yang ditemukan di kawasan TNBTS, a) Malaxis purpureonervosa .....	41
Gambar 3.1.9	Jenis edelweis yang ditemukan di kawasan TNBTS, a) Anaphalis longofilia.....	41
Gambar 3.1.10	Tumbuhan bunga raflesia ( <i>Rafflesia zollineriana</i> ) yang ditemukan di Taman Nasional Meru Betiri .....	43
Gambar 3.1.11	(a) Sawo kecil ( <i>Manilkara kauki</i> L. Dubard) sumber foto: Neha Pathil 2022 dan (b) bamboo manggong ( <i>Gigantochloa manggong</i> ) sumber foto: Bhre Polo 2015) adalah jenis flora khas Taman Nasional Alas Purwo .....	44
Gambar 3.1.12	Pohon widoro bekol ( <i>Ziziphus mauritiana</i> ) yang ditemukan di Taman Nasional Baluran.....	45
Gambar 3.2.1	Peta penggunaan lahan Jawa Timur tahun 1990, 2000, 2010 dan 2022	46
Gambar 3.2.2	Luas masing-masing penggunaan lahan di Jawa Timur tahun 1990, 2000, 2010 dan 2022 .....	48
Gambar 3.4.1	Sebaran penduduk Provinsi Jawa Timur berdasarkan kelompok budaya (Berita Resmi Statistik 2021) .....	51
Gambar 3.4.2	Perkembangan jumlah penduduk Provinsi Jawa Timur (Berita Resmi Statistik 2021).....	52
Gambar 4.1.1	Ilustrasi erupsi gunung berapi (Ilustrasi: E. Purnamasari ©freepik) .....	60
Gambar 4.2.1	Rata-rata curah hujan dan suhu udara bulanan di kaki gunung Kelud (Sumber data: BMKG 2012-2019).....	61
Gambar 4.2.2	Transek penggunaan lahan di wilayah yang terkena dampak erupsi Gunung Kelud tahun 2014 .....	62
Gambar 4.2.3	Pakan ternak (rumput) yang tumbuh di bawah tegakan mahoni di lahan hutan produksi pada lereng bawah Gunung Kelud .....	63
Gambar 4.3.1	Wawancara dengan petani agroforestri tentang masalah dan prospek agroforestri kakao.....	64
Gambar 4.4.1	Awan gelap menutup bumi di pagi hari hingga nampak seperti malam hari; seorang nenek baru pulang dari mencari kayu bakar .....	65
Gambar 4.4.2	Wilayah bagian timur laut hingga bagian tenggara Gunung Kelud yang terkena dampak abu vulkanik terberat.....	67
Gambar 4.4.3	Peta sebaran abu vulkanik letusan Gunung Kelud tahun 2014 .....	68
Gambar 4.4.4	Abu vulkan tebal menutup lahan-lahan pertanian, mengubur semua tanaman yang telah ditanam .....	69

Gambar 4.4.5 Endapan abu vulkanik di lahan pertanian saat erupsi Gunung Kelud tahun 2014 .....	70
Gambar 4.4.6 Petani Dusun Kutut saat pascaerupsi harus berjalan kaki lebih jauh atau mengendarai sepeda motor ke lereng yang lebih atas untuk mencari pakan ternaknya (Sumber foto: K. Hairiah, 2016) .....	71
Gambar 4.5.1 Agroforestri berbasis kopi dengan tanaman penaung cengkeh dan disisipi dengan tanaman rumput gajah untuk pakan ternak .....	72
Gambar 4.5.2 Agroforestri berbasis kopi dengan aneka jenis pohon buah-buahan sebagai penaungnya di Desa Waturejo, Malang dan Wonorejo, Blitar ....	72
Gambar 4.5.3 Kondisi tutupan lahan agroforestri multistrata dan komponen penyusun di dalamnya.....	73
Gambar 4.6.1 Profil tanah di setiap lereng/toposekuen timur laut pascaerupsi Gunung Kelud (Sumber foto: A.N. Putra 2014) .....	74
Gambar 4.7.1 Beberapa jenis pohon legume yang dapat ditanam sebagai tanaman pionir pascaerupsi .....	80
Gambar 4.7.2 Tumbuhan pionir <i>Parasponia rigida</i> banyak ditemukan di tempat-tempat miskin hara (Sumber foto: I. Alfian dan R.M. Ishaq 2016).....	81
Gambar 4.7.3 Sebaran <i>Parasponia rigida</i> di beberapa tempat: (a) kaldera, (b) punggung bukit, (c) lereng, (d) bagian lembah di jalur aliran lahar (kiri) (Sumber foto: R.M. Ishaq).....	81
Gambar 4.7.4 Proporsi sebaran tumbuhan pionir <i>Trema orientalis</i> dan <i>Parasponia rigida</i> di tiga lereng Gunung Kelud .....	82
Gambar 4.7.5 (A) Jumlah pokok <i>Parasponia</i> (s.e.d. = 3,98), dan (b) sebaran rerata DBH <i>Parasponia</i> di tiga kelerengan Gunung Kelud .....	82
Gambar 4.7.6 Sebaran tumbuhan anggrung merah ( <i>Trema orientalis</i> ) dan anggrung hijau ( <i>Parasponia rigida</i> ) di lereng tengah bagian bawah Gunung Kelud (Sumber foto: R.M. Ishaq dan M. van Noordwijk 2015) .....	83
Gambar 4.7.7 Total produksi biomasa <i>Parasponia rigida</i> di berbagai kelerengan Gunung Kelud (s.e.d=0,018).....	84
Gambar 4.7.8 Bintil akar <i>Parasponia</i> yang efektif dalam menambat N <sub>2</sub> dari udara mengandung protein (leghaemoglobin) tinggi.....	85
Gambar 4.7.9 Diagram konseptual pengaruh endapan abu vulkanik terhadap kerusakan vegetasi dan tanah .....	87
Gambar 4.8.1 Managemen tanah pertanian pascaerupsi Gunung Kelud.....	89

Gambar 4.8.2 Erupsi gunung berapi adalah musibah yang membawa berkah .....	90
Gambar 4.8.3 Pengelolaan lahan pascaerupsi Gunung Kelud yang dilakukan oleh petani secara turun temurun (Sumber foto: I. Athoilah 2017) .....	91
Gambar 4.8.4 Reklamasi lahan pascaerupsi menurut pengetahuan petani agroforestri .....	94
Gambar 4.10.1(A) Lokasi aliran lahar di lereng bawah Gunung Kelud di Dusun Kutut,q (B) bibit Parasponia berkembang secara alami di tanah-tanah miskin ..	95
Gambar 5.2.1 Deretan Pegunungan Kawi, Buthak, dan Panderman atau yang biasa dikenal juga dengan sebutan Gunung Putri Tidur (Sumber foto: S. Yuniar 2022) .....	102
Gambar 5.2.2 Distribusi curah hujan dan suhu udara di sekitar wilayah selatan lereng Gunung Kawi yang diambil dari Stasiun Klimatologi Karangates antara tahun 2015-2021 (Sumber data: BPS 2022) .....	103
Gambar 5.2.3 Profil ketinggian tempat berdasarkan transek (garis kuning) lereng selatan Gunung Kawi menuju Waduk Karangates (Data diolah dari Google Earth 2022) .....	103
Gambar 5.2.4 Penggunaan lahan yang umum dijumpai di lereng selatan Gunung Kawi Kawasan hutan mendominasi lereng atas.....	104
Gambar 5.3.1 Perkebunan kopi di Jawa pada masa Kolonial Belanda. Integrasi pohon kopi dengan pohon penaung (sistem agroforestri) menjadi praktik budi daya kopi yang umum dijumpai.....	106
Gambar 5.3.2. Transisi hutan menjadi sistem penggunaan lain di kawasan Gunung Kawi. Sistem agroforestri dapat terbentuk dari hasil pengurangan diversitas.....	108
Gambar 5.3.3. Dua contoh praktek agroforestri yang dijumpai di lereng selatan Gunung Kawi.....	109
Gambar 5.3.4. (a) Budidaya rumput gajah monokultur di lahan tegalan, (b) sistem agroforestri kompleks (pohon penaung >5 spesies) .....	109
Gambar 5.3.5. Peralihan kepemilikan lahan dari warga desa ke warga non penghuni (absentee) seringkali memunculkan sistem agroforestri berbasis pohon .....	110
Gambar 5.3.6 (a) Sistem agroforestri berbasis kopi dengan naungan pohon lamtoro yang umum dijumpai di Desa Jambuwer, (b) Biji kopi siap petik cikal bakal produk “Kopi Merah Jambuwer”, (c) budidaya lada untuk menam	

bah diversitas produk dan nilai ekonomi agroforestri.....	113
Gambar 5.3.7 (a) Produk agroforestri Gapoktan Mekar Tani “Kopi Merah Jambuwer”, (b) Wisata Edukasi Jowaran (WEJ) menawarkan pengalaman tentang budidaya kopi dari crops to cups (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022) .....	114
Gambar 5.4.1 Keterbatasan hak mengelola lahan di hutan kemasyarakatan menjadikan sistem agroforestri yang berkembang di lahan Perhutani cenderung lebih sederhana (diversitas pohon lebih rendah).....	117
Gambar 5.5.1 Diversitas produk yang dihasilkan oleh sistem agroforestri di lereng Gunung Kawi sebagai salah satu bentuk fungsi jasa lingkungan dari aspek penyediaan barang (provisioning).....	119
Gambar 5.5.2. Keanekaragaman pohon yang ditanam dalam sistem agroforestri kopi menjaga ketebalan seresah yang bermanfaat untuk meregulasi neraca air dan hara.....	121
Gambar 5.5.3. Tradisi Metri (bersih desa) di Desa Sumbersuko (lereng timur Gunung Kawi) .....	122
Gambar 5.5.4. Upacara Tradisional Panen Suci di Perkebunan Tugu Kawisari, Kabupaten Blitar .....	123
Gambar 5.8.1. (a) Kondisi Telaga Rambut Monte yang masih terjaga dengan pohon- pohon tua yang mengelilinginya, (b) Ikan Sengkaring yang dianggap sebagai ikan sakral/keramat (Ikan Dewa).....	128
Gambar 5.8.2. Perlindungan biodiversitas (vegetasi dan hewan) di kawasan inti Telaga Rambut Monte.....	131
Gambar 6.1.1. Sebaran isu utama ancaman hidrologi di DAS Rejoso .....	135
Gambar 6.1.2. Kegiatan pengukuran infiltrasi air tanah di area pasir berbisik TNBTS (Sumber foto: K. Hairiah 2017) .....	136
Gambar 6.2.1. Distribusi curah hujan bulanan di DAS Rejoso dari rata-rata kejadian hujan 24 tahun (1990-2013) di wilayah DAS .....	138
Gambar 6.3.1. Budidaya bunga edelweis oleh masyarakat Tengger di Desa Tosari, Kecamatan Tosari untuk mencukupi kebutuhan upacara adat Tengger	141
Gambar 6.3.2. Lokasi konservasi ex-situ bunga edelweiss di Desa Wonokitri (Sumber foto: M.J. Rahma 2022) .....	142
Gambar 6.4.1. Zonasi transek kondisi batuan di lahan DAS Rejoso (Sumber gambar: ICRAF 2016).....	143
Gambar 6.4.2. Distribusi tutupan lahan berdasarkan elevasinya di transek timur,	

tengah, dan barat di DAS Rejoso .....	144
Gambar 6.4.3 Fungsi hidrologi hutan (Dimodifikasi dari: Susswein et al. 2001) .....	148
Gambar 6.5.1 Berbagai macam SPL di DAS Rejoso: (a) AF multistrata .....	151
Gambar 6.5.2 Proses penanaman tanaman edelweiss di lokasi konservasi ex-situ: ..	154
Gambar 6.5.3 Budidaya bunga edelweiss di lahan pertanian tumpangsari kentang dan cemara oleh masyarakat Desa Wonokitri.....	155
Gambar 6.5.4 Pura Luhur Poten Bromo adalah tempat suci untuk penyelenggaraan upacara adat Yadnya Kasada (Kasodo) masyarakat Hindu Tengger.....	156
Gambar 6.5.5 Prosesi upacara adat Yadnya Kasada sebagai ungkapan rasa syukur masyarakat Tengger yang membutuhkan sarana aneka jenis tanaman yang ada di sekelilingnya .....	157
Gambar 6.6.1 Peta perubahan tutupan lahan di DAS Rejoso dari tahun 1990 – 2015 ...	158
Gambar 6.6.2 Prosentase tutupan lahan (Y) pada 4 periode waktu yang berbeda (X) (data tahun 1990 – 2015) di DAS Rejoso.....	159
Gambar 6.6.3 Alur alih guna lahan dari tahun 1990 – 2015 .....	162
Gambar 6.8.1. Peringkat prioritas komoditas pohon yang disukai di daerah hilir DAS Rejoso .....	167
Gambar 6.8.2 Peringkat prioritas komoditas pohon yang disukai di daerah tengah DAS Rejoso .....	168
Gambar 6.8.3 Peringkat prioritas komoditas pohon yang disukai di daerah hulu DAS Rejoso .....	168
Gambar 7.2.1 (A). Lokasi gugusan Pengunungan Anjasmoro di Jawa Timur; (B). Foto kawasan Pengunungan Anjasmoro; (C). Peta sebaran bentukan lahan (landform) DAS Kali Konto; (D). Peta sebaran geologi DAS Kali Konto – bagian utara dan tengah merupakan bagian lereng Gunung Anjasmoro .....	173
Gambar 7.2.2 (A) Lanskap dan transek penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang dan (B-E) kondisi tutupan lahan di lereng Gunung Anjasmoro, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang; (B= Hutan tersisa (terganggu); C = Hutan produksi pinus milik Perhutani, D = agroforestri berbasis kopi; E = tanaman semusim).....	175
Gambar 7.2.3 (A) Peta tutupan lahan DAS Kali Konto tahun 1990 dan 2005 (Kurniawan et al. 2010); (B) Luas hutan rakyat di kawasan Pegunungan Anjasmoro, Jawa Timur tahun 2008-2012 .....	176

Gambar 7.2.4 Rata-rata curah hujan Kecamatan Ngantang dan suhu udara bulanan Kabupaten Malang tahun 2015-2019 (BPS 2022).....	177
Gambar 7.3.1 Transformasi sistem penggunaan lahan di wilayah Gunung Anjasmoro: sistem agroforestri terbentuk dari lahan bekas hutan alam (1), hutan produksi (3), atau semak belukar (3).....	179
Gambar 7.3.2 Perkebunan kopi di Jawa pada masa kolonial Hindia-Belanda: tanaman kopi ditanam bersamaan dengan beberapa pohon penaung (Sumber foto: KIVTL dalam Widiyanto 2020).....	180
Gambar 7.3.3 Budidaya tanaman kopi di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang: (A) Tanaman kopi ditanam secara tumpangsari dengan satu jenis pohon penaung; (B) Kopi ditanam dengan berbagai macam pohon penaung bernilai ekonomi tinggi (Sumber foto: M.O. Mardiani 2022).....	181
Gambar 7.3.4 Durian dan produk 'buah-buahan' lain dari sistem agroforestri di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang (a & b). Durian Ngantang yang dijual di sepanjang jalan raya Ngantang (sumber: edukasi.okezone.com); (c) Produk alpukat Ngantang yang dijual di daerah wisata terdekat (Dewi-Sri) (sumber: pingpoint.co.id).....	182
Gambar 7.3.5 Transformasi jenis tanaman penaung pohon kopi yang ada di Kecamatan Ngantang.....	183
Gambar 7.3.6 Petani menanam tanaman penghasil pakan ternak dalam sistem agroforestri untuk menambah pendapatan melalui sistem agrosilvopastura 'tebang dan angkut' (Sumber foto: I.A. Kusumawati 2021).....	184
Gambar 7.3.7 Populasi ternak sapi perah Tahun 2013 - 2019 di Kabupaten Malang (BPS 2022).....	185
Gambar 7.4.1 Kondisi tutupan sistem penggunaan lahan (A). Agroforestri kompleks berbasis kopi dan (B). Agroforestri sederhana berbasis kopi (Sumber foto: R.R. Sari 2017).....	186
Gambar 7.4.2 Sistem agroforestri di lahan milik negara yang dikelola oleh Perhutani dan masyarakat lokal (Sumber foto: M.O. Mardiani 2020).....	187
Gambar 7.4.3 Pengayaan sistem agroforestri kopi dengan menanam tanaman penghasil pakan ternak di Kecamatan Ngantang: (A) Petani menanam kaliandra sebagai pagar, (B) Penanaman rumput gajah terpisah dari pohon sengon walaupun dalam lahan yang sama, (C) Tumpangsari kaliandra dan rumput gajah dalam sistem budidaya pagar (Sumber foto: K. Hairiah 2022)....	188



Gambar 7.4.4 Jenis dan kegunaan (A) pohon; dan (B) tanaman semusim menurut informasi dari petani (n=35).....	189
Gambar 7.4.5 (a) Grafting “kaki tiga” pohon durian di lahan milik petani (Pak Ahmad) di Ngantang, (b, c, dan d) peningkatan jumlah akar durian dari tambahan batang tanaman bermanfaat untuk beradaptasi terhadap kekeringan (Sumber ilustrasi: K. Hairiah 2022) .....	191
Gambar 7.4.6 (a) “Grafting kaki tiga” pohon durian di lahan milik petani (Pak Ahmad) di Ngantang (Sumber foto: K. Hairiah 2022), (b dan c) peningkatan jumlah akar durian untuk dapat beradaptasi terhadap kekeringan (Sumber: <a href="https://youtu.be/vRjirtTz3">https://youtu.be/vRjirtTz3</a> ).....	192
Gambar 7.4.7 Total panjang akar pohon durian dari sistem grafting kaki tiga dibandingkan dengan batang tunggal dengan perlakuan penambahan pupuk (urea, SP36 dan pupuk kandang kotoran kambing (s.e.d = 0,03963) ((Sumber data: A. Wardani 2022) .....	193
Gambar 7.5.1 Macam-macam produk biji kopi: (a) Buah kopi merah dan hijau; (b) Panen buah kopi matang sempurna (merah); (c) Proses pengeringan hasil panen biji kopi yang dilakukan di depan rumah petani; (d) kopi kering tanpa kulit buah (ose); (e) persiapan penjualan kopi bubuk; (f) kopi bubuk kemasan milik UMK setempat (Sumber foto: M.O. Mardiani & I.A. Kusumawati 2021).....	196
Gambar 7.5.2 Laju infiltrasi tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang. (Data olah: Saputra et al. 2022) .....	198
Gambar 7.5.3 Ritual wiwit panen padi: (A) Proses pemanenan padi; (B) Kamituwo/ sesepuh sedang melaksanakan ritual; (C) Sesaji dikenal sebagai ubo rampe atau jok bakal (Sumber foto: M.O. Mardiani 2022).....	200
Gambar 8.1.1 Kondisi pasca banjir bandang di Kota Batu tahun 2021 (Sumber foto: Medco.id dan Liputan 6.com dan BNPB/M.A. Dwiatmodjo).....	205
Gambar 8.1.2 Peta batas Sub Das Kali Lanang dan Kalisari .....	206
Gambar 8.2.1 Lokasi Pegunungan Arjuno di Jawa Timur .....	207
Gambar 8.2.2 Distribusi curah hujan dan suhu udara di sekitar kawasan Gunung Arjuno (Sumber data BMKG tahun 2012-2021).....	209
Gambar 8.2.3 Distribusi spasial penggunaan lahan di Sub DAS Kali Lanang dan Sub DAS Kali Sari (yang terdampak banjir bandang) berdasarkan citra	

satelite tahun 1990, 2000, 2010, 2020, 2021, dan 2022 (Sumber data: A.N. Putra 2023).....	211
Gambar 8.2.4 Luas tutupan lahan di Sub DAS Kali Lanang dan Kali Sari dari tahun 1990 hingga 2022 (Sumber data: A.N. Putra 2023).....	212
Gambar 8.3.1 Model budidaya tanaman pangan/sayuran di bawah tegakan pinus di kawasan hutan produksi (Sumber foto: R.M. Ishaq) .....	214
Gambar 8.3.2 Sejarah pengelolaan kawasan hutan produksi di kaki Gunung Arjuno-Welirang .....	216
Gambar 8.3.3 Kondisi profil tanah di KHDTK UB Forest (A = topsoil- BW= sub soil) (Sumber foto: A.N. Putra 2016) .....	217
Gambar 8.4.1 Sebaran sistem agroforestri dan hutan lindung di UB Forest di kaki Gunung Arjuno (Sumber data: Sudarto et al. 2016) .....	218
Gambar 8.4.2 Kondisi lahan agroforestri kopi yang gelap di UB Forest dengan umur tegakan pinus > 25 tahun (Sumber foto: R.M. Ishaq).....	219
Gambar 8.4.3 Konsep agroforestri kopi dengan tanaman penaung yang sesuai .....	220
Gambar 8.4.4 Model tutupan kanopi pada sistem agroforestri kopi dan pinus.....	221
Gambar 8.4.5 Kondisi lahan agroforestri kopi yang tidak terawat dengan masalah hama dan penyakit, dilakukan pemangkasan untuk meningkatkan intensitas cahaya yang masuk (Sumber foto: R.M. Ishaq, 2019).....	222
Gambar 8.4.6 Produksi biji kopi dari berbagai tingkat manajemen agroforestri kopi dengan naungan pinus. LC: Low coffee magement, MC: Medium coffee management, HC: High coffee management, BMP: Best management practices .....	223
Gambar 8.5.1 Petani menyisipkan tanaman sayur (kubis)(A) dan rumput gajah untuk pakan ternak (B) di bawah tegakan pinus (Sumber foto: R.M. Ishaq) ...	225
Gambar 8.5.2 Petani menanam tanaman kopi di bawah tegakan pinus (A), hasil panen kopi diolah sendiri (B), rumput gajah yang ditanam di bawah tegakan pinus untuk pakan ternak (C dan D)(Sumber foto: M.O. Mardiani) .....	226
Gambar 8.5.3 Pengelolaan biji kopi yang dilakukan oleh petani agroforestri kopi di UB Forest (Sumber foto: Kurniatun Hairiah, 2008).....	226
Gambar 8.5.4 Tajuk pohon dalam sistem agroforestri kopi berbasis mahoni di lereng Gunung Arjuno .....	227
Gambar 8.5.5 Gully errosion atau erosi parit.....	228
Gambar 8.5.6 Kejadian erosi parit di kawasan KHDTK UB Forest .....	229

Gambar 8.5.7	Jenis cacing tanah menurut petani berdasarkan manfaatnya bagi kesuburan tanah.....	231
Gambar 8.5.8	Stupa Sumberawan .....	233
Gambar 8.5.9	Stupa Sumberawan yang menjadi salah satu sumber air penting.....	233
Gambar 9.2.1	Perubahan iklim di DAS mikro Bangsri.....	238
Gambar 9.3.1	Skema sejarah penggunaan lahan di DAS mikro Bangsri berdasar kan hasil diskusi dengan masyarakat dan pemerintah daerah .....	239
Gambar 9.6.1	Skema transek sistem penggunaan lahan di DAS mikro Bangsri .....	242
Gambar 9.6.2	Berbagai sistem penggunaan lahan yang ada di DAS mikro Bangsri (Sumber foto: Tim Peneliti UB-DAS Bangsri 2017).....	244
Gambar 9.6.3	Budidaya aneka macam bambu untuk tujuan konservasi tanah dan air juga sebagai penyediaan bahan dasar tusuk sate yang permintaan pasarnya terus meningkat .....	245
Gambar 9.6.4	Penambangan pasir letusan Gunung Semeru yang membawa berkah tetapi bisa juga menjadi musibah.....	246
Gambar 9.6.5	Bermacam-macam kualitas pasir dari letusan Gunung Semeru yang menambah keuntungan instan bagi masyarakat.....	247
Gambar 9.7.1	(A) Kadar total C-organik (Corg)(s.e.d: 0,23) dan (B) Corg/Cref (s.e.d: 0,1) tanah di kedalaman 30 cm di lokasi bekas penambangan .....	249
Gambar 9.7.2	Rata-rata biomasa mikrobial karbon (MBC) di kedalaman tanah 0-30 cm dari berbagai macam penggunaan lahan .....	250
Gambar 9.7.3	Masalah yang bermunculan di lahan pertanian pasca penambangan pasir.....	251
Gambar 9.7.4	Aliran air sungai berwarna coklat dan keruh karena ada peningkatan kadar sedimen berasal dari berbagai sumber .....	252
Gambar 9.7.5	Hubungan masalah hidrologi kawasan dengan keanekaragaman hayati, perubahan iklim, dan masalah sosial yang berkembang di DAS mikro Bangsri .....	252
Gambar 9.10.1	Wana Wisata Winong di Desa Bringin yang dikelola oleh masyarakat dan Perhutani (Sumber foto: detik.com dan wisata.app) .....	257
Gambar 9.10.2	Mata air Sumberwiwit menunjukkan peran hutan dalam meregulasi siklus hidrologi dalam penyediaan air bersih .....	258
Gambar 9.10.3	Penanaman bibit pohon produktif di Njulung eduwisata oleh Bupati Malang.....	259
Gambar 10.3.1	Sistem usahatani agroforestri kopi-kakao di Gunung Kelud.....	268

Gambar 10.3.2	Biaya dalam usahatani agroforestri kopi dan kakao di Pegunungan Kelud.....	269
Gambar 10.3.3	Alokasi biaya tenaga kerja dalam usahatani agroforestri di Pegunungan Kelud .....	269
Gambar 10.3.4	Estimasi produksi kopi dan kakao pada sistem usaha tani agroforestri di Pegunungan Kelud .....	270
Gambar 10.3.5	Estimasi produksi buah kelapa pada sistem usaha tani agroforestri di Pegunungan Kelud.....	271
Gambar 10.3.6	Pendapatan kotor usaha tani groforestri kopi dan kakao di Pegunungan Kelud .....	271
Gambar 10.3.7	Sistem usahatani agroforestri kopi di Gunung Kawi (Sumber foto: R.M. Ishaq).....	272
Gambar 10.3.8.	Estimasi biaya usaha tani agroforestri kopi di Pegunungan Kawi .....	273
Gambar 10.3.9	Persentase pendapatan setiap komoditas selama 30 tahun.....	274
Gambar 10.3.10	Estimasi produksi kopi selama 30 tahun.....	274
Gambar 10.3.11	Estimasi produksi kelapa selama 30 tahun .....	274
Gambar 10.3.12	Estimasi produksi lada selama 30 tahun .....	275
Gambar 10.3.13	Pendapatan kotor dari agroforestri kopi di setiap fase selama 30 tahun .....	275
Gambar 10.3.14	Estimasi produksi kopi arabika pada agroforestri kopi di Gunung Bromo .....	277
Gambar 10.3.15	Biaya usaha tani agroforestri kopi di Gunung Bromo .....	278
Gambar 10.3.16	Alokasi biaya tenaga kerja pada usaha tani agroforestri kopi di Gunung Bromo .....	278
Gambar 10.3.17	Pendapatan kotor dari usaha tani agroforestri kopi di Gunung Bromo .....	278
Gambar 10.3.18	Sistem usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Anjasmoro (Sumber foto: R.M. Ishaq).....	279
Gambar 10.3.19	Biaya produksi agroforestri kopi di Pegunungan Anjasmoro.....	280
Gambar 10.3.20	Persentase pendapatan setiap komoditas selama 30 tahun.....	281
Gambar 10.3.21	Estimasi produksi kopi, durian dan alpukat per tahun selama 30 tahun .....	281
Gambar 10.3.22	Pendapatan kotor agroforestri kopi di setiap fase selama 30 tahun .....	282

Gambar 10.3.23	Sistem usahatani agroforestry kopi di Gunung Arjuno (Sumber foto: R.M. Ishaq).....	283
Gambar 10.3.24	Biaya produksi pada usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Arjuno.....	284
Gambar 10.3.25	Persentase pendapatan kotor setiap komoditas selama 30 tahun..	284
Gambar 10.3.26	Estimasi produksi tahunan kopi, talas dan kunyit pada agroforestri per tahun selama 30 tahun.....	285
Gambar 10.3.27	Pendapatan kotor dari usahatani agroforestri kopi di setiap fase selama 30 tahun.....	285
Gambar 10.4.1	Sistem usaha tani agroforestri sengon di pegunungan Semeru (Sumber foto: R.M. Ishaq).....	286
Gambar 10.4.2	Biaya usahatani agroforestrs sengon di Gunung Semeru .....	287
Gambar 10.4.3	Biaya tenaga kerja pada usaha tani agroforestri sengon di Gunung Semeru .....	288
Gambar 10.4.4	Estimasi produksi setiap komoditas pada agroforestry sengon di Gunung Semeru .....	288
Gambar 10.4.5	Pendapatan kotor pada agroforestri sengon di pegunungan Semeru.....	289
Gambar 10.6.1	Diagram alur rantai pasar perdagangan produk agroforestri kopi di Provinsi Jawa Timur.....	293
Gambar 10.6.2	Diagram alur rantai pasar perdagangan produk agroforestri sengon di Provinsi Jawa Timur .....	293
Gambar 11.1	Tiga tingkat abstraksi dalam model konseptual cara manusia (P) berinteraksi dengan alam (N) melalui Kontribusi Alam terhadap Manusia (NCP) dan Kontribusi Manusia terhadap Alam (PCN), dengan perbedaan antara subsistem pedesaan (r) perkotaan (u), dan jalur agro-ekologi (AE) dan intensifikasi konvensional (Int) untuk perubahan pertanian.....	296
Gambar 11. 2	Empat perspektif hubungan manusia-alam saat matahari terbit di atas gunung berapi Bromo (pemandangan terlihat dari Malang) selalu menarik ratusan wisatawan untuk berkunjung selama musim liburan memberikan pendapatan tambahan bagi masyarakat pegunungan Tengger, sedang di sebelah kanan adalah puncak gunung tertinggi di Jawa - Mahameru yang misterius	

(sumber foto: Kurniatun Hairiah).....	298
Gambar 11.3 Agroforestri sebagai antarmuka (interface) antara pertanian dan kehutanan di tiga tingkat sistem: AF1 di plot/skala pertanian, lanskap AF2 sebagai sistem sosial-ekologi, dinamika kebijakan AF3 (van Noordwijk 2021a) .....	300
Gambar 11.4 Tujuh narasi yang mengeksplorasi benang merah dalam bab-bab sebelumnya yang menggambarkan mata pencaharian dan lanskap di enam gunung vulkanik di sekitar Malang .....	302
Gambar 11.5 Paradoks menara air kering yang membatasi pemukiman dan penggunaan lahan pertanian (berdasarkan Roestamy and Fulazzaky 2022).....	309
Gambar 11.6 Konsep yang digunakan dalam menganalisis ketahanan sistem sosial-ekologis dalam konteks agroforestri pegunungan yaitu Drivers – Pressures - System state – Impacts – Responses (DPSIR) hutan-air-manusia (van Noordwijk et al. 2020c); semua istilah yang disebutkan memainkan setidaknya beberapa peran dalam wacana saat ini .....	322

# DAFTAR TABEL

---

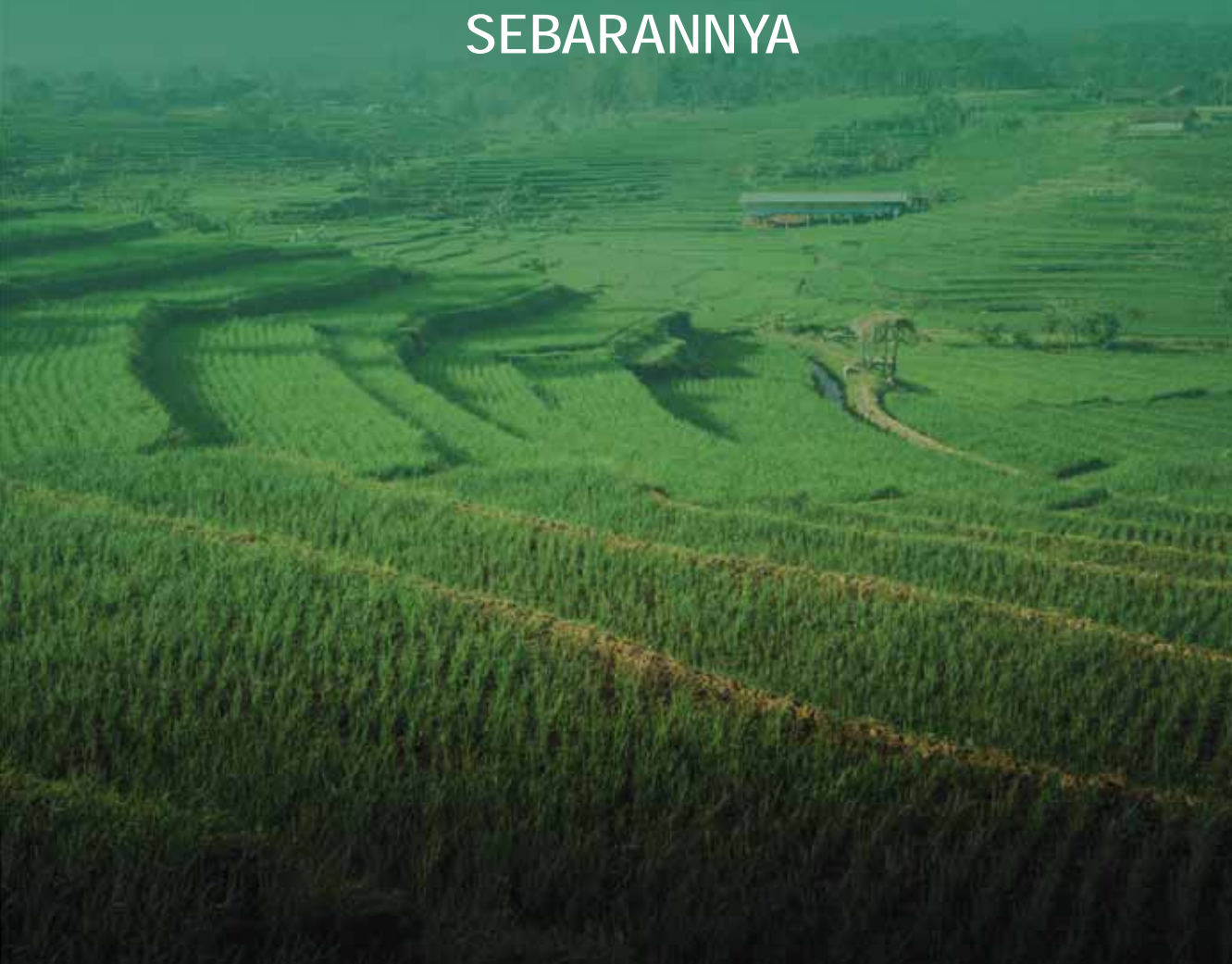
Tabel 3.1.1	Pengamatan unsur iklim di Stasiun Pengamatan Stasiun BMKG di Provinsi Jawa Timur, 2019-2021.....	36
Tabel 3.1.2	Jumlah DAS yang ada di Jawa Timur .....	37
Tabel 3.2.1	Luasan masing-masing penggunaan lahan tahun 1990, 2000, 2010 dan 2022 .....	47
Tabel 3.4.1	Perkembangan areal komoditas perkebunan di Provinsi Jawa Timur pada periode 2009-2013 .....	53
Tabel 4.6.1	Karakteristik kimia tanah pascaerupsi di kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm di berbagai toposekuen .....	74
Tabel 4.6.2	Karakteristik kimia abu vulkanik Gunung Kelud: persentase unsur K, Na, Ca, Mg, dan Kejenuhan Basa (KB) .....	75
Tabel 4.7.1	Dampak masukan abu vulkan Gunung Kelud terhadap lahan pertanian ....	79
Tabel 4.10.1	Fungsi penting dan jasa lingkungan <i>Parasponia rigida</i> di lingkungan pegunungan .....	96
Tabel 5.5.1	Layanan lingkungan dari agroforestri di tingkat lokal, lanskap/regional dan global (modifikasi dari Jose 2009)(penyediaan = 1, pengaturan = 2, pendukung = 3, keindahan dan budaya = 4).....	118
Tabel 6.4.1	Pewakil keragaman dan komposisi tanaman dalam agroforestri di DAS Rejoso .....	146
Tabel 6.6.1	Luas penggunaan dan tutupan lahan tahun 1990 – 2015 .....	160
Tabel 7.4.1	Sepuluh jenis tanaman utama yang dibutuhkan menurut kelompok wanita dan pria di Desa Tulungrejo, Ngantang.....	190
Tabel 7.5.1	Kategori guna dan Informant Consensus Factor (ICF) produk agroforestri di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang (Kusumawati et al. 2022) ..	195
Tabel 8.2.1	Luas penggunaan lahan di kawasan DAS Kali Lanang dan Kali Sari dari tahun 1990 – 2022 (Nugraha 2023).....	210
Tabel 9.2.1	Jumlah penduduk yang tinggal di lima desa yang ada di DAS mikro Bangsri .....	239
Tabel 9.3.1	Nama lokal, nama ilmiah dan bagian tanaman yang dimanfaatkan di DAS mikro Bangsri (Sumber data: Prayogo 2018) .....	241

Tabel 9.9.1	Komponen, fungsi dan manfaat agroforestri untuk reklamasi lahan-lahan terdegradasi pasca penambangan pasir .....	255
Tabel 10.3.1	Asumsi sistem usaha tani Agroforestri Kopi di 5 lokasi .....	267
Tabel 10.4.1	Komponen penyusun sistem usaha tani Agroforestri Sengon di Pegunungan Semeru .....	286
Tabel 10.5.1	Indikator performa ekonomi sistem usaha tani agroforestri di Pegunungan Jawa Timur .....	291
Tabel 11.1	Relevansi dari tiga konsep agroforestri (Plot/lahan petani, Lansekap dan Tata Kelola) untuk tujuh narasi (aspek) dari mata pencaharian daerah pegunungan yang dinamis.....	305
Tabel 11.2	Contoh narasi pertama (“Hidup dimulai dari abu”) di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung di Jawa Timur .....	306
Tabel 11.3	Contoh narasi kedua (“Semangat sumber air pegunungan”) di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung .....	307
Tabel 11. 4	Contoh narasi ketiga (“Menara Air”) di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung di Jawa Timur .....	309
Tabel 5	Contoh narasi keempat (“Daya lenting kehidupan masyarakat pegunungan”) dalam bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung di Jawa Timur .....	313
Tabel 6	Contoh narasi kelima (“Pertanian khusus, pergeseran pasar”) pada bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung .....	315
Tabel 7	Contoh narasi keenam (“Ekowisata dan jasa kenyamanan”) di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung .....	316



# BAGIAN I

## AGROFORESTRI DI PEGUNUNGAN NUSANTARA: BEDA EKOLOGI, BEDA BUDAYA BEDA PENGEMBANGAN DAN SEBARANNYA



## Bab 1.

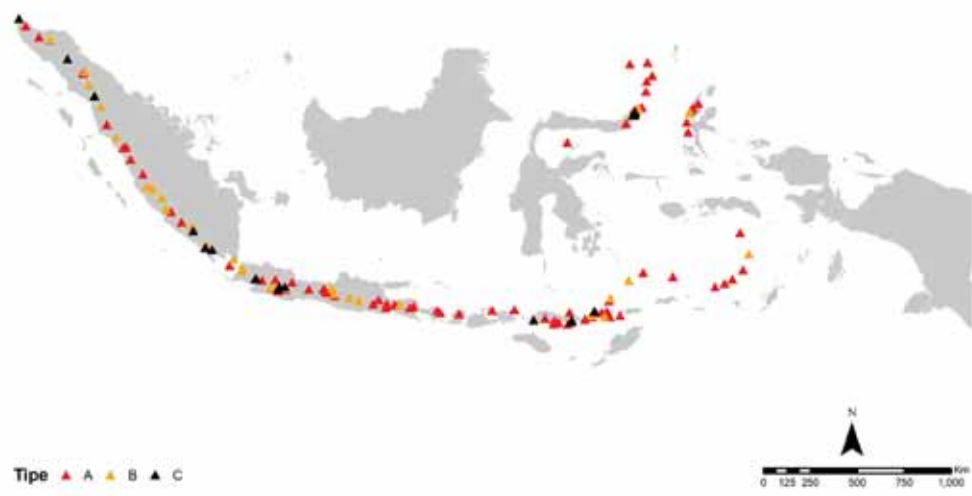
# AGROFORESTRI DI PEGUNUNGAN NUSANTARA

Aditya Nugraha Putra, Andree Ekadinata, Aqmal Nur Jihad, Sonya Dewi, Didik Suprayogo, Subekti Rahayu, Meine Van Noordwijk

## 1.1 Sebaran Agroforestri di Pegunungan Nusantara

### 1.1.1 Sebaran Gunung Api di Nusantara

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di cincin api atau dikenal dengan sebutan *Ring of Fire*. Secara definisi, cincin api merupakan rangkaian lempeng tektonik yang terbentang di sepanjang Pasifik meliputi sejumlah daerah dari Indonesia hingga Benua Amerika. Lintasan cincin api tersebut berbentuk seperti tapal kuda. Panjang lintasan diperkirakan 40.000 km dengan 452 gunung api, dimana 75% diantaranya masih berstatus aktif (Hariyono & Liliyasi 2018).



Gambar 1.1.1 Peta sebaran gunung api di Indonesia

Ditinjau dari segi sebaran gunung api, sejumlah pulau besar di Indonesia identik dengan daerah pegunungan. Pulau tersebut adalah Sumatera dan Jawa yang dapat terlihat pada visualisasi sebaran gunung api di Indonesia. Selain Sumatera dan Jawa, gunung api juga terdapat di Sulawesi, Maluku, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur dan beberapa pulau-pulau kecil (Error! Reference source not found.). Secara keseluruhan, tercatat 147 gunung api dengan status aktif (Tipe A), dorman atau istirahat (Tipe B) dan solfatara (Tipe C) dengan 127 diantaranya masih berstatus aktif. Jumlah ini setara dengan 16% dari seluruh gunung aktif di dunia (Magma Indonesia 2021).

Gunung api di Indonesia dapat diibaratkan seperti koin yang memiliki dua sisi. Merujuk pada kondisi Indonesia, secara khusus daerah yang menjadi lintasan cincin api dapat dikatakan memiliki potensi kebencanaan yang cukup besar, namun disisi yang lain, eksistensi gunung api di Indonesia mampu memberikan manfaat secara ekologis. Adanya aktivitas vulkanik mampu menjadi bahan baru atau meregenerasi kondisi tanah sehingga kualitas tanah atau kesuburuan tanah berada relatif lebih baik.

Eksistensi gunung api di Indonesia tersebut sedikit-banyak memberikan efek pada sejumlah sektor, tidak terkecuali sektor pertanian-kehutanan. Sektor tersebut memiliki prasyarat atau kriteria karena berkaitan dengan jenis tumbuhan yang akan ditanam. Ketidaksesuaian antara jenis tumbuhan dengan syarat tumbuh pada suatu wilayah dapat berujung pada *offsite planting*. Keberadaan gunung api ini merupakan indikator yang baik bagi kesuburan tanah, karena setiap terjadi letusan akan diproduksi material bahan tanah baru dengan kandungan unsur hara yang tinggi.

### 1.1.2 Sebaran Agroforestri Pegunungan Nusantara

---

Kondisi geografis Indonesia memiliki konsekuensi logis berupa sejumlah wilayah di Indonesia memiliki dataran tinggi atau terletak di lereng-lereng gunung. Sebagaimana dijelaskan pada sub-bab sebelumnya bahwa kondisi geografis Indonesia memiliki pengaruh pada sektor pertanian. Seringkali, Indonesia dikenal atau disebut sebagai sebuah negara besar dengan potensi keanekaragaman hayati. Namun ternyata, ungkapan tersebut dapat dimaknai secara lebih lanjut. Sebagian besar kalangan meninjau Indonesia sebagai rumah biodiversitas dari sudut pandang positif. Sudut pandang tersebut tidak salah, namun perspektif alternatif lain yang dapat menjadi diskursus bersama adalah konsekuensi yang timbul dari kondisi tersebut. Indonesia sebagai rumah bagi biodiversitas dengan kondisi alam yang beragam dapat pula dimaknai sebagai sebuah tantangan dalam mengelola keragaman. Secara lebih lanjut, Matt (2014) menyebutkan bahwa situasi Indonesia menimbulkan efek bukan hanya kaya akan keanekaragaman namun juga kaya akan kemampuan masyarakat lokal dalam memperoleh manfaat dari alam.

Setiap ekosistem memiliki karakteristik yang berbeda dengan ekosistem yang lain. Pada ekosistem pegunungan misalnya, memiliki sejumlah indikator khas seperti suhu yang relatif lebih rendah, kelembaban tinggi, curah hujan relatif lebih tinggi, tingkat kelerengan, hingga tingkat kesuburan tanah. Matt (2014) menyebutkan bahwa curah hujan di daerah pegunungan mampu mencapai 6000 mm sedangkan dataran rendah berada pada kisaran 1.700-3.000 mm.

Sejumlah karakteristik lahan tersebut yang menjadi faktor penting dalam sektor pertanian dan kehutanan karena berkaitan dengan prasyarat tumbuhan. Ragam karakteristik antar pegunungan pun turut bervariasi. Hal ini yang kemudian dapat mendeterminasi pengaruh dalam hal preferensi masyarakat yang secara siklik akan memengaruhi sistem budidaya atau pemanfaatan sumber daya alam di masyarakat. Preferensi yang dimaksudkan juga beragam, baik dari segi preferensi komoditas maupun preferensi metode atau teknik budidaya.

Agroforestri merupakan bagian dari sistem budidaya dengan yang menerapkan kombinasi komponen kehutanan dan pertanian dalam satu unit lahan yang sama. Ditinjau dari segi komoditas, komoditas agroforestri di Indonesia memiliki variasi yang beragam. Preferensi masyarakat dipengaruhi dari faktor yang beragam, seperti spasial, sosial, ekonomi, dan budaya. Secara historis, sistem agroforestri dan ekosistem pegunungan di Indonesia memiliki perjalanan sejarah panjang, sekitar ribuan tahun yang lalu (Nguyen *et al.* 2022). Kajian tersebut lebih berfokus pada Pulau Sumatera. Hal ini relevan mengingat, jika merujuk pada visualisasi cincin api Pasifik, Sumatera merupakan salah satu daerah *lintasan* gunung api. Kajian agroforestri pegunungan lain di Indonesia juga dapat ditemukan di Pulau Sulawesi yang diterapkan di *kombong* (hutan rakyat) (Liling *et al.* 2016). Himpunan dokumentasi spesifik tentang agroforestri pegunungan masih tergolong minim. Pada seri ini, para penulis mencoba untuk mengurai dan menghimpun kepingan *puzzle* tentang agroforestri pegunungan yang dimulai dalam lingkup Provinsi Jawa Timur.

Agroforestri yang dapat ditemui di berbagai tempat di Indonesia, memiliki keragaman model dan tipe (Error! Reference source not found.). Hal ini, selain dipengaruhi oleh kemiringan lereng pada lahan stratovolkano, juga dipengaruhi oleh faktor-faktor fisiografis lahan seperti jenis dan kedalaman tanah, bahan induk, iklim, ketersediaan air, unsur hara, batuan permukaan dan bahaya erosi dan sebagainya. Selain itu, sebaran agroforestri juga sangat dipengaruhi oleh status kepemilikan lahan. Contohnya pada bagian lereng atas yang kebanyakan dikelola dan dimiliki oleh perhutani, dimanfaatkan untuk hutan lindung atau hutan produksi. Dalam hal ini, agroforestri akan lebih banyak ditemui pada lereng bawah dan tengah yang status kepemilikan lahannya milik pribadi atau kelompok masyarakat.



Gambar 1.1.2 Performa tipe-tipe agroforestri di berbagai tempat di Indonesia

Dalam Error! Reference source not found..2, agroforestri di perbukitan selatan Gunung Merapi, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) (Nomor 1) didominasi oleh tanaman-tanaman semusim dan tahunan yang sering ditemui di dataran rendah dan sedang, seperti pepaya, kelapa, jati, dan sebagainya. Berbeda dengan yang ditemui di daerah Bogor, Jawa Barat, di kaki Gunung Gede Pangrango (Nomor 2). Agroforestri yang umum ditemui didominasi oleh tanaman-tanaman yang menyukai tempat-tempat dengan kelembaban dan curah hujan yang tinggi serta suhu yang cukup rendah. Karakter agroforestri di DIY juga dapat ditemui di lereng Gunung Ungaran di Semarang (Nomor 4) dan di lereng Gunung Arjuno (Nomor 5).

Agroforestri di wilayah gunung api yang ada di daerah Bali, Nusa Tenggara Barat (NTB), dan Nusa Tenggara Timur (NTT) tidak terlalu berbeda (Nomor 7). Lahan didominasi oleh kelapa, pisang, dan beberapa tanaman merambat dan paku-pakuan. Kemiripan tersebut dapat terjadi karena kondisi fisiografis yang hampir sama dan secara geografis ketiga lokasi tersebut berada pada garis lintang yang hampir sama yang berarti jarak lokasi ke garis ekuator kurang lebih sama.

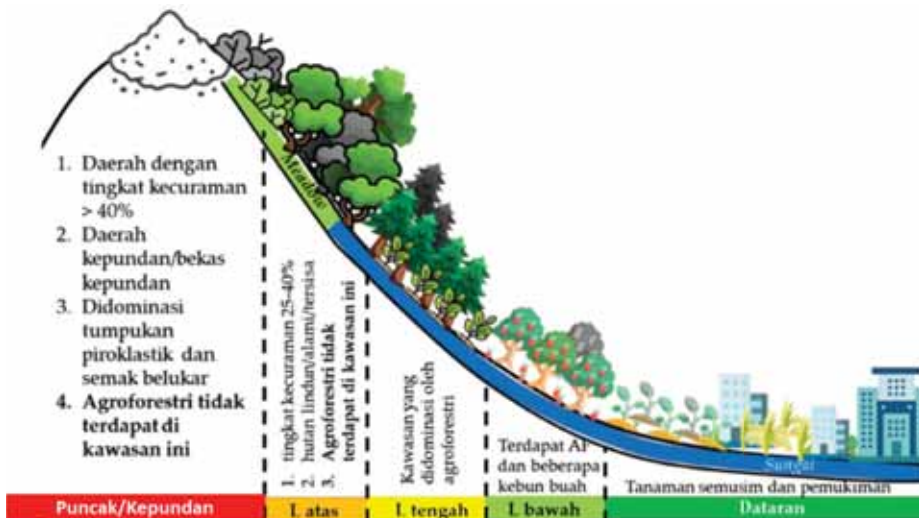
Agroforestri di wilayah Maluku (Nomor 8) tepatnya di Pulau Yamdena adalah bagian dari Gunung Maloli dan di Maluku Utara (Nomor 3) adalah bagian dari Gunung Jailolo yang termasuk ke dalam gunung api tipe B. Di daerah tersebut sistem agroforestri memiliki tanaman penyusun yang sama meskipun secara geografis telah berbeda pulau. Namun jika diperhatikan, keanekaragaman hayati pada titik di Maluku Utara terlihat lebih tinggi dari pada di tempat lainnya.

Di wilayah Papua (Nomor 6) dan Papua Barat (Nomor 9), kerapatan tanaman cukup tinggi dengan keragaman vegetasi yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan provinsi lainnya di Indonesia. Titik pengamatan di Papua adalah Distrik Supiori, tepatnya di Gunung Sombunem, satu titik lainnya di Papua Barat berada di wilayah Raja Ampat tepatnya di sekitar Gunung Danai.

Sebaran agroforestry cenderung berada di agrofor lereng tengah dan lereng bawah selain dipengaruhi oleh batas agrofor hutan, juga dipengaruhi oleh aksesibilitas untuk menuju lokasi yang agrofore mudah. Contoh spesifik sebaran agroforestry di Indonesia akan direpresentasikan di Jawa Timur di beberapa lokasi yaitu Gunung Kelud, Gunung Arjuno-Welirang, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (gunung tipe A), Gunung Kawi dan Gunung Anjasmoro (gunung tipe B).

### 1.1.3 Sebaran Agroforestri di Pegunungan Jendela Jawa Timur

Mosaik dan pola penggunaan lahan di kawasan pegunungan di Indonesia secara umum mengikuti kondisi bentuk lahan khas vulkanik. Gunung api bertipe stratovolcano hampir semuanya memiliki struktur yang terdiri atas kepundan (*crater*) dan puncak, lereng atas, lereng tengah, lereng bawah dan kaki volkan serta dataran. Di bagian puncak gunung api bertipe A (gunung api aktif) umumnya terdapat lahan yang didominasi oleh tumpukan material piroklastik (lahan kosong), sedangkan pada gunung api bertipe B (gunung api dorman), bagian puncak didominasi oleh semak belukar. Lereng atas gunung api ditetapkan sebagai kawasan lindung, terdiri dari hutan alami dan beberapa kawasan tertutup oleh padang rumput. Kawasan yang relatif masih alami tersebut berbatasan dengan hutan produksi dan agroforestri yang ada di bagian bawahnya. Berangsur di lereng bawah, selain agroforestri, juga terdapat penggunaan lahan lain seperti kebun, pertanian lahan kering dan pemukiman. Di bagian dataran umumnya sawah, pertanian lahan kering dan kawasan terbangun (pemukiman) mendominasi bentuk lahan ini (**Error! Reference source not found.**).



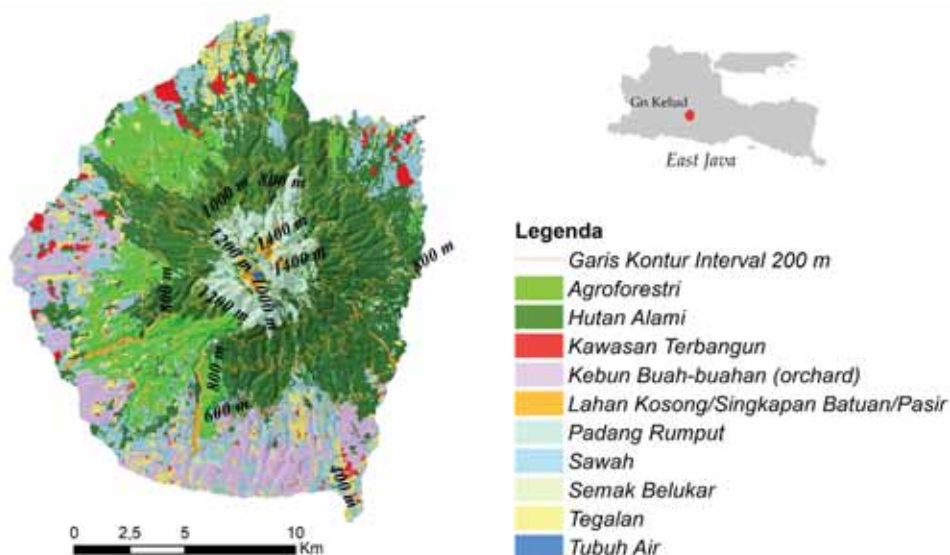
Gambar 1.1.3 Transek penggunaan lahan di kawasan pegunungan Jawa Timur

#### a. Gunung Kelud

Gunung Kelud merupakan salah satu gunung api yang masih aktif hingga saat ini. Secara administratif, Gunung Kelud terletak di tiga wilayah yaitu Kabupaten Kediri, Blitar dan Malang. Gunung Kelud memiliki ketinggian mencapai 1.731 m dpl. Gunung api stratovolcano (28.267 ha) dengan letusan plinian sempat mengalami beberapa letusan

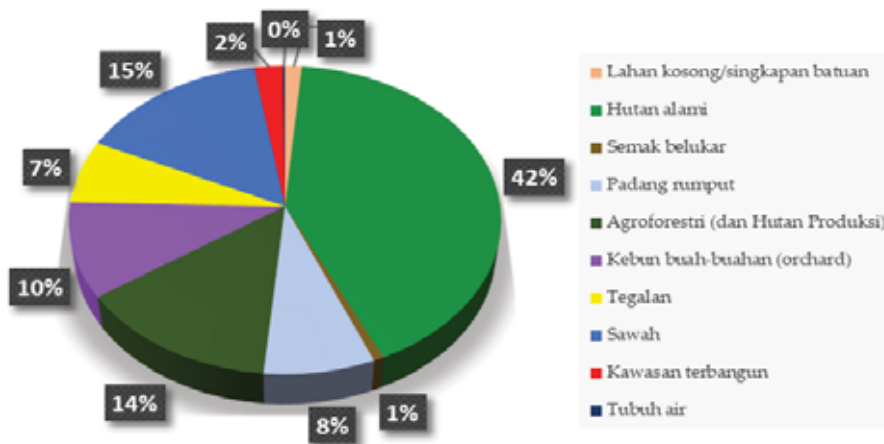
dahsyat yang mengakibatkan strukturnya rusak. Gunung Kelud adalah gunung api tipe A (Zaennudin & Primulyana 2013) yang karakter letusannya didominasi oleh letusan-letusan eksplosif cukup kuat hingga sangat kuat, sehingga aktivitas Gunung Kelud sekarang menghasilkan endapan freatik, freatomagmatik dan endapan piroklastika. Letusan terakhir pada 2014 juga berdampak selain pada struktur gunung juga sebaran penggunaan lahan. Gunung Kelud meletus dan mengeluarkan bahan piroklastik yang tersebar hingga ke lereng gunung bagian arah timur laut dan barat. Selain itu, lereng bagian selatan dan timur pun ikut terdampak meskipun lapisan piroklastik yang terbentuk lebih tipis. Penambahan bahan baru tersebut berpotensi terjadi perubahan morfologi tanah di kawasan Gunung Kelud. Sama seperti gunung-gunung lainnya, akibat adanya aktivitas dan material vulkanik di sekitar Gunung Kelud, jenis tanah yang terbentuk adalah tanah Andisols dan Inceptisols (Putra *et al.* 2022).

Tutupan lahan di Gunung Kelud lebih didominasi oleh lahan kosong/singkapan batuan/pasir (385 ha), hutan alami (11.797 ha), semak belukar (201 ha), padang rumput (2.160 ha), agroforestri dan hutan produksi (3.961 ha), kebun buah-buahan (2.822 ha), tegalan (1.863 ha), sawah (4.376 ha), kawasan terbangun (646 ha) dan tubuh air (56 ha), sebarannya disajikan dalam Gambar 1.1.4 atau informasi persentasenya di Gambar 1.1.5.



**Gambar 1.1.4** Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Kelud





Gambar 1.1.5 Transek penggunaan lahan di kawasan pegunungan Jawa Timur

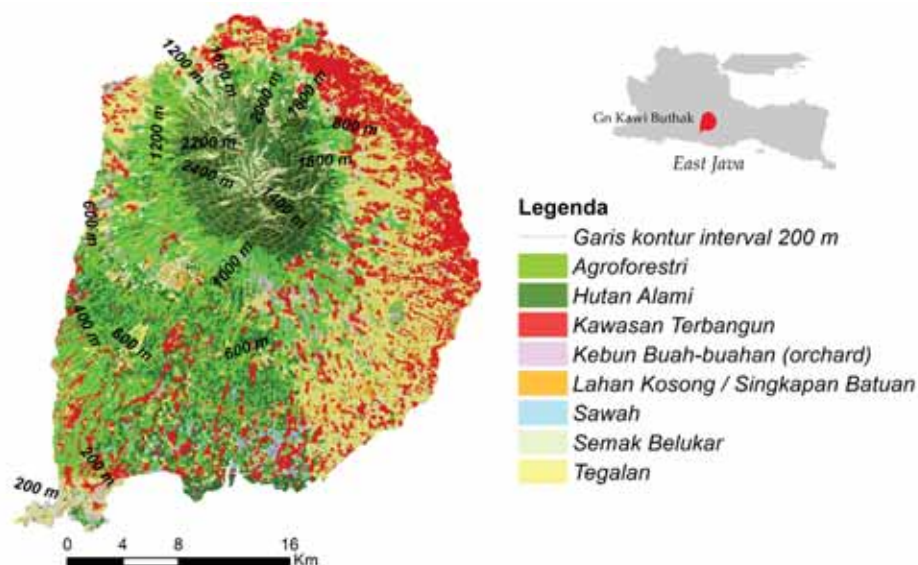
Agroforestri menduduki luasan teratas kedua (14%) setelah hutan alami. Agroforestri tersebar di bagian lereng tengah dan lereng bawah. Lereng tengah didominasi oleh tumbuhan angrung merah (*Trema orientalis*), angrung hijau (*Parasponia rigida*), mencok (*Begonia multangula*) dan tropos (*Macaranga tanarius*), sedangkan di lereng bawah didominasi oleh hutan produksi dengan vegetasi dominan mahoni (*Swietenia macrophylla*). Selain itu, terdapat pula sistem agroforestri multistrata dengan komoditas kopi (*Coffea* sp.), kakao (*Theobroma cacao*), durian (*Durio zibenthinus*), pisang (*Musa* sp.), langsung (*Lansium domesticum*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dan jabon (*Neolamarckia cadamba*). Terdapat pula lahan agroforestri sederhana yang dijumpai di lereng tengah dengan komoditas utama kopi dan tanaman naungan gamal (*Gliricidia sepium*), pisang dan kelapa.

Peran agroforestri untuk reklamasi tanah pascaerupsi Gunung Kelud pada tahun 2014 dijabarkan lebih lengkap dalam BAB 4. AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG KELUD.

## b. Gunung Kawi

Gunung Kawi Butak merupakan salah satu gunung api yang sudah lama tidak aktif di Provinsi Jawa Timur. Secara administratif, Gunung Kawi Butak terletak di sebelah barat daya Kabupaten Malang yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Blitar. Gunung Kawi mempunyai ketinggian mencapai 2.551 m dpl dan Gunung Butak sendiri merupakan puncak tertinggi dari Gunung Kawi yang ketinggiannya mencapai 2.880 m dpl. Kawasan Gunung Kawi Butak tergolong kedalam delapan (8) kategori penggunaan lahan. Jenis penggunaan lahan yang dijumpai di kawasan Gunung Butak adalah agroforestri, hutan

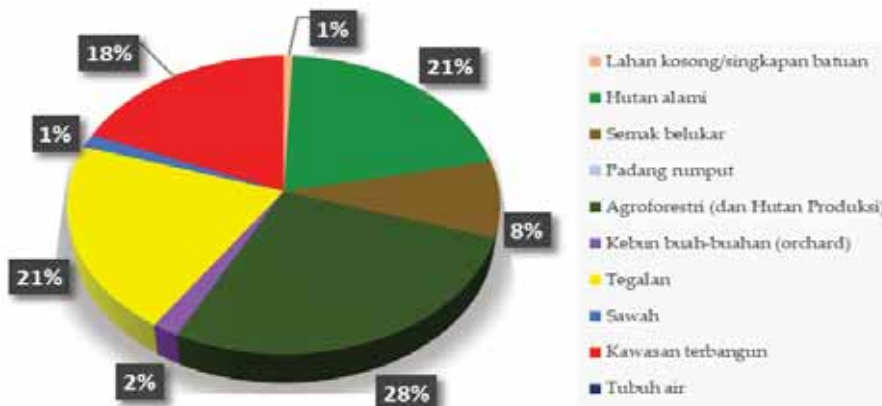
alami, kawasan terbangun, kebun buah-buahan (*orchard*), lahan kosong/singkapan batuan, sawah, semak belukar dan tegalan. Sebaran agroforestri dan jenis penggunaan lahan lain di kawasan Gunung Kawi Butak disajikan dalam Gambar 1.1.6.



**Gambar 1.1.6** Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Kawi Butak

Jenis penggunaan lahan yang memiliki luasan tertinggi adalah agroforestri yang memiliki luasan mencapai 22.374 ha, penggunaan lahan hutan alami memiliki luasan mencapai 16.990 ha, kawasan terbangun mencapai 15.029 ha, kebun buah-buahan (*orchard*) 1.493 ha, lahan kosong/singkapan batuan 596 ha, sawah 1.222 ha, semak belukar 6.737 ha dan tegalan mencapai 16.748 ha. Persentase masing-masing tipe penggunaan lahan disajikan dalam Gambar 1.1.7.

Komoditas unggulan agroforestri yang dibudidayakan di kawasan ini adalah tanaman kopi. Tanaman kopi dalam sistem agroforestri di kawasan Gunung Kawi Butak tumbuh di bawah tegakan tanaman lamtoro (*Leucaena leucocephala*), mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan sengon (*Paraserioanthes falcataria*). Terdapat dua produk kopi yang diunggulkan adalah Kopi Merah Jambuwer (Kabupaten Malang) dan Kopi Kawisari (Kabupaten Blitar).



**Gambar 1.1.7** Persentase luas penggunaan lahan di Gunung Kawi Butak

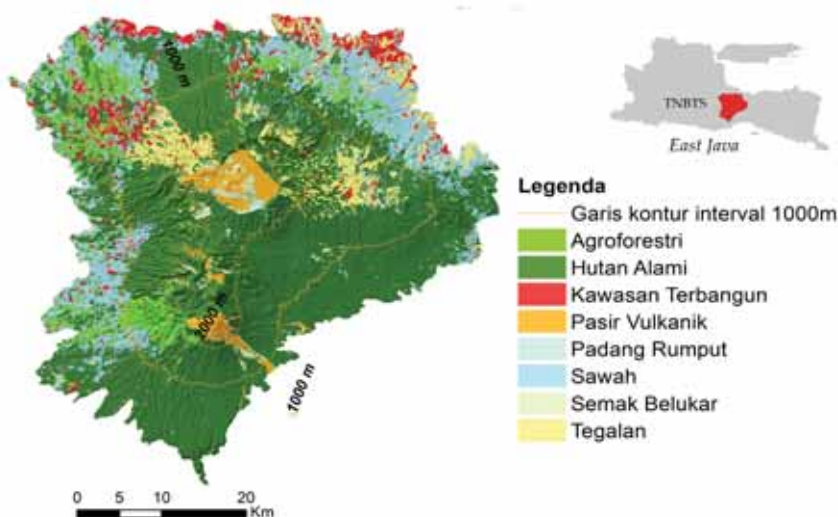
Gunung Kawi Butak merupakan pegunungan stratovulkano yang bahan induknya tersusun dari lapisan batuan andesit, breksi, aglomerat, tuff (lawa bahan piroklastik yang mengeras) dan abu vulkanik (Putra *et al.* 2016). Abu vulkanik yang ada di kawasan Gunung Kawi-Butak mengandung mineral amorf yang tersusun dari alofan, imogolit dan ferihidrit, dengan demikian jenis tanah yang terbentuk adalah Andisols di bagian lereng atas dan Inceptisols di bagian lereng bawah.

Agroforestri kopi yang sudah dipraktekan sejak zaman Belanda, sampai sekarang masih terus dipertahankan, walaupun sebagian agroforestri telah berkembang ke bentuk yang lebih kompleks ataupun ada perubahan komponen penyusunnya akibat adanya berbagai faktor penyebab. Adanya pengelola yang beragam baik pemerintah, swasta maupun masyarakat lokal yang memiliki kepentingan yang berbeda juga menjadi salah satu penyebab adanya perubahan komponen penyusun agroforestri yang berpengaruh terhadap fungsi dan layanan lingkungan termasuk budaya. Di lereng Gunung Kawi, banyak pusat wisata peninggalan sejarah dan wisata religi sehingga groforestry masih terpelihara dengan baik hingga sekarang. Hal tersebut bisa dilihat lebih jauh di BAB 5. AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG KAWI.

### c. Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS)

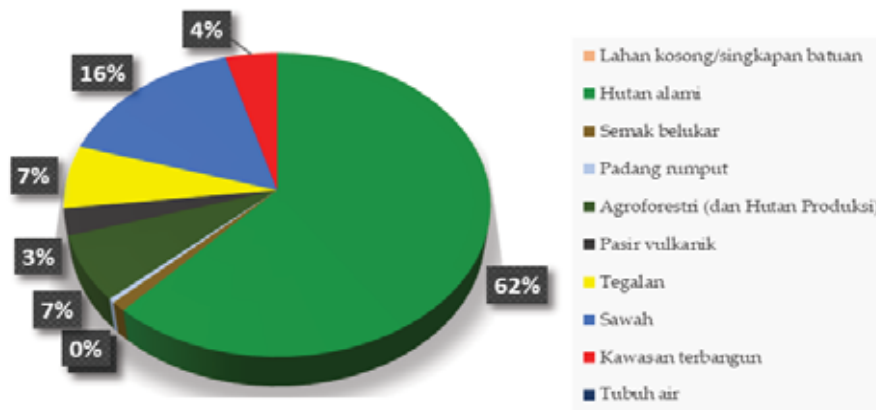
Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) adalah salah satu taman nasional yang ada di Jawa Timur, secara administratif terletak di empat (4) kabupaten yaitu Kabupaten Pasuruan, Malang, Lumajang dan Probolinggo. Di kawasan Bromo terdapat kaldera lautan pasir dan Pegunungan Tengger. Beberapa gunung yang berada dalam kawasan TNBTS adalah Gunung Semeru (3.676 mdpl), Gunung Bromo (2.329 mdpl), Gunung Batok (2.470 mdpl), Gunung Kursi (2.581 mdpl), Gunung Watangan (2.601 mdpl), Gunung Widodaren (2.650 mdpl), Gunung B-29 (2.900 mdpl), Gunung Linggo, Gunung Penanjakan,

Gunung Pundak Lembu, Gunung Gandera, Gunung Ringgit, Gunung Widangan, Gunung Sumberseami, Gunung Praten dan Gunung Bajangan. Jenis penggunaan lahan di kawasan TNBTS tergolongkan ke dalam delapan (8) kategori, diantaranya adalah agroforestri, hutan alami, kawasan terbangun, pasir vulkanik, padang rumput, sawah, semak belukar dan tegalan. Visualisasi sebaran agroforestri dan penggunaan lahan di kawasan TNBTS disajikan dalam Gambar 1.1.8.



**Gambar 1.1.8** Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di TNBTS

Dalam Gambar 1.1.9, diketahui bahwa di kawasan TNBTS masih didominasi oleh penggunaan lahan hutan alami yang total luasannya mencapai 124.195 ha. Selanjutnya luasan jenis penggunaan lahan lain seperti agroforestri seluas 14.185 ha, kawasan terbangun 8.638 ha, pasir vulkanik seluas 5.790 ha, padang rumput seluas 872 ha, sawah seluas 32.006 ha, semak belukar seluas 2.072 ha dan tegalan seluas 13.406 ha. Persentase masing-masing tipe penggunaan lahan disajikan dalam Gambar 1.1.9. Sistem agroforestri yang dijumpai di kawasan TNBTS berupa agroforestri multistrata, agroforestri sederhana dan monokultur pinus/mahoni penghasil kayu. Komoditas utama yang dibudidayakan dalam sistem agroforestri adalah kopi.



**Gambar 1.1.9** Persentase luas penggunaan lahan di TNBTS

TNBTS tersusun dari dua bahan induk yang berbeda, yakni pasir Gunung Api Tengger (Qvs) dan batuan Gunung Api Bromo (Qvb). Qvs terdiri dari pasir gunung api, bom dan batu apung, sedangkan Qvb terdiri dari breksi gunung api, lava, tuf, tuf breksi dan lahar. Namun demikian, di lapangan kadang-kadang sulit membedakan sebaran kedua bahan tersebut mengingat beberapa letusan Gunung Bromo juga menutup sebagian dari pasir Gunung Api Tengger.

Aktivitas vulkanik di sekitar TNBTS masih menunjukkan aktivitas yang tinggi sampai sekarang, sehingga akan selalu ada tambahan bahan baru di atas permukaan tanah. Hal tersebut akan berdampak terhadap proses pedogenesis yang ada di sekitar TNBTS. Proses pedogenesis belum banyak memberikan dampak terhadap perkembangan tanah di lokasi tersebut. Tanah masih melalui tahap geogenesis berupa penambahan dan pelapukan mineral primer, sehingga hanya dijumpai lapisan-lapisan bahan induk tanah hasil dari erupsi gunung sekitar TNBTS. Oleh karenanya, jenis tanah yang dijumpai adalah tergolong kedalam ordo tanah Entisols dan Andisols. Tanah-tanah yang terbentuk dari material vulkanik suatu gunung berapi umumnya adalah tanah dengan ordo Andisols dan Entisols. Andisols merupakan suatu tanah yang memiliki sifat tanah andic 60% atau lebih tebal, yang diukur pada kedalaman 0-60 cm atau kurang dari 60 cm jika terdapat kontak densic, lithic, paralithic, duripan, atau horizon petrocalcic. Entisols adalah tanah yang belum mengalami perkembangan karena tertimbun oleh material baru di kawasan gunung berapi.

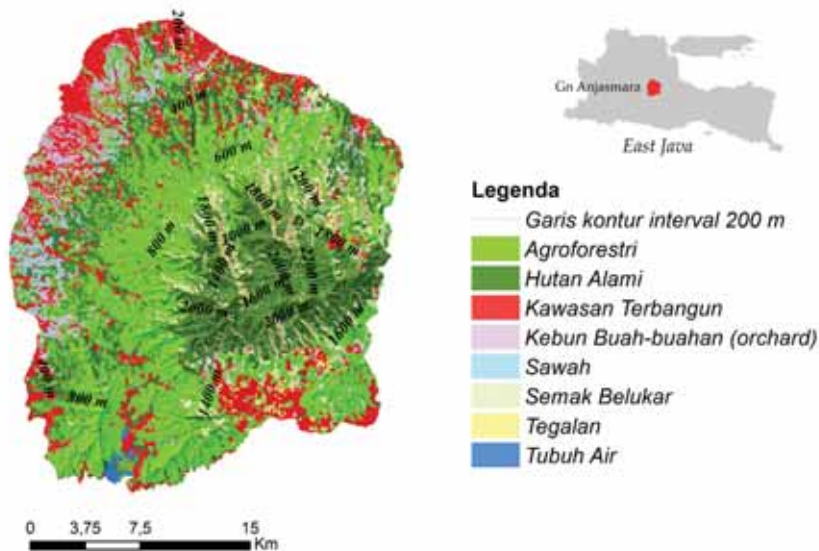
Agroforestri di kawasan Bromo - Tengger - Semeru sangat menarik untuk dikaji terkait dengan fungsinya dalam mempertahankan fungsi hidrologi, baik di tingkat lahan maupun lanskap. Penduduk asli yang tinggal di lereng Gunung Bromo dan Semeru adalah Suku Hindu Tengger yang dalam hidupnya telah menyatu dengan alam. Namun

demikian di wilayah tersebut telah terjadi pergeseran sistem penggunaan lahan dari sistem pertanian yang “tertutup” ke sistem yang lebih “terbuka”, sehingga menimbulkan berbagai gangguan hidrologi dan ancaman bagi penduduk sekitar dan lingkungannya, baik untuk kondisi saat ini maupun yang akan datang. Bagaimana upaya para pihak dalam mengelola agroforestri untuk menjembatani masalah ekonomi, lingkungan dan budaya dapat diikuti dalam BAB 6. AGROFORESTRI KHAS GUNUNG BROMO.

Tak luput dari erupsi yang terjadi berkali-kali pada kedua gunung tersebut, dua dekade terakhir kali Gunung Bromo meletus tahun (1995, 2000 dan 2004), sedangkan Gunung Semeru meletus pada tahun 1994, 2004, 2008 dan 2020, 2021 dan 202 telah memuntahkan banyak material vulkan yang dalam waktu pendek merupakan musibah bagi petani di sekitarnya, namun untuk jangka panjang letusan gunung berapi justru merupakan berkah. Materi (pasir hitam) yang diendapkan di lahan pertanian dan sekitarnya selama erupsi, merupakan materi bangunan yang berkualitas tinggi sehingga banyak masyarakat pendatang yang menambang pasir untuk memenuhi kebutuhan bahan bangunan. Kegiatan penambangan pasir tersebut mewariskan lahan-lahan terdegradasi yang tidak menguntungkan untuk diusahakan embali menjadi lahan pertanian. Agroforestri telah diajukan sebagai salah satu alternatif untuk merestorasi lahan terdegradasi bekas tambang pasir, informasi lebih lengkap dapat dibaca dalam BAB 9. AGROFORESTRI KHAS GUNUNG SEMERU.

#### d. Gunung Anjasmoro

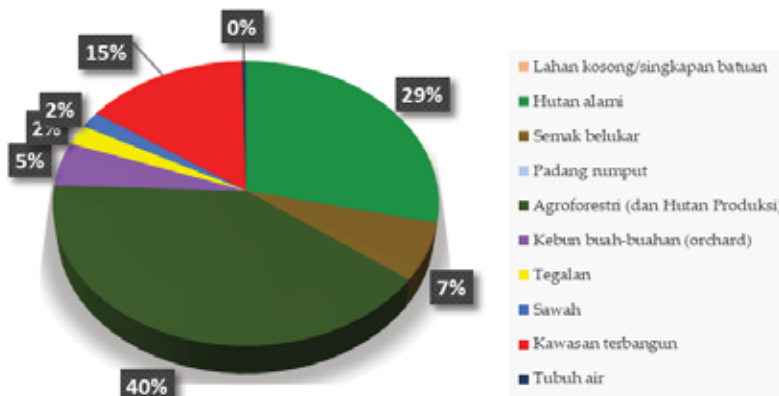
Gunung Anjasmoro merupakan salah satu gunung yang terletak di Provinsi Jawa Timur dengan ketinggian 2.282 mdpl. Gunung Anjasmoro termasuk ke dalam tiga wilayah kabupaten/kota di Jawa Timur, yaitu Kabupaten Jombang, Mojokerto dan Kota Batu (Abdillah *et al.* 2020). Jenis penggunaan lahan di kawasan Gunung Anjasmoro digolongkan menjadi delapan (8) kategori. Penggolongan ini didasarkan dari hasil citra yang didapatkan sebelum melakukan klasifikasi. Penggolongan jenis penggunaan lahan terdiri dari agroforestri, hutan alami, kawasan terbangun (*built-up area*), kebun buah-buahan (*orchard*), sawah, semak belukar, tegalan dan tubuh air. Visualisasi sebaran jenis penggunaan lahan di kawasan Gunung Anjasmoro disajikan di Gambar 1.1.10.



**Gambar 1.1.10** Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Anjasmoro

Total luasan kawasan Gunung Anjasmoro adalah 62.745 ha. Jenis penggunaan lahan agroforestri memiliki luasan terbesar dibandingkan dengan jenis penggunaan lahan lainnya. Luas lahan agroforestri mencapai 25.346 ha, luasan hutan alami mencapai 17.947 ha, kawasan terbangun mencapai 9.332 ha dan kebun buah-buahan (*orchard*) memiliki luasan 3.140 ha. Selanjutnya lahan semak belukar seluas 4.131 ha, lahan sawah seluas 1.206 ha, tegalan seluas 1.426 ha dan sisanya 218 ha sebagai tubuh air. Persentase masing-masing tipe penggunaan lahan tersebut disajikan dalam Gambar 1.1.11.

Sistem agroforestri yang dikembangkan di Lereng Gunung Anjasmoro umumnya adalah agroforestri berbasis kopi, dalam bentuk agroforestri sederhana ataupun kompleks/multistrata. Dalam Agroforestri kompleks, tanaman kopi ditanam di bawah tegakan durian (*Durio zibenthinus*), kakao (*Teobroma cacao*), langsung (*Lansium domesticum*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), jabon (*Neolamarckia cadamba*), gamal (*Gliricidia sepium*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dadap (*Erythrina variegata*) dan pisang (*Musa sp.*) dengan tutupan kanopi yang cukup rapat mencapai 80%. Agroforestri sederhana didominasi oleh tanaman kopi dengan pohon penayang kurang dari 5 jenis, pohon penayang yang umum ditanam adalah durian (*Durio zibenthinus*), langsung (*Lansium domesticum*), angka (*Artocarpus heterophyllus*), dan gliricidia (*Gliricidia sepium*) dengan tutupan kanopi antara 50-70%.



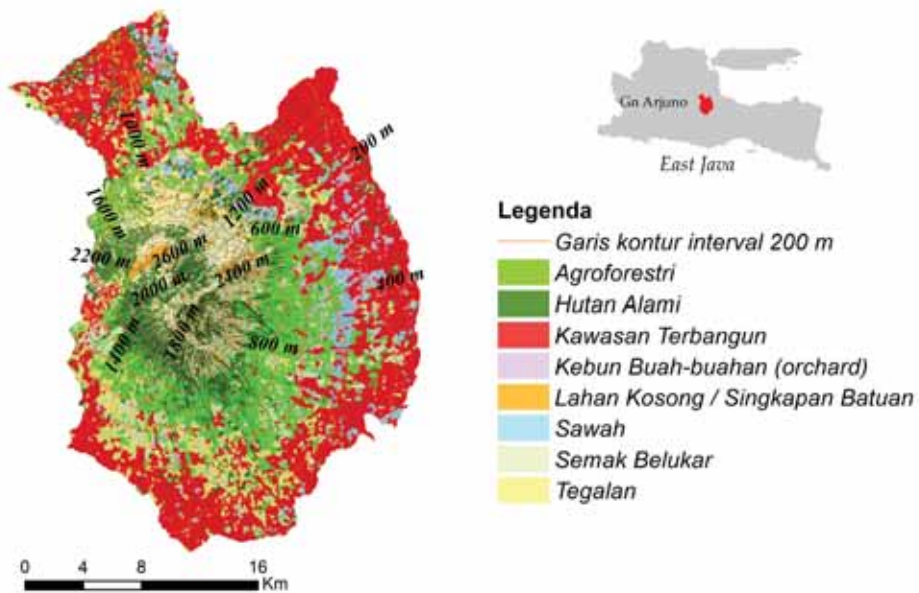
Gambar 1.1.11 Persentase luas penggunaan lahan di Gunung Anjasmoro

Keberlanjutan agroforestri kopi berbasis kopi di lereng Gunung Anjasmoro telah teruji sejak seabad yang lalu, dan terus berkembang hingga saat ini sebagai bagian dari budaya masyarakat lokal yang sesuai dengan kebutuhan, pasar, kondisi lingkungan dengan dukungan kebijakan yang ada. Hal tersebut akan dijabarkan lebih lengkap dalam BAB 7. AGROFORESTRI KHAS GUNUNG ANJASMORO.

#### e. Gunung Arjuna – Welirang

Gunung Arjuno memiliki ketinggian mencapai 3.339 mdpl. Gunung Arjuno secara administratif terletak di perbatasan Kota Batu, Kabupaten Malang dan Pasuruan serta berada di bawah pengelolaan Taman Hutan Raya (Tahura) Raden Soerjo. Gunung Arjuno merupakan gunung tertinggi kedua di Jawa Timur setelah Gunung Semeru serta menjadi gunung tertinggi ke-4 di Pulau Jawa. Penggunaan lahan di Gunung Arjuno terbagi kedalam delapan (8) kategori jenis penggunaan lahan, yaitu agroforestri, hutan alami, kawasan terbangun, kebun buah-buahan (orchard), lahan kosong/singkapan batuan, sawah, semak belukar dan tegalan. Kenampakan sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di kawasan Gunung Arjuno disajikan dalam Gambar 1.1.12.

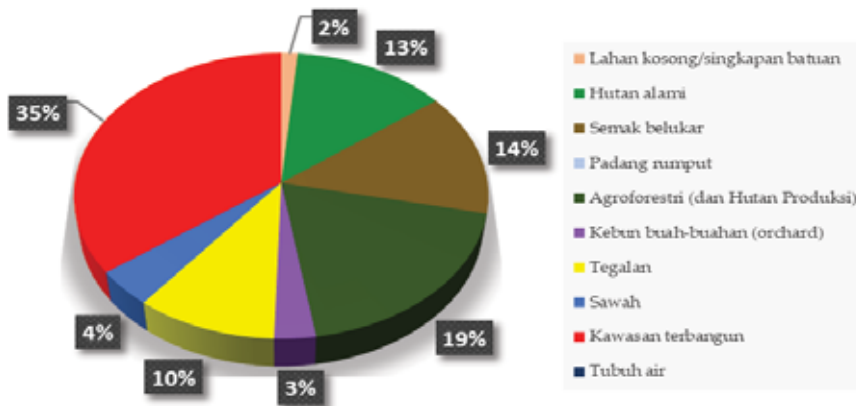




**Gambar 1.1.12** Sebaran agroforestri dan penggunaan lahan lain di Gunung Arjuno

Total luasan Gunung Arjuno tercatat mencapai 61.510 ha yang terbagi menjadi delapan jenis penggunaan lahan. Jenis penggunaan lahan yang terluas yaitu kawasan terbangun mencapai 21.654 ha. Kawasan terbangun meliputi kawasan pemukiman penduduk di sekitar kawasan Gunung Arjuno yang tersebar di bagian lereng bawah Gunung Arjuno. Selanjutnya adalah agroforestri yang mencapai 11.766 ha, hutan alami mencapai 8.060 ha, kebun buah-buahan (*orchard*) mencapai 1.820 ha, lahan kosong/singkapan batuan mencapai 869 ha, lahan sawah mencapai 2.577 ha, semak belukar mencapai 8.548 ha dan tegalan mencapai 6.215 ha. Persentase masing-masing tipe penggunaan lahan dapat dilihat di Gambar 1.1.13.

Lahan agroforestri yang dijumpai di kawasan Gunung Arjuno masuk ke dalam Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) atau biasa disebut UB Forest, yang terletak di kaki Gunung Arjuno. Sistem agroforestri yang dijumpai berupa agroforestri sederhana yang didominasi oleh pinus-kopi dan agroforestri pinus-sayuran. Namun, terdapat pula jenis pohon penaung lain seperti mahoni (*Swietenia mahagoni*) dengan tanaman sela yang ditanam di bawah tegakan yang berupa tanaman dengan nilai ekonomi tinggi seperti jahe, kunyit, talas, sawi, kubis, wortel dan labu siam.



**Gambar 1.1.13** Persentase luas penggunaan lahan di Gunung Arjuno

Gunung Arjuno merupakan gunung api strato tipe A, dengan batuan penyusun berupa andesit-basaltik (Utama *et al.* 2016). Tanah di lereng Gunung Arjuno berkembang dari bahan induk vulkanik berumur kuartar dengan kode Qvaw (batuan gunung api Arjuno Welirang). Penelitian Subagjo *et al.* (2004) yang dikutip dalam Sukarman dan Dariah (2015) menunjukkan bahwa beberapa jenis tanah di Indonesia yang berkembang dari bahan vulkanik adalah Inceptisol sebesar 37,5%, Entisol sebesar 9,6%, Andisol sebesar 2,9% dan Alfisol sebesar 2,7%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Utama *et al.* (2016) kompleks gunung api Arjuno Welirang menghasilkan batuan berupa lava andesit, lava andesit basaltik, breksi vulkanik dan aliran piroklastik. Tanah berbahan induk vulkanik umumnya berkembang menjadi tanah Andisol apabila memenuhi persyaratan tanah andik. Persyaratan tanah andik yang harus dipenuhi terkait dengan kadar karbon organik tanah, bobot isi tanah, retensi Phosphor (P), kandungan mineral non kristalin dan kandungan gelas vulkan. Namun tidak semua bahan vulkanik membentuk tanah Andisol.

Sejarah agroforestri di lereng Arjuno-Welirang melewati rantai peralihan dari hutan alami – hutan produksi pinus/mahoni – agroforestri berbasis pinus/mahoni + kopi/sayuran – agroforestri pinus/mahoni + kopi/sayuran + buah-buahan. Perkembangan terakhir adalah adanya program pemerintah berupa rencana restorasi lahan-lahan terdegradasi yang berupa sayuran monokultur, terutama di wilayah yang terkena banjir bandang tahun 2019 lalu. Lahan-lahan sayuran monokultur akan dikembangkan menjadi agroforestri untuk memenuhi ketahanan pangan dan mereduksi bencana serta emisi karbon. Hal tersebut dipaparkan dalam BAB 8. AGROFORESTRI KHAS ARJUNO-WELIRANG.



## Bab 2.

# AGROFORESTRI SEBAGAI BENTUK PENGGUNAAN LAHAN DI PENGUNUNGAN NUSANTARA: MEMAHAMI POLA DAN PROSES PEMBENTUKAN SECARA EKOLOGIS

Meine van Noordwijk, Didik Suprayogo, Aditya Nugraha Putra, Rizky Maulana Ishaq, Kurniatun Hairiah, Suyanto, Subekti Rahayu, Sonya Dewi

## 2.1 Pengantar

Pegunungan sebagai pelengkap zona pesisir dan dataran rendah, memiliki karakteristik medan yang berbeda dari segi geologi (*landform*), iklim (curah hujan dan suhu), karakteristik tanahnya (abu vulkanik, batuan dan sedimen), dari sejarah pemukiman manusia yang terpisah, termasuk adanya kendala dan peluang-peluangnya (Gambar 2.1.1). Perbedaan karakteristik tersebut menghasilkan berbagai tipe hutan dengan berbagai jenis pohon yang penggunaannya dalam agroforestri patut mendapat perhatian serius, karena adanya perubahan baik yang menguntungkan ataupun merugikan secara ekologi, sosial dan ekonomi.



**Gambar 2.1.1** Skematis aspek ekologi, sosial dan ekonomi yang mempengaruhi keberagaman agroforestri di pegunungan

## 2.2 Filosofi Gunungan

Signifikansi budaya pegunungan merupakan bagian dari identitas manusia. Di Jawa, hal tersebut dapat dicontohkan dalam “gunungan” pada pertunjukan wayang kulit atau dikenal dengan “kayon”, yang selalu muncul pada setiap awal dari semua cerita. Pada umumnya, “gunungan” menggambarkan keharmonisan (citra manusia-sifat, material-spiritual yang indah) bergantian dengan bencana alam, kekerasan dan perselisihan manusia.

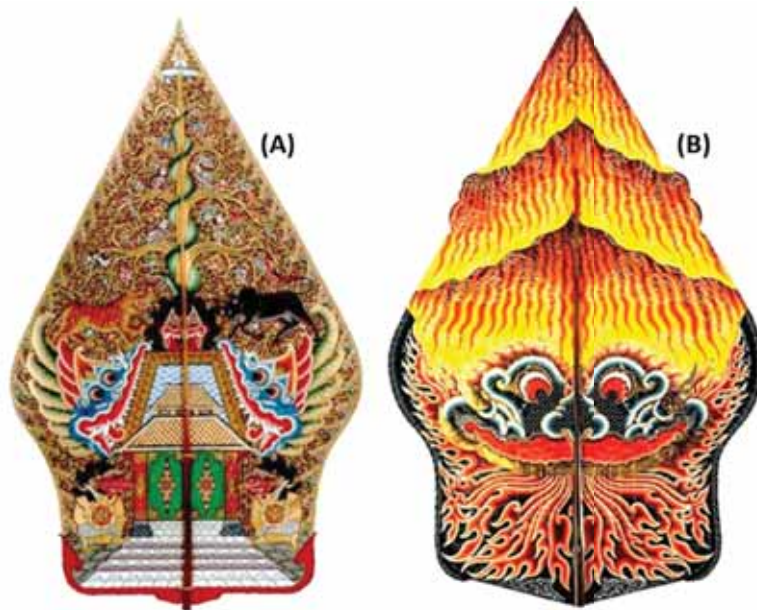
Filosofi dibalik “gunungan” wayang kulit adalah bayangan yang menggambarkan makna kehidupan. “Gunungan” berbentuk kerucut (lancip ke atas) melambangkan kehidupan manusia, yaitu ketika semakin tinggi ilmu dan pengetahuan, serta semakin tua usia, maka harus semakin mendekat dengan sang pencipta kehidupannya. Sebuah gunung biasanya dilengkapi dengan gambar-gambar yang mewakili keharmonisan alam semesta, diantaranya:

- a. Rumah dengan lantai bertingkat tiga yang pada bagian daun pintu dihiasi lukisan Kamajaya berhadapan dengan Dewi Ratih
- b. Dua raksasa saling berhadapan dengan membawa senjata pedang atau gada lengkap dengan tamengnya
- c. Dua naga bersayap
- d. Hutan belantara dengan satwa/fauna
- e. Keanekaragaman hayati berupa gambar harimau, banteng, ular, kera dan ayam alas yang terdapat di tengah-tengah hutan
- f. Jika gunung dibalik akan berbentuk api. Gunung berbentuk api memberikan makna jika hubungan antar manusia dan manusia dengan alamnya telah mengganggu keharmonisan alam, maka akan terjadi “kemarahan” dari Sang Pencipta, terjadi kebocoran ekosistem dan berdampak terhadap kehidupan manusia yang berkonflik.

Makna dan filosofi setiap gambar yang terdapat pada gunung tersebut adalah:

- a. Bagian rumah dengan lantai bertingkat tiga dan gapura dengan dua penjaganya yang bertubuh kekar, melambangkan bahwa di alam semesta ini ada kehidupan sosial yang menunjukkan sifat dan hati manusia, ada yang baik dan buruk.
- b. Gambar di atas rumah yang terdiri dari berbagai jenis hewan dan tumbuhan (fauna dan flora) dalam hutan melambangkan tingkat keanekaragaman (biodiversitas) yang harus dijaga dan dilestarikan karena memiliki fungsi dan manfaat bagi kehidupan sosial manusia di bawahnya.

- c. Bentuk gunung yang semakin mengerucut ke atas menandakan bahwa semua kehidupan yang ada di alam semesta ini harus dikelola berdasarkan asas ke-Tuhanan agar tercipta kehidupan yang harmoni dan sejahtera (*Gambar 2.2.1A*). Namun ketika alam semesta ini tidak dikelola dengan baik, serakah, merusak, hingga menghancurkan maka yang ada bencana alam/kerusakan dimana-mana yang dilambangkan dengan gambar berbentuk api yang menyala di balik “gunungan” (*Gambar 2.2.1B*). Tampak dua sisi “gunungan”, sisi depan bisa menggambarkan kondisi tercapainya SDG's (*Sustainable Development Goals*), sementara bagian sisi belakang menggambarkan tentang penggunaan sumber daya alam (SDA) yang melebihi daya dukungnya (*carrying capacity*) sehingga menimbulkan banyak kerusakan dan bencana alam yang terjadi di dunia ini.



**Gambar 2.2.1** Gunung wayang kulit (A) tampak depan (B) tampak belakang

## 2.2.1 Hubungan manusia-alam

---

Kerangka nilai kehidupan membedakan antara perspektif manusia yang *hidup di dalam*, *hidup dari*, *hidup dengan* atau *hidup sebagai alam* (Kenter & O'Connor 2022 IPBES 2022). Konsep tersebut bila diterapkan di kawasan pegunungan (*Gambar 2.2.2*) dan agroforestri sebagai bagian dari penggunaan lahannya, maka dapat dipahami sebagai berikut:

- a. *Tinggal di*. Manusia menghormati kekuatan alam (misalnya Mahameru), melindungi pohon keramat (etnoekologi) dan agroforestri yang melindungi mata air (antropologi) dan memberikan kenyamanan pada saat kesulitan (spiritual)

- b. *Hidup dari*. Pada bagian ini menyangkut aspek agronomi, ekonomi dan spiritual. Agroforestri sebagai 'domestikasi' pohon-pohon hutan, pohon penyedia barang dan jasa/layanan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan pangan, serat dan pakan serta obat-obatan
- c. *Hidup bersama*. Dalam penentuan zonasi dan perencanaan tata ruang penggunaan lahan untuk mengamankan aliran air, melindungi keanekaragaman hayati, rekoneksi spiritual, rekreasi, mata pencaharian manusia dapat dilakukan dengan agroforestri. Jadi hubungan manusia dengan alam menyangkut hidrologi, ekologi dan geografi
- d. *Hidup sebagai*. Dalam hubungan manusia dengan alam ini menyangkut hak, moralitas dan etika; dimana alam memiliki hak untuk hidup, manusia memiliki suara untuk didengar dalam menjaga alam, agar planet dapat ditinggali untuk semua kehidupan dengan nyaman.

Menurut Van Noordwijk (2021) ada dua macam *value* (nilai) dari hubungan alam - manusia, yaitu: (a) *instrumental* (berorientasi pada tujuannya, dimana sarana yang berpotensi dapat digantikan oleh yang lain untuk mencapai tujuan) dan, (b) *relasional* (berdasarkan interaksi dua arah yang membentuk afinitas dan tidak mudah tergantikan).

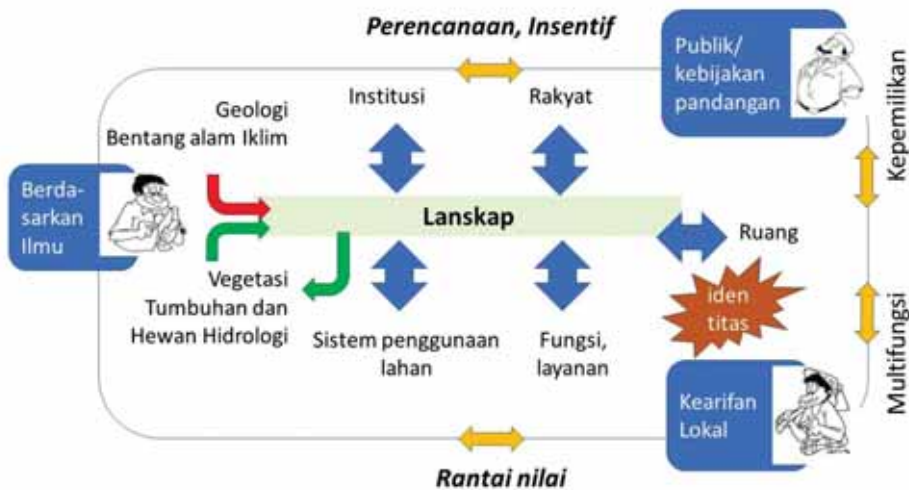
Di dalam agroforestri, nilai-nilai instrumental (penyediaan barang, pengaturan fungsi yang melindungi manusia dari bahaya) berinteraksi dengan nilai-nilai relasional (van Noordwijk 2021), dengan berbagai disiplin ilmu yang menekankan kepada salah satu atau yang lain, dan menyerahkan keseimbangannya kepada kita masing-masing. Sementara Roux *et al.* (2022) menyatakan ada empat fase yang dapat membedakan cara orang berhubungan dengan alam dan hutan, bahwa alam itu kuat, alam harus ditaklukkan, alam harus dikelola, kekuatan spiritual yang ditemukan kembali.



**Gambar 2.2.2** Hubungan antara empat sudut pandang hubungan alam-manusia dengan agroforestri

## 2.3 Multi Peran Lanskap dalam Ekologi dan Sosial Ekonomi

Lereng gunung dan lembah di Jawa Timur memiliki sejarah panjang sebagai pemukiman manusia, dengan demikian penggunaan lahan telah dibentuk oleh manusia. Di lain sisi, kondisi geologi, bentuk lahan dan iklim menyebabkan adanya keanekaragaman vegetasi, flora, fauna dan hidrologi. Faktor-faktor tersebut bersama-sama membentuk keanekaragaman sisi ekologi lanskap sebagai sistem sosial-ekologis (Gambar 2.3.1).



**Gambar 2.3.1** Agroforestri di tingkat lanskap merupakan perpotongan antara aspek ekologi dan sosial yang merupakan interaksi antara pengetahuan lokal - pengetahuan ilmiah - kebijakan (Hoang *et al.*, 2013)

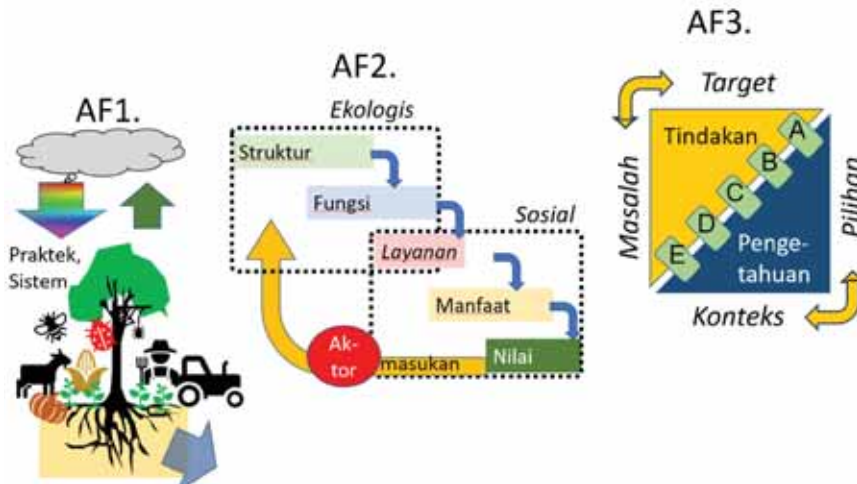
Agroforestri pegunungan di jendela Jawa Timur dapat berfungsi ganda di lanskap yang mendukung sistem sosial-ekologi yang dinamis. Menurut Minang *et al.* 2015, macam peran ganda agroforestri tersebut dipengaruhi oleh: (A) karakteristik medannya (geologi, tektonik, vulkanisme, bentuk lahan, tanah, lereng, elevasi, iklim, hidrologi, vegetasi alami, fauna, siklus degradasi-restorasi dan transisi karbon hutan dan tanah); (B) pola pemukiman manusia, penggunaan lahan dan demografi, geografi ekonomi (aksesibilitas dan integrasi pasar); (C) sejarah politik dan kebijakan saat ini (keseimbangan desa-kota, hak, fungsi lanskap, re/desentralisasi). Adanya perspektif masyarakat lokal yang berbeda-beda terhadap isu yang timbul, dan adanya kebijakan publik yang beragam pula, maka berbagai jenis ilmu perlu direkonsiliasi (tindakan untuk menyelesaikan perbedaan kembali ke kondisi semula), misalnya menggunakan *toolbox* Sistem Pendukung Negosiasi (van Noordwijk *et al.* 2013).



## 2.4 Paradigma Baru Agroforestri: Skala Lahan, Lanskap yang Berfokus pada Kebijakan

Definisi agroforestri yang paling umum digunakan adalah mengacu pada interaksi (saling mempengaruhi) antara adanya pohon, tanaman, ternak, tanah, iklim dan pengelolaan oleh petani dalam sebidang tanah yang sama. Hal tersebut sekarang dipahami sebagai skala **AF1** yang berlaku untuk skala petak atau lahan pertanian. Skala AF1 ini merupakan komponen penting dari skala berikutnya yaitu lanskap (**AF2**), untuk itu kita harus memahami hubungan dari setiap bidang tanah dengan lahan di dekatnya, terkait adanya aliran air dan hara, penyebaran api, keberadaan organisme lain (misalnya penyerbuk atau hama, penyakit dan pengendaliannya). Semuanya bergantung pada struktur lanskap (komponen, pola spasial).

Struktur dan fungsi ekologis tersebut, pada gilirannya, berinteraksi dengan komponen sosial (manusia, nilai-nilai budaya, keputusan, tindakan pengelolaan) melalui produksi barang dan jasa/layanan yang disediakan oleh lanskap atau dapat diharapkan untuk disediakan melalui upaya perubahan pengelolaannya. Konsep **AF2** berupa pertanyaan-pertanyaan dan upaya untuk mencari pemahaman di skala lanskap terkait dengan sistem sosial-ekologi. Uraian tentang pemahaman konsep agroforestri untuk berbagai skala ditampilkan secara skematis dalam Gambar 2.4.1.



Gambar 2.4.1. Diagram dari konsep kunci dalam paradigma baru agroforestri (AF1 skala lahan, AF2 skala lanskap, dan AF3 yang berfokus pada kebijakan) (van Noordwijk, 2019)

Konsep AF1 dan AF2 adalah bagian penting dari konsep **AF3**, dimana interaksi antara pengetahuan (polanya, proses-proses di dalamnya, pilihan untuk solusinya) dan kebijakan (masalah, tujuan dan target) dianalisis menurut konteksnya. Pada agroforestri, tantangan khusus di sini adalah bahwa pertanian dan kehutanan memiliki institusi, sejarah, dan instrumen kebijakan yang sangat berbeda, yang seringkali justru menekankan perbedaannya daripada tujuan bersama dalam mencapai penghidupan manusia di lanskap yang sehat. Dalam lanskap yang sehat, di mana (potensi) adanya konflik antar tetangga tidak diabaikan begitu saja, tetapi diselesaikan melalui negosiasi dalam tujuan menyeluruh untuk semua pihak. Seperti halnya dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yang hanya dapat dicapai secara bersama, tidak dapat terpisah-pisah, karena banyaknya umpan balik yang ada.

## 2.5 Konsep Analisis Agroforestri di Berbagai Tingkatan: dari Skala Pohon hingga Lanskap

Ada tiga konsep agroforestri, AF1, AF2 dan AF3 yang digunakan dalam analisis agroforestri pegunungan saat ini, dengan menggunakan seperangkat metode *Negotiation Support Systems* (Verbist *et al* 2002 dan Pasya *et al*. 2004). Semuanya berawal di skala pohon yang merupakan komponen kunci **AF1**, dengan beberapa pertanyaan antara lain: (a) Apa jenis pohon yang ada di lahan dan di mana posisinya, (b) Bagaimana pohon-pohon tersebut berinteraksi dengan manusia dan makhluk hidup lainnya, (c) Bagaimana pengetahuan dan pengalaman ekologi lokal (*etnobotani*) yang menjadi dasar pengelolaan pohon milik petani, dan (d) Bagaimana ketersediaan tenaga kerjanya, (e) Bagaimana pengetahuan dan *input* yang digunakan petani di lahan mereka untuk meningkatkan produk dan layanan yang dapat mereka manfaatkan.

Dalam menganalisis agroforestri pegunungan perlu menggunakan kombinasi beberapa metode yang berbeda dan menggunakan unit analisis yang berbeda pula (Gambar 2.5.1).

## Unit analisis



Gambar 2.5.1 Unit analisis lintas skala untuk sistem penggunaan lahan agroforestri dari pohon, pasar, melalui mata pencaharian dan lanskap hingga tingkat kebijakan, yang mencakup tiga konsep AF1, AF2 dan AF3 sebagai tiga paradigma agroforestri

- Analisis ekonomi pertanian dengan pendekatan metode Landuses Profitability Analysis (LUPA: Analisis Profitabilitas Penggunaan Lahan) adalah kunci dari pemahaman di tingkat AF1, dengan lahan pertanian sebagai batas analisisnya. Produksi pertanian merupakan awal dari analisis rantai nilai, yang mencakup: siapa yang membeli produk - bagaimana produk dinilai (disortir, diangkut, diubah) - dikonsumsi.
- Penilaian Pasar secara Cepat (A Rapid Market Appraisal/RMA) dilakukan dengan menanyakan beberapa pertanyaan berikut ini: Bisakah petani mendapatkan harga produk yang lebih baik, jika mereka terlibat lebih jauh dalam rantai nilai, memahami kualitas dan masalah lainnya yang ditemukan dalam pemasaran, serta bagaimana peran perantara atau tengkulak?

Secara keseluruhan, **AF1** mencoba memahami tentang pilihan (opsi) bagi petani dalam konteks spasial, ekologi, sosial dan ekonomi.

Pada skala lanskap, **AF2**, analisis dapat dimulai dengan menghubungkan tutupan lahan (apa yang dapat diamati dalam penginderaan jauh) dengan penggunaan lahan (berbagai fase dalam siklus hidup sistem pertanian, agroforestri, atau hutan). Analisis perubahan terkait dengan frekuensi kejadian dan pola spasial mosaik tutupan lahan, menjelaskan 'struktur'-nya, konsekuensinya terhadap aliran air, unsur hara, hanyutnya partikel tanah (erosi/sedimentasi), kebakaran atau keberadaan organisme 'fungsional'. Kesemuanya merupakan bagian dari skema konseptual AF2, yang membentuk dasar-dasar ekologis

untuk memahami penghidupan manusia, kualitas atau ketidakcukupan 'jasa ekosistem' dan lembaga yang telah dibentuk untuk menangani masalah yang muncul di tengah-tengah masyarakat dan lingkungannya.

Institusi lokal tersebut adalah penghubung utama ke analisis di tingkat **AF3** tentang kontribusi untuk Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, yang mencakup beberapa masalah yang memerlukan perhatian dan perubahan kebijakan, dan peluang untuk berkontribusi dalam pembangunan di tingkat regional. Tantangan khusus yang ada di tingkat kebijakan adalah dimensi waktu: baik masalah maupun ambisinya yang terus berubah, tetapi begitu terbentuk, institusi dan aturan mengambil kehidupannya sendiri, dengan mengeluarkan penolakan untuk mengubah karakteristik utama. Pada tingkat AF3, kami menggunakan temuan empiris di tingkat AF1 dan AF2, untuk sintesis 'narasi' harapan perubahan dan peluang kontribusi agroforestri terhadap mata pencaharian dan lanskap yang sehat.



## Bab 3.

# SEBARAN AGROFORESTRI KHAS PEGUNUNGAN JENDELA JAWA TIMUR

*Aditya Nugraha Putra, Rizki Maulana Ishaq, Andree Ekadinata, Aqmal Nur Jihad, Sonya Dewi, Didik Suprayogo, Subekti Rahayu, Meine van Noordwijk*

### 3.1 kondisi Ekologi

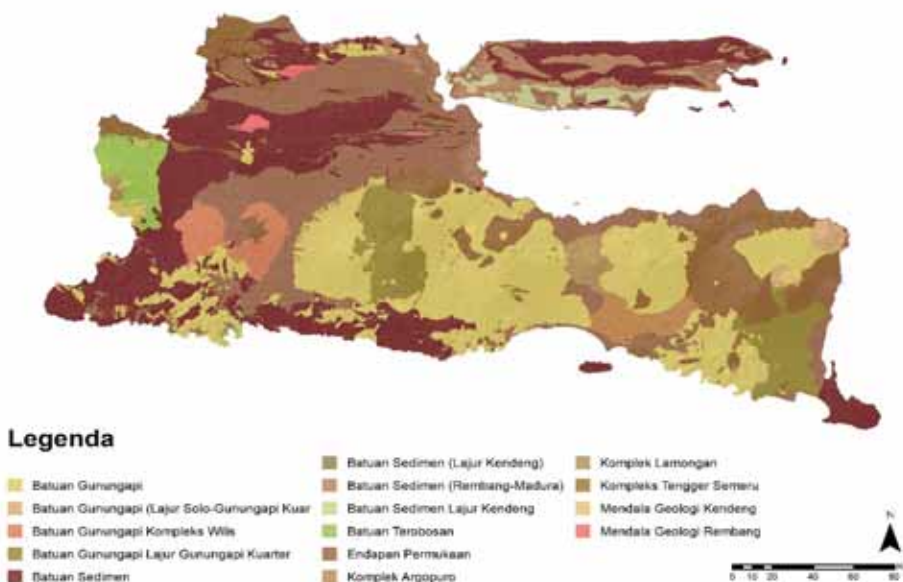
#### 3.1.1 Hubungan manusia-alam

Sebagai bagian dari ujung selatan Lempeng Eurasia, Jawa Timur merupakan wilayah yang terdampak langsung oleh peristiwa tumbukan lempeng tektonik di masa lampau. Jawa Timur terbagi ke dalam beberapa zona yang secara fisiografi dan jenis batuan yang berbeda satu dengan lainnya. Zona bagian selatan adalah perbukitan karst yang didominasi oleh material sedimen dan memanjang dari Kabupaten Banyuwangi di sebelah timur hingga Kabupaten Pacitan di sebelah barat. Akan tetapi, bagian selatan Jawa ini tidak hanya diisi oleh batuan karst saja. Pada bagian permukaan, terutama wilayah dekat sungai dan pesisir, terisi oleh endapan aluvial berupa lempung, lumpur, pasir, kerikil, kerakal, dan bongkah. Pada bagian pesisir didominasi pasir lepas mengandung magnetit. Di wilayah selatan yang terpengaruh oleh luaran erupsi gunung api yang masih aktif, terutama Gunung Semeru, Ijen dan beberapa gunung yang lain; formasi kapur di wilayah selatan ini tertutup oleh bahan-bahan vulkanik yang relatif baru seperti lava, andesit, breksi gunung api, tuf, breksi tuf, abu vulkanik, dan beberapa bahan vulkanik lainnya. Batuan kapur di wilayah tersebut masih terbagi menjadi beberapa jenis batuan induk seperti batu gamping hablur dan kalkarenit, perselingan batupasir tufan, dan batupasir gampingan.

Di bagian tengah Jawa Timur, terdapat Zona Solo yang didominasi oleh barisan gunung vulkanik kuartar yang melintang dari Kabupaten Banyuwangi hingga Kabupaten Magetan (Gambar 3.1.1). Gunung api aktif di zona ini antara lain Gunung Ijen dengan batuan induk tuf, breksi gunung api, lava dan belereng. ijen; Gunung Semeru dengan batuan induk lava andesit-basal, tuf, breksi gunungapi dan breksi lahar; Gunung Bromo dengan batuan induk breksi gunungapi, lava, tuf, tuf breksi dan lahar; Gunung Welirang (Arjuno-Welirang) dengan batuan induk breksi gunung api, lava, breksi tufan, dan tuf;

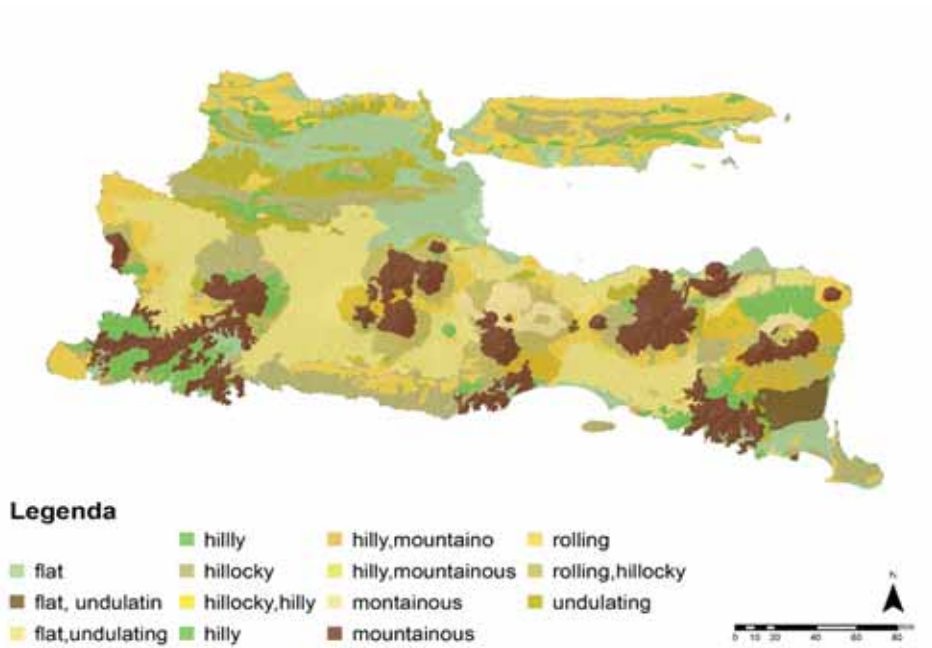
Gunung Kelud dengan formasi batuan lava, breksi tuf, aglomerat, tuf dan lahar; Gunung Wilis dengan bahan induk lava andesit piroksen, breksi gunungapi, dan sisipan tuf dan batuapung.

Zona antiklinorium dan geo-sinklin Rembang mendominasi fisiografi di bagian utara Jawa Timur, melintasi Pulau Madura hingga Kabupaten Ngawi. Zona ini tertutup oleh material aluvium (dataran aluvial) yang terbentuk dari bahan induk kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lumpur. Di bagian tengah bagian utara terdapat zona antiklinorium Kendeng yang diapit Zona Sinklin Randublatung (napal berselingan batupasir dan tuf serta batupasir, tufan bersisipan batu lempung, konglomerat, dan tuf) di bagian utara dan zona pusat angkatan di Jawa bagian selatan Welirang (Arjuno-Welirang), Gunung Kelud, Gunung Wilis dan beberapa gunung aktif lainnya.



**Gambar 3.1.1** Peta Geologi Jawa Timur

Keragaman kemiringan lereng atau facet lahan di Jawa Timur juga dipengaruhi oleh zona fisiografi lahan. Wilayah-wilayah yang datar dapat ditemui pada daerah-daerah depresi aluvial, dataran vulkanik, dan beberapa daerah tektonik. Pada wilayah yang berlereng sedang dan curam dapat ditemui di wilayah lereng stratovulkan serta wilayah-wilayah yang mengalami proses pelipatan dan angkatan (tektonisme) serta di daerah perbukitan karst. Keadaan tersebut membentuk keragaman tingkat kelerengan di Jawa Timur. Masing-masing zona fisiografi lahan tersebut tersebar pada berbagai tingkat kelerengan. Sebaran tingkat kelerengan di Jawa Timur disajikan dalam Gambar 3.1.2.



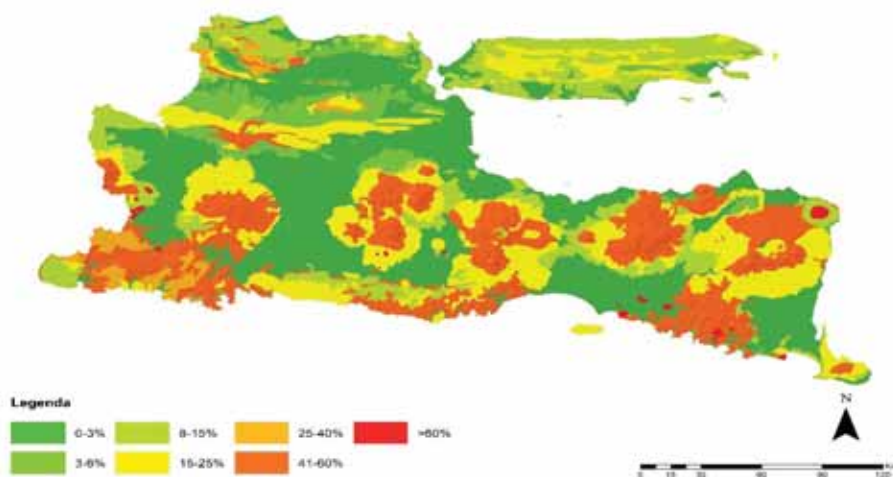
**Gambar 3.1.2** Peta Topografi Jawa Timur

Lahan-lahan agroforestri di Jawa Timur tersebar di tingkat kelerengan 15 – 60% (Gambar 3.1.3), atau lebih sering dijumpai di lereng bawah hingga tengah, tetapi sering pula dijumpai di lereng atas. Namun, di lereng atas, lebih banyak didominasi oleh tipe penggunaan lahan hutan alami ataupun hutan produksi. Hal ini dikarenakan terdapat regulasi dari Perhutani yang membatasi adanya kegiatan budidaya di sekitar hutan alami dan hutan produksi. Lahan agroforestri dijumpai di lereng tengah hingga bawah, tidak terlepas dari perilaku petani sekitar hutan yang mengkonversi lahan hutan menjadi agroforestri. Pemilihan lereng tengah hingga bawah menjadi lahan agroforestri, karena terdapat regulasi bahwa meminimalisir adanya eksploitasi sumberdaya hutan lereng atas secara berlebihan.

Kawasan lereng tengah hingga bawah memberikan kemudahan petani sekitar hutan dalam penguasaan atas tanah garapan dan sumber daya hutan. Tanpa merubah seluruh tutupan pada lahan hutan, di lahan agroforestri yang dikelola oleh petani tetap mempertahankan tanaman asli yang berasal dari hutan dan disisipkan jenis tanaman lain. Agroforestri yang dibentuk, dikelola berdasarkan pengetahuan lokal dan tradisi petani sekitar hutan dan dikelola menggunakan teknik dan praktek-praktek terpadu yang sederhana. Perkembangan dan pengelolaan agroforestri juga dikontrol oleh sistem-sistem sosial dan budaya yang menjamin hak dan kewajiban secara jelas.



Di daerah daratan (kelerengan <15%) sering dijumpai penggunaan lahan kebun, tegalan, sawah ataupun kawasan terbangun. Pada sistem penggunaan lahan tersebut komoditas yang dibudidayakan adalah tanaman semusim dan komoditas pangan. Pemilihan daerah daratan (kelerengan <15%) sebagai kawasan produk tanaman semusim dan pangan karena produk tanaman semusim membutuhkan pemeliharaan, biaya produksi dan tenaga kerja yang cenderung banyak, sehingga akses menuju lahan pun harus mudah untuk dituju. Selain itu, penyedia sarana prasarana produksi tanaman pangan lebih mudah diakses pada lahan berada di daerah dataran.



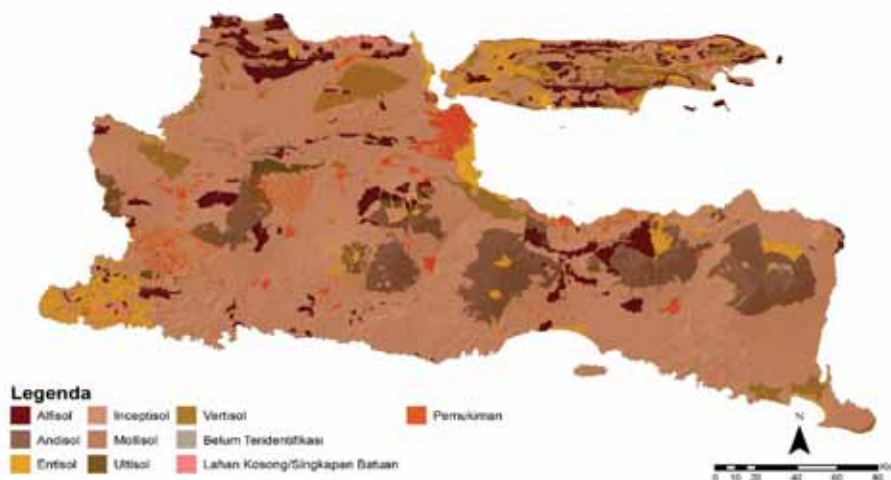
**Gambar 3.1.3** Peta Kelerengan Jawa Timur

Relief adalah paduan dari lereng dan beda tinggi. Berdasarkan kondisi aktual, relief di Jawa Timur sangat beragam karena kondisi fisiografinya yang unik. Berdasarkan peta relief dan melihat foto udara dari penggunaan lahan di Jawa Timur, bahwa lahan agroforestri dapat ditemukan pada relief bergunung atau *mountainous*.

### 3.1.2 Kondisi Tanah

Variabilitas batuan dan fisiografi berpengaruh terhadap pembentukan tanah di Jawa Timur. Faktor lain seperti kondisi iklim, organisme dan waktu selanjutnya menjadi faktor pendorong pembentukan tanah spesifik lokasi. Di daerah-daerah pegunungan umumnya tanah yang terbentuk adalah Andisol, Litosol dan Kambisol. Di daerah dataran aluvial ataupun vulkanik tersebar Kambisol, Aluvial, Gleisol (umumnya berupa sawah), Mediteran, Grumusol dan Nitosol. Di beberapa daerah tektonik atau karst banyak

dijumpai Molisol, Litosol dan Renzina. Berdasarkan data yang telah dihimpun oleh Kunci Taksonomi Tanah (2014), secara umum Jawa Timur terdiri dari enam (6) Ordo Tanah (Gambar 3.1.4).



**Gambar 3.1.4** Sebaran Peta Tanah Jawa Timur

Sebagian tanah Inceptisol adalah jenis tanah yang dibentuk dari proses endapan, bahan yang diendapkan berupa material yang terbawa oleh aliran sungai. Variasi tanah aluvial biasanya dibedakan berdasarkan hidrosekuen atau posisi tanah terkait dengan keberadaan air di lahan. Tanah-tanah yang sering berada dalam kondisi anaerob misalnya tanah sawah, akan mengalami proses gleisasi yang ditandai dengan adanya gejala reduksi morfik dan warna tanah dengan value dan kroma yang rendah. Sedangkan tanah Inceptisol yang lain berada di daerah lembab (udik) dan agak kering (ustik) dengan sebaran *great group* Dystrudept, Humudept, dan Eutrudept. Secara umum, Inceptisol adalah tanah-tanah yang baru berkembang sehingga belum memiliki sifat penciri khusus tertentu. Keberadaan Inceptisol umumnya terdapat di daerah-daerah lereng gunung, terutama jika tanah tersebut tidak dapat diklasifikasikan ke Andisol, Molisol, atau Mediteran.

Tanah Andisol biasanya spesifik ditemui di daerah gunung api, terutama yang masih aktif. Posisi tanah Andisol biasanya dekat dengan sumber erupsi. Namun dalam beberapa kondisi terjadi arah angin kencang yang berbeda-beda, sehingga di beberapa wilayah yang jauh dari sumber letusan masih banyak ditemui pula material vulkanik tersebut.

Tanah Alfisol adalah tanah-tanah yang telah berkembang cukup lama dan memiliki kondisi iluviasi liat yang cukup tinggi, sehingga semakin ke bawah terjadi adanya peningkatan kandungan liat. Dalam pengamatan lapangan, peningkatan liat ini dicirikan dengan adanya selaput liat atau *clay coating* (Gambar 3.1.5). Tanah Mollisol adalah jenis



**Gambar 3.1.5 Clay coating tanah Alfisol di Jawa Timur**

tanah yang gembur dan berwarna kehitaman dengan value dan kroma yang rendah. Tanah ini memiliki kejenuhan basa yang sedang hingga tinggi ( $KB > 50\%$ ) sehingga biasanya memiliki tingkat kesuburan yang tinggi juga. Perbedaan Molisol dan Andisol adalah pada keberadaan sifat andik dan epipedon melanik. Meskipun terkadang juga ditemui pada bentuk lahan vulkanik, Molisol lebih sering dijumpai pada wilayah berbatu kapur atau yang mengandung kalsium karbonat.

Jenis tanah yang dijumpai pada lima (5) gunung api berbeda-beda meskipun memiliki bahan induk berupa batuan vulkanik, namun setiap gunung memiliki karakteristik yang berbeda-beda terkait dengan jenis bahan induknya.

- a. Gunung Kelud tergolong kedalam Ordo tanah Inceptisol, Andisol dan Entisol yang tersebar di tiga (3) tingkat kelerengan. Lereng atas, jenis tanah yang dijumpai adalah Vitrandic Humudept dan Humic Udivitrand, lereng tengah dijumpai Vitrandic Humudept dan Typic Udivitrand sedangkan pada lereng bawah dijumpai jenis tanah Fluvaquentic Endoaquept dan Fluvaquentic Humaquent.

- b. Gunung Anjasmara didominasi oleh ordo tanah Inceptisol yang tersebar di beberapa tingkatan lereng. Pada lereng atas, dijumpai jenis tanah Typic Dystrudept, Humic Dystrudept dan Typic Humudept. Di lereng tengah hingga bawah Gunung Anjasmara dijumpai jenis tanah Ruptic-Alfic Dystrudept dan Humic Dystudept.
- c. Gunung Arjuno-Welirang memiliki ordo tanah Inceptisol, namun dijumpai pula sifat tanah Andik didalamnya, dan hasil klasifikasi tanah menunjukkan ada tanah Andic Humudept dan Typic Humudept.
- d. Gunung Kawi terdapat ordo tanah Andisol di lereng atas dan Inceptisol di lereng tengah dan bawah. Adapun jenis tanah yang dijumpai adalah Humic Udivitrands, Typic Hapludands, Andic Dystudepts dan Ruptic-Alfic Dystrudepts.
- e. Tanah di Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) tergolong ke dalam ordo Andisol dan Entisol. Secara spesifik ditemukan jenis tanah berupa Typic Quartzipsamment, Typic Udipsamment dan Typic Udivitrand.

### 3.1.3 Iklim

---

Kondisi iklim Provinsi Jawa Timur secara umum termasuk iklim tropis yang mengenal 2 (dua) perubahan putaran musim, yaitu musim kemarau (Mei sampai Oktober) dan musim penghujan (November sampai April). Hampir setiap hari hujan mengguyur semua wilayah dengan intensitas ringan hingga lebat. Berdasarkan sistem klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson sebagian besar wilayah (52%) Provinsi Jawa Timur mempunyai iklim tipe D, dimana keadaan suhu maksimum rata-rata mencapai 33°C, sedangkan suhu minimum rata-rata mencapai 22°C (East Java 2015). Berdasarkan pengamatan tiga tahun terakhir di Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Provinsi Jawa Timur menunjukkan suhu maksimum rata-rata 35°C dan suhu minimum rata-rata 20°C dengan kelembaban rata-rata 77% dan kecepatan angin rata-rata 3,6 m/detik. Curah hujan bulanan rata-rata 210 mm/bulan dan jumlah hari hujan per bulan rata-rata 13,5 hari dengan rata-rata penyinaran matahari per hari sekitar 66% (Tabel 3.1.1).

**Tabel 3.1.1** Pengamatan unsur iklim di Stasiun Pengamatan Stasiun BMKG di Provinsi Jawa Timur, 2019–2021

Unsur Iklim	2019 <sup>1</sup>	2020 <sup>1</sup>	2021 <sup>2</sup>
Suhu (°C)			
Minimum	20,2	19,1	21,4
Rata-rata	28,0	28,2	27,1
Maksimum	36,7	35,6	32,7
Kelembapan (%)			
Minimum	35,8	38,9	53,3
Rata-rata	75,0	78	79,7
Maksimum	93,4	99,2	97,4
Kecepatan angin (m/det)			
Minimum	-	-	-
Rata-rata	-	-	3,6
Maksimum	33	29	16,2
Tekanan udara (mb)			
Minimum	1.007,7	1.006,9	979,6
Rata-rata	1.011,6	1.010,5	984,5
Maksimum	1.015,9	1.013,5	989,4
Rata-rata curah hujan/ bulan (mm)	-	-	210,5
Rata-rata jumlah hari hujan/bulan (hari)	-	-	13,5
Rata-rata penyinaran matahari/hari (%)	77	74	48,5

Catatan: <sup>1</sup>Data Stasiun Meteorologi Kelas 1 Juanda

<sup>2</sup>Data rata-rata seluruh 11 stasiun BMKG di Provinsi Jawa Timur

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

### 3.1.4 Hidrologi

Secara hidrologi wilayah Provinsi Jawa Timur terdiri dari air permukaan dan air tanah (Putera 2019). Air permukaan meliputi wilayah sungai (WS) dan Waduk yaitu WS Bengawan Solo, WS Brantas, WS Welang – Rejoso, WS Pekalen – Sampean, WS Baru – Bajulmati, WS Bondoyudo – Bedadung dan WS Madura. Provinsi Jawa Timur memiliki 686 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang tercakup dalam berbagai wilayah sungai (Tabel 3.1.2).

**Tabel 3.1.2** Jumlah DAS yang ada di Jawa Timur

No	Wilayah Sungai	Jumlah DAS yang ada
1	Bengawan Solo	94
2	Brantas	220
3	Welang – Rejoso memiliki	36
4	Pekalen – Sampean	56
5	Baru – Bajulmati	60
6	Bondoyudo – Bedadung	47
7	Madura	173
Total		686

*Sumber: Putera (2019)*

Berdasarkan data Pengairan dalam Angka dari tahun 2009, 2010, 2011, 2012, luas *catchment area* yang dapat diidentifikasi berdasarkan wilayah sungai, dan luasannya cenderung tetap. Selain sungai, sumber daya air yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air adalah waduk-waduk yang tersebar hampir di seluruh wilayah Jawa Timur, jumlahnya ada 89 buah waduk.

Provinsi Jawa Timur memiliki jumlah mata air yang cukup banyak dan tersebar di seluruh wilayah sungai. Berdasarkan data Pengairan dalam Angka dari tahun 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 jumlah mata air yang ada masih tetap tidak mengalami perubahan yaitu sebanyak 4.389 mata air, yang memiliki debit rerata tahunan yang sama yaitu 73 m<sup>3</sup>/detik, serta memiliki volume tahunan 2.309 m<sup>3</sup>.

Jawa Timur dialiri dua buah sungai besar adalah Kali Brantas sepanjang ±320 km dan Bengawan Solo sepanjang 540 km. Keberadaan sungai tersebut berfungsi sebagai pengairan, prasarana transportasi antar daerah, bendungan, pembangkit energi, perikanan dan wisata. Selain dari sungai - sungai tersebut, keadaan hidrologis Jawa Timur juga ditentukan oleh adanya rawa - rawa maupun telaga, bendungan, waduk, mata air dan sumur bor (East Java 2015). Sungai Brantas merupakan sungai terpanjang kedua di Pulau Jawa, setelah Bengawan Solo. Penduduk yang tinggal di wilayah Sungai Brantas mencapai 15,2 juta orang (1999) atau 43% dari total penduduk Jatim, dan mempunyai kepadatan rata-rata 1,2 kali lebih tinggi dibandingkan rata-rata Jatim. Sungai Brantas berperan cukup besar dalam menunjang Provinsi Jatim sebagai lumbung pangan nasional antara tahun 1994–1997 (Wikipedia 2022).

Sungai Brantas berhulu di kaki Gunung Arjuno, tepatnya Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Sungai ini mengalir ke Kota Malang dan kemudian bertemu dengan Sungai Lesti di Kabupaten Malang, lalu mengalir ke Blitar dan bertemu dengan Sungai Ngrowo di Tulungagung, kemudian mengalir

ke Kediri dan bertemu dengan Sungai Widas di Kertosono (Gambar 3.1.6). Sungai ini juga mengalir ke Jombang dan bercabang menjadi dua di Mojokerto, yakni menjadi Kali Surabaya dan Kali Porong (Sinaro 2007). Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas mencapai 11.800 km<sup>2</sup> atau seperempat dari luas Provinsi Jawa Timur. Sungai sepanjang ± 320 km ini mengalir melingkari sebuah gunung berapi yang masih aktif, yakni Gunung Kelud. Secara spasial sebaran sungai-sungai tersebut disajikan dalam Gambar 3.1.6.



**Gambar 3.1.6** Sebaran wilayah Sungai Brantas secara sapsial di Jawa Timur  
*Sumber Foto : Profil Balai | Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (pu.go.id)*

Rerata curah hujan di wilayah sungai ini mencapai 2.000 mm per tahun dan dari jumlah tersebut sekitar 85% di antaranya jatuh pada musim hujan. Rerata potensi air permukaan di wilayah sungai ini sebesar 12 miliar m<sup>3</sup> per tahun, dan yang termanfaatkan baru sebesar 2,6 hingga 3,0 miliar m<sup>3</sup> per tahun (Wikipedia 2022).

Sungai Brantas memiliki fungsi yang sangat penting bagi Jawa Timur mengingat 60% produksi padi berasal dari areal persawahan di sepanjang aliran sungai tersebut. Akibat pendangkalan dan debit air yang terus menurun Sungai Brantas tidak bisa dilayari lagi. Fungsinya kini beralih sebagai irigasi dan bahan baku air minum bagi sejumlah kota disepanjang alirannya.

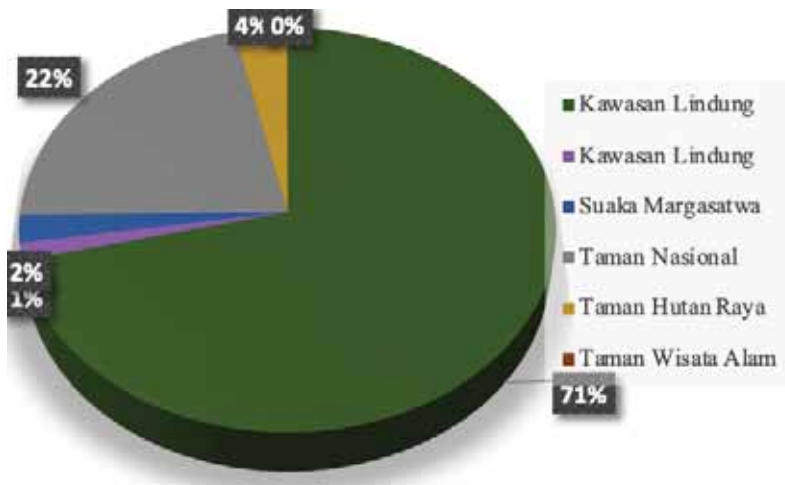
Daerah irigasi di Provinsi Jawa Timur seluas 214.478 ha berada di bawah kewenangan pusat yang terbagi dalam 22 daerah irigasi, dengan pembagian 10 daerah irigasi di Wilayah Sungai (WS) Brantas seluas 113.638 ha dan 12 daerah irigasi di luar WS Brantas seluas 100.840 ha. Daerah rigasi yang berada di bawah kewenangan provinsi sebanyak

183 dengan total luas 174.087 ha, dan di bawah kewenangan kabupaten/kota sebanyak 10.311 dengan luas total 533.034 ha (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 14/PRT/2015).

### 3.1.5 Flora dan Fauna

Secara topografi wilayah daratan Provinsi Jawa Timur dibedakan menjadi beberapa wilayah ketinggian, yaitu: (1) 0 – 100 mdpl: meliputi 41,4% dari seluruh luas wilayah dengan topografi relatif datar dan bergelombang, (2) 100 – 500 mdpl: meliputi 36,6% dari luas wilayah dengan topografi bergelombang dan bergunung, (3) 500 – 1.000 mdpl: meliputi 9,5% dari luas wilayah dengan kondisi berbukit, (4) lebih dari 1.000 mdpl: meliputi 12,6% dari seluruh luas wilayah dengan topografi bergunung dan terjal (Putera 2019).

Secara umum wilayah Provinsi Jawa Timur dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu tutupan lahan kawasan lindung dan lahan budidaya. Kawasan lindung seluas kurang lebih 578.374 ha atau sekitar 12% dari luas wilayah Provinsi Jawa Timur, termasuk kawasan lindung yang didalamnya terdapat cagar alam seluas kurang lebih 10.958 ha, suaka margasatwa seluas kurang lebih 18.009 ha, taman nasional seluas kurang lebih 176.696 ha, taman hutan raya seluas kurang lebih 27.868,3 ha serta taman wisata alam seluas kurang lebih 298 ha (SK Menteri Kehutanan Nomor 395/MenhutII/2011). Persentase masing-masing kawasan disajikan dalam Gambar 3.1.7.



Gambar 3.1.7 Persentase masing-masing kawasan di wilayah Provinsi Jawa Timur



Provinsi Jawa Timur memiliki zona vegetasi yang cukup lengkap mulai dari mangrove, hutan rawa, hutan dataran rendah hingga hutan dataran tinggi dan pegunungan di sepanjang barisan. Tipe vegetasi yang paling mendominasi di antara adalah hutan dataran tinggi yang tersebar di pegunungan. Menurut Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur (2020) hutan di Provinsi Jawa Timur menurut fungsinya dibagi menjadi empat kawasan hutan yang diantaranya hutan lindung seluas 344.742 ha, hutan konservasi seluas 233.632 ha, hutan produksi seluas 782.722 ha, dan hutan rakyat seluas 641.819 ha. Secara umum vegetasi alami di Provinsi Jawa Timur berada dalam kawasan pengelolaan taman nasional karena dalam kategori kawasan lindung dan konservasi. Taman Nasional yang terdapat di Provinsi Jawa Timur antara lain: Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS), Taman Nasional Baluran, Taman Nasional Meru Betiri, dan Taman Nasional Alas Purwo.

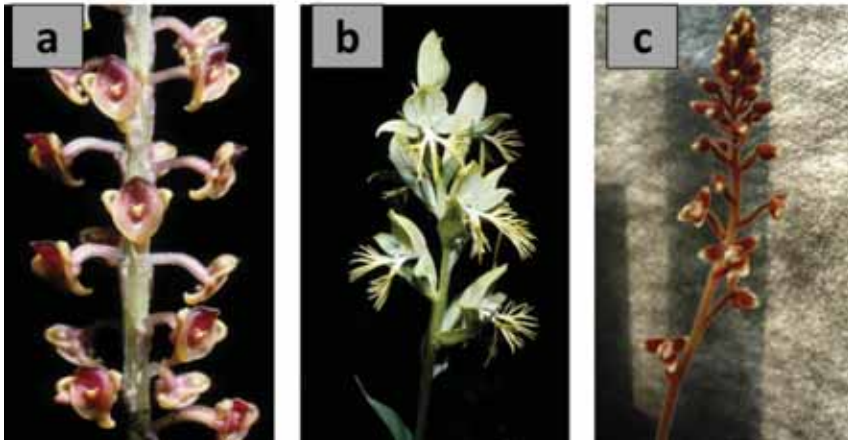
Vegetasi alami yang terdapat di dalam kawasan cagar alam/hutan lindung Provinsi Jawa Timur terdiri dari pohon dan semak endemik. Sebagai contoh vegetasi yang ditemukan di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) diperkirakan sebanyak 1.025 jenis flora dan 158 jenis fauna. Menurut Budiyantri (2015), beberapa flora pegunungan yang terdapat di TNBTS antara lain *Podocarpus imbricatus*, *P. nerifolius*, *Engelhardia spicata*, *Lithocarpus javanicus*, *Acer laurinum*, *Dodonaea viscosa*, *Sambucus javanicus*, *Homalanthus giganteus*, *Cyatea contaminans*, *Dycksonia* sp., *Scirpus mucronatus*, *Casuarina junghuhniana*, *Vaccinium varingaefolium*, dan *Albitzia lophanta*, jamuju (*Dacrycarpus imbricatus*), cemara gunung (*Casuarina* sp.), edelweis (*Anaphalis javanica*), berbagai jenis anggrek dan jenis rumput langka (*Styphelia pungieus*). Wulandari dan Kuntjoro (2019) juga menambahkan di dalam hasil penelitiannya bahwa jenis flora yang ditemukan di dalam kawasan cagar alam Besowo Gadungan Kabupaten Kediri diantaranya adalah cembirit (*Ervatamia divaricata*), kemiri (*Aleurites moluccana*), pule (*Alstonia scholaris*) dan rau (*Dracontomelon puberulum*), pohon beringin (*Ficus benjamina*), beringin pencekik (*Ficus annulata*), cengal pasir (*Hopea odorata*), kopi (*Coffea arabica*), pinus (*Pinus merkusii*), dan rasamala (*Altigia excelsa*).

Flora dan fauna khas yang terdapat di berbagai taman nasional di Provinsi Jawa Timur sebagai berikut (Hewanpedia.com):

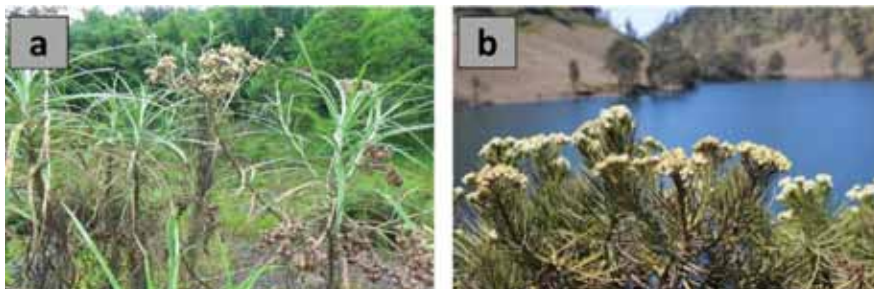
#### a. Taman Nasional Bromo Tengger Semeru

Di kawasan TNBTS terdapat 1.025 jenis flora, dan yang khas adalah jenis anggrek. Diperkirakan terdapat 158 jenis anggrek, 40 jenis diantaranya tergolong langka yaitu *Malaxis purpureonervosa* (endemik Semeru Selatan) dan *Habenaria tosariensis* (endemik TNBTS), dan jenis *Macodes pentola* merupakan anggrek yang dilindungi Undang-undang (Selain anggrek, di kawasan TNBTS juga dikenal sebagai "land of edelweis" karena di kawasan ini telah teridentifikasi tiga jenis edelweiss yaitu *Anaphalis longofilia*, *Anaphalis javanicus*, dan *Anaphalis viscida* )

Manfaat tanaman anggrek secara umum adalah digunakan sebagai simbol cinta, kemewahan, dan keindahan. Selain itu, bunga anggrek juga dapat dijadikan simbol kejantanan, sebagai bahan wewangian, dan juga dimanfaatkan sebagai tanaman obat.



**Gambar 3.1.8** Jenis anggrek yang ditemukan di kawasan TNBTS, a) *Malaxis purpureonervosa* (Sumber foto: IOSPE), b) *Habenaria tosariensis* (Sumber foto: IOSPE), c) *Macodes pentola* (Sumber foto: IOSPE)



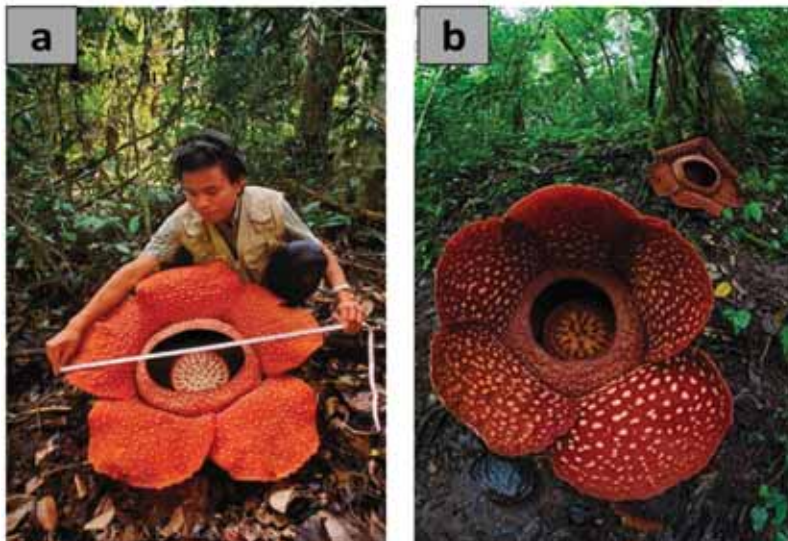
**Gambar 3.1.9** Jenis edelweis yang ditemukan di kawasan TNBTS, a) *Anaphalis longofilia* (Sumber foto: ECURED, 2023) b) *Anaphalis javanicus* (Sumber foto: Rizki Maulana Ishaq 2017)

Jenis fauna yang terdapat di taman nasional ini antara lain luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*), rusa (*Rusa timorensis*), monyet kra (*Macaca fascicularis*), kijang (*Muntiacus muntjak*), ayam hutan merah (*Gallus gallus*), macan tutul Jawa (*Panthera pardus melas*), anjing ajag (*Cuon alpinus*), merak (*Pavo cristatus*), dan kucing hutan (*Neofelis nebulosa*) dan berbagai jenis burung seperti alap-alap (*Accipiter virgatus*), rangkong (*Buceros rhinoceros*), elang-ular bido (*Spilornis cheela bido*), srigunting hitam (*Dicrurus macrocercus*), elang bondol (*Haliastur indus*), dan belibis yang hidup di Ranu Pani, Ranu Regulo, dan Ranu Kumbolo.

#### **b. Taman Nasional Meru Betiri**

Di kawasan Taman Nasional Meru Betiri ini terdapat hampir 520 jenis flora yang didominasi tanaman bunga dan obat-obatan. Jenis flora yang khas di taman nasional ini adalah bunga Raflesia (*Rafflesia zollineriana*) yang termasuk ke dalam jenis tumbuhan dilindungi dan merupakan flora endemik Taman Nasional Meru Betiri. Bunga Raflesia ini adalah tumbuhan parasite obligat yang terkenal karena memiliki bunga berukuran sangat besar, dikatakan bunga yang unik karena hanya berupa bunga mekar tanpa daun, akar, dan batang. *Rafflesia* memiliki jaringan yang mirip seperti fungsi akar yang disebut haustorium (

Manfaat bunga raflesia bagi kehidupan masyarakat sekitar kawasan taman nasional adalah dapat dijadikan bahan baku pembuatan obat yang berkhasiat untuk melancarkan persalinan, menghentikan pendarahan, dan melancarkan siklus menstruasi (Darmadja *et al.* 2011). Pandangan masyarakat yang mempercayai tumbuhan ini memiliki khasiat kesehatan sebagai obat tradisional dan juga dapat membantu meningkatkan pendapatan, maka tujuan ini bertolak belakang dengan aman Nasional Meru Betiri yang berusaha untuk melestarikan tumbuhan rafflesia, akibatnya tumbuhan ini rawan dicuri oleh masyarakat dan terancam punah (Fatmawati *et al.* 2018).



Gambar 3.1.10 Tumbuhan bunga raflesia (*Rafflesia zollineriana*) yang ditemukan di Taman Nasional Meru Betiri (Sumber foto: Wikipedia, 2023)

### c. Taman Nasional Alas Purwo

Di kawasan Taman Nasional Alas Purwo terdapat lebih dari 700 flora yang terdiri dari tumbuhan herba, semak, rumput, liana, dan pohon yang terbagi dalam 123 famili. Sekitar 40% dari total wilayah kawasan taman nasional ditumbuhi hutan bamboo. Jenis flora yang khas dan endemik yang ditemukan di Taman Nasional Alas Purwo adalah sawo kecik (*Manilkara kauki* L. Dubard) dan bamboo manggong (*Gigantochloa manggong*) (Taman Nasional Alas Purwo 2017)



**Gambar 3.1.11** (a) Sawo kecil (*Manilkara kauki* L. Dubard) sumber foto: Neha Pathil 2022 dan (b) bamboo manggong (*Gigantochloa manggong*) sumber foto: Bhre Polo 2015) adalah jenis flora khas Taman Nasional Alas Purwo

Berdasarkan hasil penelitian Widyaningtyas (2006), masyarakat sekitar taman nasional menggunakan bambu manggong karena jumlahnya melimpah, tersebar secara mengelompok, mempunyai struktur batang yang kokoh, memiliki jarak antar ruas yang pendek/dekat, mempunyai motif bagus dan terlihat unik jika sudah tua, mempunyai dinding batang yang tidak terlalu tebal sehingga mudah untuk dibelah dan digunakan, serta tingkat ketahanannya lebih tinggi dan lebih awet. Bambu manggong ini cocok digunakan untuk bahan bangunan, tiang, dinding, peralatan dapur, alat musik, hingga bahan makanan. Secara ekologi, bambu memberikan manfaat lingkungan yang cukup besar yakni dapat menjaga tata kelola air di dalam tanah. Hal ini dikarenakan sistem perakarannya yang sangat rapat dan menyebar ke segala arah akan membuat lahan/tanah yang ditumbuhi bambu lebih kuat dan tidak mudah tererosi, serta air akan lebih mudah untuk terserap ke dalam tanah.

Disamping kaya akan jenis-jenis flora, Taman Nasional Alas Purwo juga kaya akan jenis-jenis fauna daratan, baik kelas mamalia, aves dan herpetofauna (reptil dan amfibi). Sampai saat ini teridentifikasi 45 jenis mamalia di Taman Nasional Alas Purwo. Jenis faunanya adalah macan tutul (*Panthera pardus*), banteng (*Bos javanicus*), burung merak (*Pavo cristatus*), ayam hutan hijau (*Gallus varius*), dan lutung (*Trachypithecus auratus*, babi hutan (*Sus scrofa*), dan kijang (*Muntiacus muntjak*).

#### d. Taman Nasional Baluran.

Di kawasan Taman Nasional Baluran terdapat sekitar 444 jenis flora yang tergolong ke dalam 87 famili meliputi 24 jenis tumbuhan eksotik, 265 jenis tumbuhan penghasil obat dan 37 jenis tumbuhan yang hidup pada ekosistem mangrove. Flora di kawasan Taman Nasional Baluran terbilang unik karena kemampuan beradaptasi pada kondisi yang sangat kering saat musim kemarau. Jenis flora yang khas di Taman Nasional Baluran adalah pohon widoro bekol (*Ziziphus mauritiana*), tumbuhan mimba, dan pohon pilang.

Menurut Anjarwati (2023), manfaat pohon widoro bekol/bidara (*Ziziphus mauritiana*) adalah buahnya dapat dimakan langsung atau diolah menjadi minuman, daun yang masih muda dapat dijadikan sayuran, sedangkan daun tua digunakan pakan ternak. Selain itu, rebusan daun bidara ini dapat digunakan jamu, dan obat. Kayunya dapat digunakan sebagai bahan kontruksi, perkakas rumah tangga, dan peralatan lainnya. Dalam hal budaya dan agama, daun bidara ini dipercaya dapat mengusir makhluk halus dan juga digunakan untuk memandikan mayat/jenazah agar najisnya hilang.

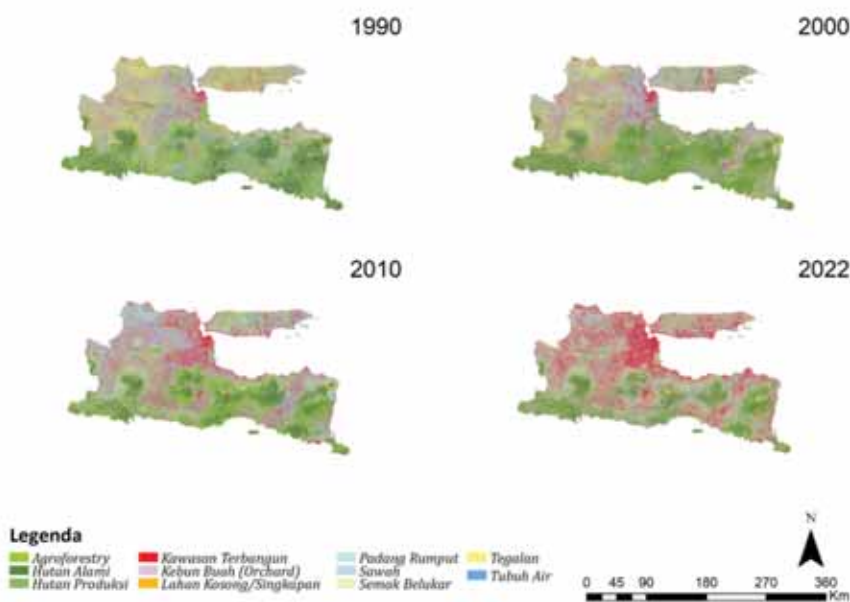


**Gambar 3.1.12** Pohon widoro bekol (*Ziziphus mauritiana*) yang ditemukan di Taman Nasional Baluran (Sumber foto: Wikimedia 2023)

## 3.2 Alih Guna Tutupan Lahan dari Waktu ke Waktu

Sebaran penggunaan lahan di Jawa Timur sangat dipengaruhi oleh proses geomorfik di masa lampau yang menyebabkan terbentuknya beberapa pola persebaran penggunaan lahan. Penggunaan lahan (*land use*) merupakan cerminan kegiatan manusia yang dilakukan di atas lahan dalam usaha untuk memenuhi kehidupannya. Penggunaan lahan merupakan hasil kegiatan manusia yang dipengaruhi oleh keadaan alam (fisik) beserta keadaan sosial ekonomi di suatu wilayah. Berbagai jenis penggunaan lahan di suatu wilayah dapat mencirikan kegiatan masyarakatnya dan mempengaruhi keberlanjutan lahan. Meningkatnya berbagai kepentingan manusia menjadikan lahan menjadi salah satu sumberdaya yang rentan dengan perubahan fungsi dan penggunaan. Perubahan ini terjadi secara masif di berbagai penjuru dunia.

Jenis penggunaan lahan yang teridentifikasi di Provinsi Jawa Timur dibedakan menjadi sebelas (11) kategori, yaitu: (a) lahan kosong, (b) hutan alami, (c) semak belukar, (d) padang rumput, (e) hutan produksi, (f) agroforestri, (g) kebun buah (*orchard*), (h) tegalan, (i) sawah, (j) kawasan terbangun dan (k) tubuh air (Gambar 3.2.1).



Gambar 3.2.1 Peta penggunaan lahan Jawa Timur tahun 1990, 2000, 2010 dan 2022

Luasan masing-masing tipe penggunaan lahan di Jawa Timur pada tahun 1990 hingga 2022 disajikan dalam Tabel 3.2. Ternyata di Jawa Timur terjadi alih guna lahan dalam kurun waktu 32 tahun terakhir pada masing-masing tipe penggunaan lahan. Hutan alami dan hutan produksi mengalami penurunan luas sekitar 9% dan 1% selama 32 tahun. Penurunan juga terjadi di lahan agroforestri sebesar 2% dan sawah sekitar 4%. Penurunan ini diakibatkan oleh alih fungsi lahan menjadi kebun buah (4%), tegalan (1%) dan kawasan terbangun (10%)

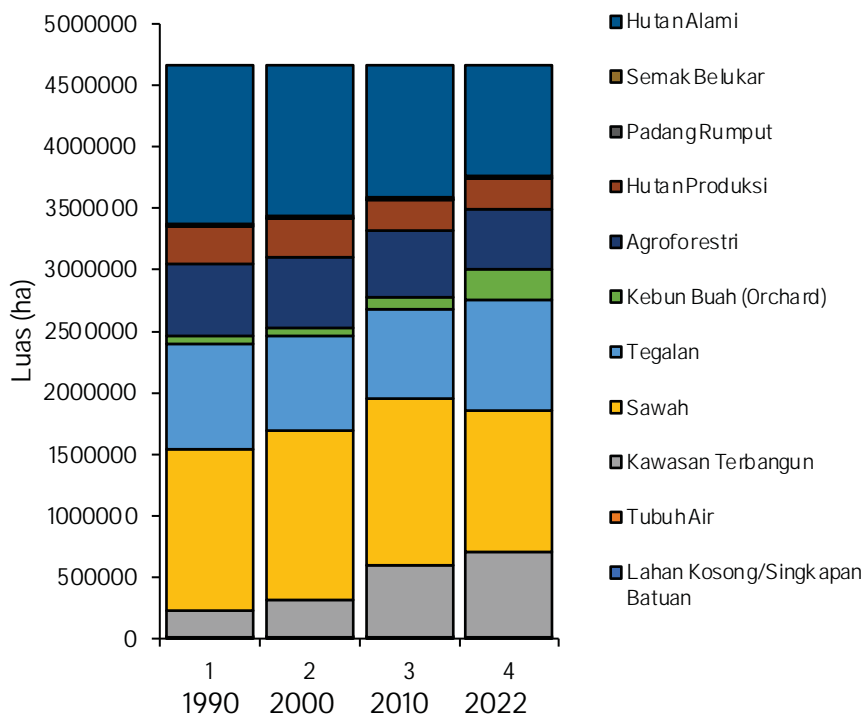
**Tabel 3.2.1. Luasan masing-masing penggunaan lahan tahun 1990, 2000, 2010 dan 2022**

No	Tipe penggunaan lahan	Luas (ha)			
		1990	2000	2010	2022
1	Lahan kosong/ singkapan batuan	8.553	7.863	9.142	7.970
2	Hutan alami	1.290.174	1.230.861	1.080.302	902.543
3	Semak belukar	14.940	19.246	15.819	16.794
4	Padang rumput	5.674	5.050	4.882	2.732
5	Hutan produksi	310.714	313.903	250.301	256.834
6	Agroforestri	579.812	566.234	534.636	487.940
7	Kebun buah/ <i>orchard</i>	67.941	72.072	100.787	248.177
8	Tegalan	857.747	771.587	725.054	899.620
9	Sawah	1.308.127	1.374.252	1.356.300	1.142.725
10	Kawasan terbangun	218.983	304.097	587.237	699.400
11	Tubuh air	4.584	2.084	2.789	2.514
<b>Total</b>					<b>4.667.249</b>



Di Jawa Timur telah terjadi alih fungsi hutan alami menjadi penggunaan lainnya. Luasan tutupan hutan alami mengalami penurunan luasan sebanyak 59,31 ha tahun 2000, seluas 150,56 ha tahun 2010 dan 177,75 ha tahun 2020. Luasan hutan produksi turun dari 2000 hingga 2010 sebanyak 63,60 ha. Berkurangnya luasan lahan hutan alami dan hutan produksi karena dialih fungsikan menjadi lahan agroforestri, kebun ataupun tegalan. Selain itu, tipe penggunaan lahan agroforestri, sawah dan tubuh air juga mengalami penurunan luasan karena berubah menjadi tegalan.

Lahan kosong/singkapan batuan dan semak belukar menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan luasan secara bergantian tiap tahunnya. Kebun buah (*orchard*) dan tegalan mengalami peningkatan luasan tiap 10 tahun. Pola alih guna lahan Jawa Timur mulai tahun 1990 hingga 2022 disajikan dalam Gambar 3.2.2.



Gambar 3.2.2 Luas masing-masing penggunaan lahan di Jawa Timur tahun 1990, 2000, 2010 dan 2022

Berkurangnya lahan agroforestri karena dialih gunakan menjadi kebun buah (*orchard*) dan tegalan. Hal ini terjadi karena petani lebih memilih membudidayakan tanaman semusim yang lebih cepat mendapatkan pemasukan dari hasil produk tanaman pangan dan semusim. Produk tanaman pangan dan semusim lebih banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari sehingga lebih mudah mendapatkan pasarnya. Selain itu rantai pasar dari produk tanaman pangan dan semusim lebih panjang dibandingkan dengan tanaman berkayu. Hal ini yang menjadikan alasan terkuat perubahan lahan agroforestri menjadi lahan tegalan dengan komoditas tanaman pangan ataupun tanaman semusim. Hingga tahun 2022 luasan lahan agroforestri di Jawa Timur masih mencapai 487.940 ha.

## 3.3 Sistem Penggunaan Lahan

### 3.3.1 Dari Pesisir ke Pegunungan

---

Zona pesisir di Jawa dan Sumatra telah menjadi bagian dari pencampuran budaya yang aktif selama setidaknya seribu tahun. Pencampuran dalam budaya pesisir, masyarakat dan elemen budaya dari kelompok Sulawesi, India, Arab, Cina, Portugis, dan kemudian Inggris dan Belanda. Titik awal penyebaran Islam di Indonesia adalah di pesisir, sementara kerajaan-kerajaan di pedalaman sudah sejak lama mempertahankan budaya Hindu dan Budha. Sementara di lereng gunung yang lebih tinggi, terdapat budaya yang lebih tua yaitu Suku Tengger di Pegunungan Bromo/Semeru (Hefner 1990).

Pada abad ke-19 kepadatan penduduk berkembang pesat, sehingga terjadi perubahan cukup besar, dimana daerah dataran rendah pesisir berubah menjadi daerah produksi padi primer, dan irigasi teknis meningkat. Sementara dataran tinggi menjadi sasaran perkebunan kolonial, dimana 'sistem budidaya' memaksa masyarakat lokal di seluruh Jawa untuk mengalokasikan waktu dan lahannya untuk keperluan mengekspor produk-produk tanaman perkebunan seperti kopi dan tebu.

Pada masa kemerdekaan sebagian perkebunan swasta dinasionalisasikan (aset pribadi atau aset yang dimiliki oleh tingkat pemerintahan yang lebih rendah yang ditransfer menjadi milik negara) masih dikelola sebagai PTPN, sebagian lagi dipecah-pecah sebagai bagian dari *land reform*. Karena hutan di lereng yang lebih tinggi telah menjadi tempat persembunyian bagi mereka yang tidak bersekutu dengan pemerintah arus utama, tentara terlibat dalam mengendalikan gerakan Islamis dan komunis – dan setelah mereka berhasil, lahan hutan menjadi milik jenderal (misalnya di Jawa Barat) atau negara. Perusahaan hutan (Perum Perhutani) yang menanam pohon pinus di tanah yang lebih miskin, sedang mahoni ditanam di lokasi yang lebih baik, dan jati di daerah kapur yang lebih kering. Hubungan antara Perum Perhutani dan masyarakat setempat tetap

tegang di banyak tempat, karena konflik batas hutan sulit dikompromikan (Kartasubrata 1984, Filius 1986). Setelah pergantian kekuasaan negara pada tahun 1998, kawasan hutan yang luas diklaim oleh masyarakat setempat. Selanjutnya upaya baru dilakukan untuk merancang skema 'pengelolaan hutan berbasis masyarakat' yang memungkinkan kegiatan memproduksi kopi, pakan ternak dan/atau sayuran yang digabungkan dengan tutupan pohon yang ada sekaligus bertujuan untuk konservasi hutan. Hutan pegunungan yang tersisa terus berada di bawah tekanan pemanenan yang berlebihan, kejadian kebakaran dan konversi menjadi lahan pertanian (Smiet 1992).

## 3.4 Kondisi Sosial-Kelembagaan dan Budaya

### 3.4.1 Sejarah Persebaran Penduduk

---

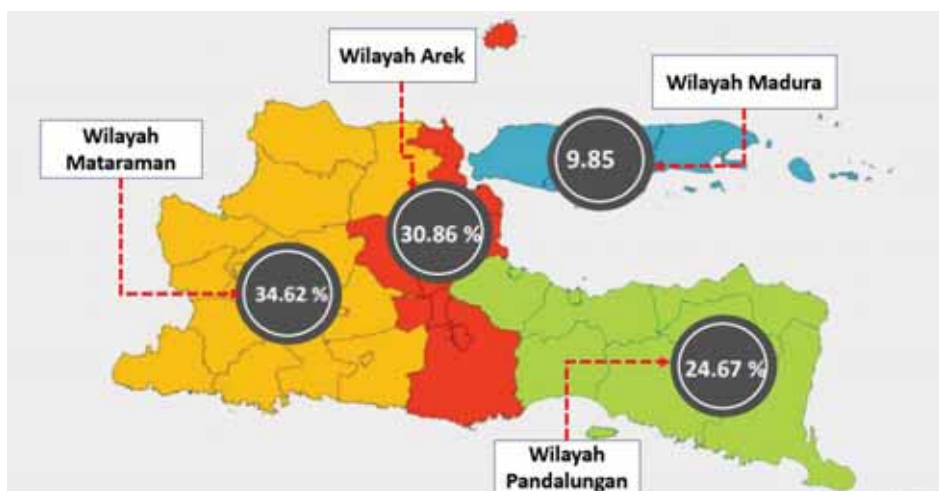
Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang terletak di Pulau Jawa dan merupakan satu dari delapan provinsi pertama di Indonesia. Provinsi ini menempati peringkat kedua dalam hal jumlah penduduk terbanyak di Indonesia yaitu 40.665.696 jiwa (Okta 2022). Provinsi Jawa Timur yang berdiri sudah lama sejak 12 Oktober 1945 hanya selisih beberapa hari dengan Hari Proklamasi Kemerdekaan Indonesia. Provinsi tersebut sudah banyak ditempati oleh banyak penduduk, baik penduduk asli Jawa Timur maupun pendatang. Kepadatan penduduk dan luas wilayahnya menjadikan Provinsi Jawa Timur sebagai wilayah yang kaya akan suku dan bahasa. Berdasarkan persebaran suku di Jawa Timur mayoritas dihuni dari Suku Jawa, Madura, Tengger, Bawean, dan Osing yang memiliki mata pencaharian di bidang pertanian. Kelima suku tersebut merupakan penduduk Jawa Timur asli, dan masih ada suku lainnya seperti Tionghoa yang merupakan pendatang yang menetap di Jawa Timur (Ade 2019).

Menurut Sutarto (2004) secara garis besar di Provinsi Jawa Timur dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok besar wilayah suku/budaya, yang diantaranya:

- 1 **Budaya Mataraman:** wilayahnya meliputi Kabupaten Ngawi, Kabupaten dan Kota Madiun, Kabupaten Pacitan, Kabupaten Magetan, Kabupaten dan Kota Kediri, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Tulungagung, Kabupaten dan Kota Blitar, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Tuban, Kabupaten Ponorogo dan Kabupaten Bojonegoro.
- 2 **Budaya Arek:** wilayahnya meliputi Kota Surabaya, Kabupaten dan Kota Malang, Kabupaten dan Kota Mojokerto, Kabupaten Gresik, Kabupaten Sidoarjo, Kota Batu dan Kabupaten Jombang.

- 3 **Budaya Madura:** wilayahnya meliputi Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan dan Sumenep
- 4 **Budaya Pandalungan:** wilayahnya meliputi Kabupaten dan Kota Pasuruan, Kabupaten dan Kota Probolinggo, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Jember, Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Banyuwangi

Dilihat dari wilayah budayanya, sebaran penduduk Provinsi Jawa Timur paling besar terdapat pada kelompok Mataraman yaitu sebesar 34,62%, kemudian diikuti Budaya Arek sebesar 30,86%, Pandalungan sebesar 24,67%, dan Madura sebesar 9,85% (Gambar 3.4.1).



**Gambar 3.4.1** Sebaran penduduk Provinsi Jawa Timur berdasarkan kelompok budaya (Berita Resmi Statistik 2021)

Berita Resmi Statistik (BRS) hasil sensus penduduk tahun 2020, pada tahun 1971 Provinsi Jawa Timur berpenduduk sekitar 25,5 juta jiwa. Berdasarkan hasil survei penduduk nasional tahun 1980, jumlah penduduk Jawa Timur sudah mencapai 29,2 juta jiwa. Setelahnya setiap periode sepuluh tahunan survei penduduk diulang kembali (tahun 1990, 2000, 2010), diperoleh hasil masih terjadi kenaikan jumlah penduduk di Provinsi Jatim, tetapi persentase laju pertumbuhannya menurun dibandingkan dengan periode sebelumnya. (Gambar 3.4.2). Sekitar lebih dari 50% penduduk di Jawa Timur tinggal di desa, namun pada tahun 1980 meningkat menjadi sekitar 80% dan pada tahun 2010 menurun menjadi 52%. Berbeda halnya dengan penduduk yang tinggal di kota lebih sedikit pada tahun 1980, namun mengalami peningkatan menjadi 48% pada tahun 2010.



Gambar 3.4.2 Perkembangan jumlah penduduk Provinsi Jawa Timur (Berita Resmi Statistik 2021)

### 3.4.2 Sejarah Perkembangan Perkebunan

Sejarah perkebunan di Indonesia tidak lepas dari pengaruh *Vereenigde Oost Indische Compagnie* (VOC), yang mana perkembangan perkebunan itu sendiri muncul sejak zaman tersebut. Dalam sejarah bangsa Indonesia dari masa kolonialisme sampai dewasa ini, sektor perkebunan tidak dapat dipisahkan dan memiliki arti yang sangat penting bagi perekonomian dan kehidupan sosial masyarakat di berbagai wilayah Indonesia. Bidang perkebunan mampu menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki ketahanan ekonomi yang baik. Perkebunan pada awal perkembangannya hadir sebagai sistem perekonomian baru yang semula dikenal yaitu sistem perekonomian pertanian komersial yang bercorak kolonial. Dalam sistem kolonial perkebunan diwujudkan dalam bentuk usaha pertanian skala besar dan kompleks, bersifat padat modal, penanaman tanaman komersial, dan penggunaan areal pertanian luas.

Luas areal perkebunan sangat relatif dan bergantung pada volume komoditas yang dihasilkan. Perkebunan membutuhkan luas lahan minimal untuk mempertahankan keuntungan melalui sistem produksi yang berlaku.

Berdasarkan data dari Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur (2012) luasan areal perkebunan Jawa Timur pada tahun 2011 secara keseluruhan mencapai 1.028.708 ha dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 1,1% sejak tahun 2007. Pada kurun waktu 2009-2013 luas total areal perkebunan di Jawa Timur bertambah dari semula 975.890 ha menjadi 1.029.511 ha atau bertambah luas rata-rata 1,25% per tahun. Komoditas dengan areal yang luas seperti tebu, kelapa, tembakau, kopi dan kakao umumnya dimiliki oleh petani (Tabel 3.4.1). Hal ini menunjukkan bahwa perkebunan di Jawa Timur merupakan agribisnis berbasis rakyat, sehingga sangat mengakar di masyarakat. Lebih dari 85% areal tersebut diusahakan langsung oleh petani yang memiliki peran penting sebagai sumber pendapatan petani, penyerapan lapangan kerja dan sumber pendapatan bagi daerah. Sentra perkebunan di Jawa Timur telah menjadi magnet bagi masyarakat sekitar untuk melakukan aktivitas ekonomi sehingga peran sektor perkebunan di Jawa Timur sangat signifikan dalam menggerakkan ekonomi masyarakat.

**Tabel 3.4.1 Perkembangan areal komoditas perkebunan di Provinsi Jawa Timur pada periode 2009-2013**

No	Komoditas	Realisasi luas areal perkebunan (ha)				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Tembakau	112.007	109.250	130.824	154.141	95.651
2	Kopi	95.216	95.266	99.122	100.847	102.162
3	Kakao	54.007	54.657	61.169	63.040	65.125
4	Kelapa	293.644	293.750	297.207	297.632	298.540
5	Tebu	186.025	203.484	197.762	203.484	223.150
6	Cengkeh	41.474	42.007	43.876	46.092	47.226
7	Jambu mete	48.284	48.284	51.234	52.903	54.062
8	Lain-lain	145.233	147.931	147.514	141.623	143.649
<b>Jumlah</b>		<b>975.890</b>	<b>984.115</b>	<b>1.028.708</b>	<b>1.060.572</b>	<b>1.029.511</b>

Sumber: Renstra Pembangunan Perkebunan tahun 2015-2019

Perkembangan luas tutupan lahan berdasarkan komoditas unggulan di Provinsi Jawa Timur menunjukkan bahwa luas perkebunan kelapa dan kopi mendominasi perkebunan di Provinsi Jatim. Berdasarkan data BPS (2018) produksi tanaman perkebunan menurut jenis tanaman di seluruh kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur, menunjukkan bahwa komoditas kelapa terbesar 244.057 ton, karet sebesar 27.749 ton, kopi sebesar 66.661 ton, kakao sebesar 34.119 ton, dan tembakau sebesar 126.074 ton. Sektor perkebunan Jawa Timur setiap tahun terus memberikan kontribusi bagi Pendapatan Domestik Regional Bruto – Atas Dasar Harga Konstan (PDRB (ADHK) Jawa Timur dengan menyumbang rata-rata sebesar Rp7,84 triliun dan Pendapatan Domestik Regional Bruto – Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB ADHB) memberikan kontribusi sebesar Rp18,26 triliun terhadap PDRB Jawa Timur.

#### *Box 3.4.1 Enam isu pembangunan perkebunan saat ini*

Dalam Rencana Strategis Perkebunan 2015–2019, mengacu pada RPJMD Jawa Timur dan isu strategis pembangunan perkebunan saat ini, ada 6 (enam) isu strategis dalam pembangunan perkebunan, yaitu:

(a) produktivitas dan mutu yang masih rendah; (b) semakin terbatasnya lahan yang subur untuk budidaya perkebunan; (c) rendahnya kandungan bahan organik tanah; (d) masih terbatasnya sarana prasarana perkebunan; (e) masih tingginya serangan hama penyakit dan gangguan usaha komoditi perkebunan; dan (f) rendahnya kemampuan kelembagaan petani dalam akses teknologi, informasi pasar, permodalan dan kemitraan.

Berdasarkan Renstra Tahun 2015–2019, Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur merencanakan program dan kegiatan pembangunan perkebunan selama kurun waktu 2015–2019 yang disusun dengan mengacu kepada program prioritas yang tercantum dalam rancangan awal RPJMD Provinsi Jawa Timur.

### **3.4.3 Kelembagaan DAS Brantas dan Rejoso**

Kelembagaan berperan penting dalam pengelolaan kawasan DAS, karena berfungsi dalam mengatur pengelolaan sumberdaya alam agar tetap berkelanjutan. Adanya kelembagaan dapat menjadi dasar dalam melaksanakan program-program dalam menghadapi kendala dan tantangan dalam pengelolaannya. Aminah (2018) menjelaskan bahwa kelembagaan yang aktif akan cenderung memberikan dampak positif terhadap kedinamisan kelompok.

Dalam pengelolaan DAS perlu menyusun rekomendasi kebijakan pengelolaan sumberdaya air di wilayah DAS Brantas dan Rejoso. Kawasan DAS Brantas yang ada di wilayah Sumber Brantas, Cangar dan Kawasan DAS Rejoso yang ada di wilayah Kabupaten Pasuruan dikelola oleh Badan Pengelola DAS (BPDAS) Brantas. Beberapa lembaga yang berperan dalam pengelolaan kawasan DAS di tingkat provinsi adalah Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur, Balai Pengelolaan Sumberdaya Air (Balai PSDA), Perum Jasa Tirta I, Panitia Tata Pengaturan Air (PTPA), Panitia Irigasi, dan Himpunan Petani Pemakai Air (Hippa). Organisasi dan tanggung jawab Dinas Pengairan diatur dalam Peraturan Daerah Tingkat I Provinsi Jawa Timur (PERDA Tingkat I) Nomor 23 Tahun 2003. Tugas utama Balai PSDA adalah melaksanakan bagian gugus tugas Dinas Pengairan dalam pengelolaan air permukaan di wilayah DAS. Keberadaan dan fungsi Balai PSDA diatur dalam PERDA Tingkat I Nomor 59 Tahun 1994. Organisasi maupun tugas PTPA dan Panitia Irigasi dikuatkan dalam Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Provinsi Jawa Timur Nomor 59 Tahun 1994 dan Nomor 180 Tahun 1992. Dalam melaksanakan tugasnya, PTPA didukung oleh Panitia Pelaksana Tata Pengaturan Air (PPTPA) yang ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Provinsi Jawa Timur Nomor 131 Tahun 1997 (Dwiastuti 2006).

#### **3.4.4 Kali Konto sebagai Percontohan Program DAS Nasional**

---

Sementara buku ini menekankan pegunungan sebagai unit analisis, kebanyakan orang tinggal di lembah-lembah di antaranya, seperti Kali Konto antara Gunung Kelud, Anjasmoro dan Kawi/Panderman, atau Brantas hulu di Batu, antara Gunung Anjasmoro, Arjuna dan Kawi/Panderman. Karena di Kali Konto dibangun waduk untuk pembangkit listrik tenaga air, sedimentasi yang terus berlangsung menjadi masalah besar. Sebagai salah satu dari tiga proyek pengelolaan DAS nasional pada tahun 1980-an (yang lainnya adalah Sungai Solo di Jawa Tengah dan Ciamis di Jawa Barat) Kali Konto menjadi target upaya untuk menghadirkan analisis spasial, ekologi, sosial dan ekonomi terbaik guna disajikan 'skenario' untuk dipilih pemerintah (Universitas Brawijaya 1984, Thalen dan Smiet 1985, Lemckert 1987, van den Hoek 1992). Skenario yang dipilih memprioritaskan peluang mata pencaharian petani, daripada memaksimalkan kinerja ekologi atau ekonomi. Penelitian ini mencoba mengklarifikasi antara empat sumber (erosi lapangan di bidang pertanian, pengelolaan zona hutan, tepi jalan dan tepi sungai, dan letusan gunung berapi) yang berkontribusi utama terhadap sedimentasi waduk (Rijsdijk *et al.* 2007), karena hal tersebut menjadi sebuah perdebatan yang masih berlanjut.



### 3.4.5 Geografi Ekonomi

---

Dataran rendah dengan tanah yang subur dan kesempatan untuk irigasi selalu menjadi prioritas dalam kebijakan pertanian dan ketahanan pangan, termasuk di wilayah Brantas. Sementara, lokasi yang lebih tinggi menawarkan kesempatan untuk menanam sayuran, apel, jeruk dan industri susu sedang berkembang. Dengan akses jalan yang baik, semua bagian pegunungan Jawa Timur, di luar taman nasional dan hutan konservasi lainnya di lereng curam dan puncak gunung, telah terintegrasi dalam pasar nasional (domestik), dengan partisipasi pasar internasional di mana muncul peluang (seperti 'porang'). Namun, pekarangan dan beragam sistem agroforestri masih mendukung segmen 'subsisten' (kebutuhan lokal) dalam ekonomi (informal).

### 3.4.6 Perkembangan sosial Daerah Hilir: Surabaya sebagai Mercusuar Turisme

---

Perkembangan suatu kota salah satunya dipengaruhi oleh tingginya arus migrasi penduduk yang menyebabkan meningkatnya angka urbanisasi. Pesatnya perkembangan kota Surabaya bagian dari daerah hilir merupakan faktor penarik bagi penduduk dari luar kota Surabaya untuk berurbanisasi dan menetap. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya penambahan jumlah penduduk yang akan terus menuntut peningkatan ketersediaan jumlah permukiman, apartemen, hotel, pusat perdagangan, dan industri baik di daerah Surabaya Barat maupun di daerah Surabaya Timur. Berdasarkan hasil sensus penduduk terbaru tahun 2020 oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Surabaya, jumlah penduduk kota Surabaya mencapai 2.874.314 jiwa. Jumlah ini meningkat jika dibandingkan dengan hasil sensus penduduk tahun 2010.

Kota Surabaya telah melakukan berbagai pembangunan dan pengembangan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Salah satunya adalah Pembangunan di wilayah pesisir Surabaya Timur yang sebagian besar merupakan areal tambak dan hutan mangrove. Banyaknya penduduk yang ingin hidup atau pindah ke kota Surabaya ini dengan harapan bahwa tinggal di kota akan dapat meningkatkan kesejahteraan hidup mereka. Hal ini jika ditinjau dari segi ketersediaan fasilitas pelayanan umum tentunya secara kualitas maupun kuantitas dapat dikatakan lebih baik. Dalam hal ini, fasilitas pelayanan yang dimaksud adalah kemudahan akses yang diperoleh oleh masyarakat untuk melaksanakan berbagai aktivitas seperti aktivitas ekonomi yang meliputi tersedianya sentra-sentra perdagangan, perbankan hingga asuransi. Selain itu, keanekaragaman kegiatan sosial dan ekonomi di perkotaan (Kota Surabaya) lebih dominan dengan kegiatan ekonomi di sektor industri dan jasa,

sedangkan kegiatan pertanian relatif terbatas. Kegiatan sosial seperti sekolah, rumah sakit, tempat hiburan hingga taman kota serta infrastruktur yang memadai seperti jalan raya, angkutan umum, penyediaan air bersih, listrik, telepon, dan lain-lain.

Berdasarkan publikasi Pemerintah Kota Surabaya 2022, sebagai kota bisnis, banyak wisatawan berkunjung ke Kota Surabaya baik untuk kepentingan bisnis maupun berwisata. Dalam rangka mendukung aktivitas tersebut, fasilitas hotel berbagai kelas mulai dari yang terjangkau dan ekonomis hingga yang berbintang terdapat di Kota Surabaya. Berdirinya banyak pusat perbelanjaan modern di kota Surabaya tidak membuat pasar tradisional ditinggalkan, bahkan pasar tradisional tersebut menjadi pilihan sebagian besar masyarakat karena harga yang murah, suasana keakraban, serta seni tawar-menawar selalu menjadi daya pikat pasar tradisional ketimbang pasar modern.

# **BAGIAN II**

## **AGROFORESTRI KHAS PEGUNUNGAN JENDELA JAWA TIMUR**



## Bab 4.

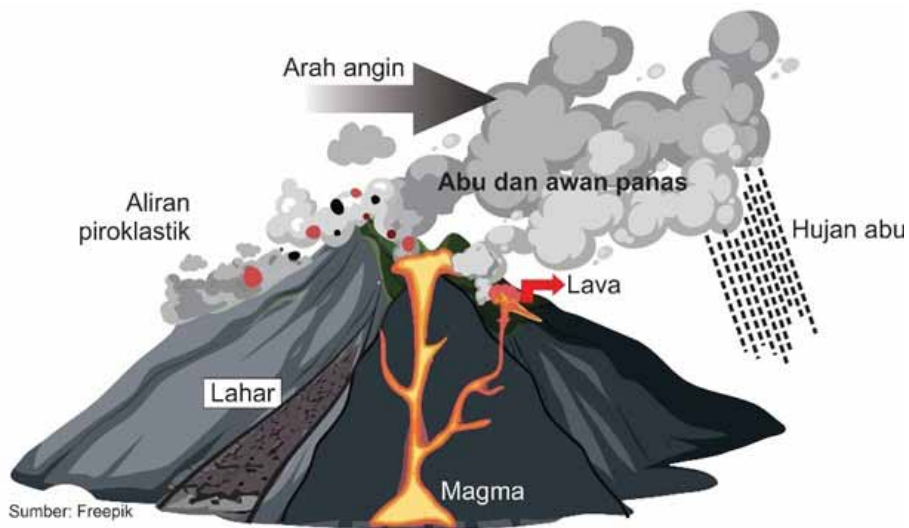
# AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG KELUD

*Kurniatun Hairiah, Rizki Maulana Ishaq, Danny Dwi Saputra, Eka Purnamasari dan Syahrul Kurniawan*

## 4.1 Pengantar

Indonesia memiliki banyak gunung berapi baik yang masih aktif ataupun sudah tidak aktif lagi dengan segala bentuk keindahan dan keunikannya, sehingga menarik banyak wisatawan baik domestik maupun manca negara untuk berkunjung ke daerah-daerah pegunungan. Bagi petani, keberadaan gunung berapi aktif akan memberikan manfaat besar untuk jangka panjang, terutama dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas lahannya. Berkah dari gunung berapi akan berdatangan setelah erupsi yang kadang-kadang merenggut banyak nyawa manusia, hewan dan menimbulkan kerusakan di lahan-lahan pertanian dan kerusakan fisik lainnya. Namun demikian, manfaat erupsi gunung berapi bisa dinikmati masyarakat luas dalam waktu yang lama dengan hitungan tahun bahkan ratusan tahun, bergantung pada intensitas gangguan dan tingkat kerentanan lahan. Lahan-lahan dengan berbagai tingkat keanekaragaman tanaman yang ditanam menunjukkan tingkat kerusakan yang bervariasi antar lokasi, tergantung pada jaraknya terhadap pusat erupsi, kondisi tutupan lahan dan juga arah angin.

Erupsi gunung berapi sering terjadi di Indonesia, mengeluarkan aneka macam bahan letusan yang berdampak luas terhadap lingkungan dan kehidupan di sekitarnya (**Error! Reference source not found.**) baik untuk jangka pendek maupun panjang. Penambangan sejumlah besar abu vulkanik setelah erupsi memberikan pendapatan tambahan bagi masyarakat di sekitarnya. Namun demikian, diperlukan sarana dan prasarana transportasi yang lebih tinggi dari pada sebelum erupsi, yang berpotensi menambah emisi karbon dari bahan bakar fosil yang dibakar. Selain itu, penyebaran abu vulkanik juga dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi kesuburan tanah. Kajian tentang perubahan kondisi fisik pada berbagai fase pascaerupsi akan banyak dibahas dalam bab ini.



**Gambar 4.1.1** Ilustrasi erupsi gunung berapi (Ilustrasi: E. Purnamasari ©freepik)

Tulisan ini berisi beberapa hasil penelitian tim peneliti Agroforestri Tropik, Universitas Brawijaya, Malang terkait dengan upaya pengembangan agroforestri di daerah pegunungan yang tidak akan pernah luput dari bencana erupsi, dan upaya mereklamasinya.

## 4.2 Kondisi Umum di Lereng Gunung Kelud

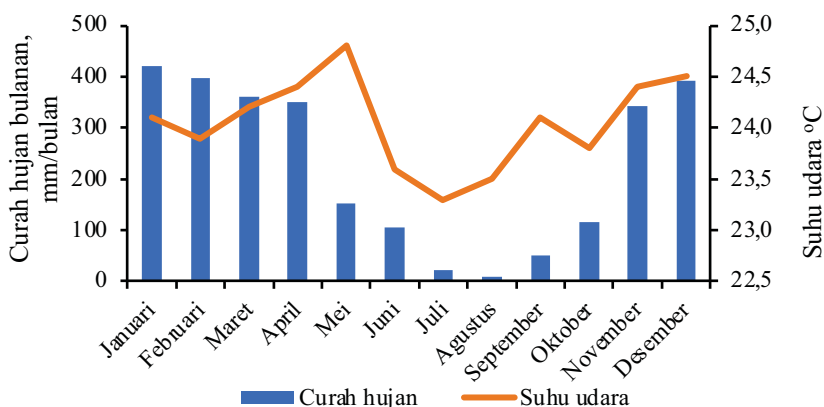
### 4.2.1 Karakteristik Wilayah

Gunung Kelud adalah salah satu gunung api paling aktif di Pulau Jawa, merupakan gunung api bertipe stratovolcano yaitu hasil proses tumbukan antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng Asia (Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi 2014). Gunung Kelud menjulang tinggi mencapai 1.731 mdpl yang secara geografis terletak di 7°56' 00" LS dan 112°18' 30" BT. Secara administratif, Gunung Kelud masuk dalam tiga wilayah kabupaten di Jawa Timur yaitu Kabupaten Kediri, Malang, dan Blitar. Gunung Kelud diperkirakan terbentuk kurang dari 2,6 juta tahun lalu (gunung kwarter muda) dan terus aktif mengalami perkembangan yang berbeda dengan beberapa gunung api yang lebih tua dan tidak aktif yang mengapitnya, yaitu Gunung Kawi Buthak di bagian timur dan Gunung Anjasmoro di bagian timur laut.

Wirakusumah (1991) membagi morfologi Gunung Kelud menjadi lima satuan yaitu: (1) puncak dan kawah, (2) tubuh gunung api, (3) kerucut samping, (4) kaki dan dataran, serta (5) pegunungan sekitar. Bagian puncak dan kawah tersusun atas kubah lava, aliran lava, dan batuan piroklastik. Bagian puncak ini memiliki bentuk yang tidak teratur (berbukit-bukit, tebing curam dengan kemiringan lahan  $>40^\circ$ ) dengan ketinggian  $>1000$  mdpl. Bagian tubuh gunung api berada pada ketinggian 600-1000 mdpl dengan keterenggan antara  $5-20^\circ$ , dan tersusun atas batuan piroklastik, endapan lahar dan batuan jatuh; sedangkan bagian kerucut samping (Bukit Umbuk di barat daya, Bukit Pisang di selatan, dan Bukit Kramasan di sisi tenggara) terbentuk dari aliran lava, aliran piroklastik dan kubah lava dengan kemiringan  $>20^\circ$ . Sementara bagian kaki dan dataran pegunungan sekitarnya ( $<600$  mdpl) tersusun atas endapan lahar dan piroklastik jatuh dengan topografi yang relatif datar dengan kemiringan  $<5^\circ$  (Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi 2014).

## 4.2.2 Iklim

Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), curah hujan di kaki Gunung Kelud dalam delapan tahun terakhir bervariasi, mulai dari 284 mm/bulan pada tahun 2012 sampai 171 mm/bulan pada tahun 2019. Bulan basah ( $>200$  mm curah hujan) umumnya terjadi antara Bulan November sampai Bulan April, sedangkan bulan kering ( $<100$  mm) terjadi antara Bulan Mei - Oktober (**Error! Reference source not found.**). Suhu udara minimum mulai dari  $20-21^\circ\text{C}$ , rentang suhu udara maksimum berkisar  $25-26^\circ\text{C}$ , dengan rata-rata suhu udara antara  $23-24^\circ\text{C}$  (BMKG 2022).

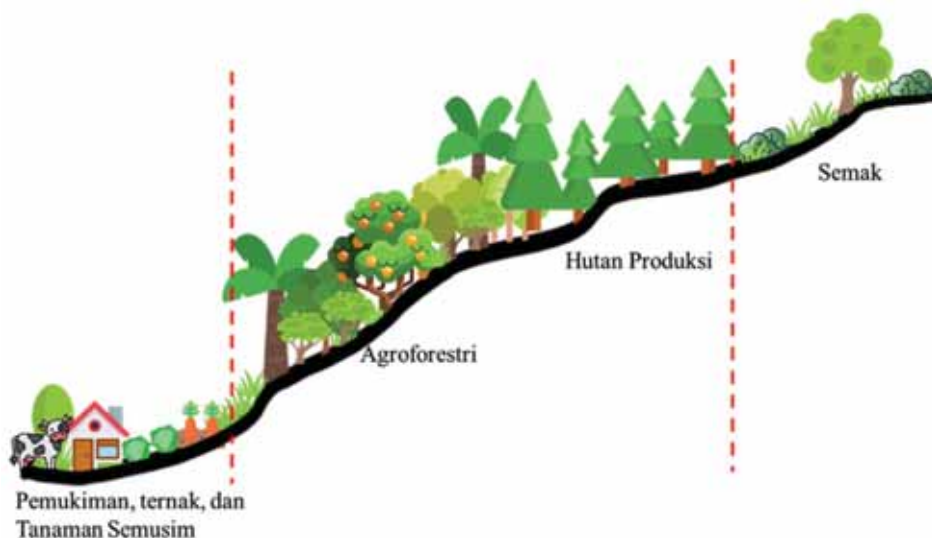


**Gambar 4.2.1** Rata-rata curah hujan dan suhu udara bulanan di kaki gunung Kelud (Sumber data: BMKG 2012-2019)

### 4.2.3 Tutupan dan Penggunaan Lahan

Jenis tutupan dan penggunaan lahan di kaki Gunung Kelud bervariasi antar toposequent/kelerengan. Di lereng atas dan tengah dengan ketinggian 950 – 1100 m dpl, tutupan lahan lebih didominasi oleh semak belukar. Di lereng tengah (800 – 950 m dpl) terdapat hutan produksi yang dikelola oleh Perhutani, lahan agroforestri (multistrata dan agroforestri sederhana), dan di lereng bawah lebih umum digunakan untuk budidaya tanaman semusim, ternak dan pemukiman (Gambar 4.2.2).

Di lereng tengah, tutupan lahan yang ada adalah semak belukar yang didominasi oleh anggrung merah (*Trema orientalis*), anggrung hijau (*Parasponia rigida*), mencok (*Begonia multangula*) dan tropos (*Macaranga tanarius*) dengan berbagai ukuran diameter batang. Aktivitas utama masyarakat di lereng tengah adalah mencari pakan ternak dan kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan keluarganya.



Gambar 4.2.2 Transek penggunaan lahan di wilayah yang terkena dampak erupsi Gunung Kelud tahun 2014

Di lereng bawah lebih didominasi oleh pohon mahoni (*Swietenia macrophylla*) yang ditanam di lahan hutan produksi yang dikelola oleh Perhutani. Di bawah tegakan mahoni banyak tumbuh rumput-rumputan sehingga masyarakat sekitar bisa memanfaatkannya untuk pakan ternak (Gambar 4.2.3). Sistem agroforestri multistrata yang ada umumnya telah berumur >25 tahun, kebanyakan dengan komponen utama kopi (*Coffea sp.*), kakao (*Theobroma cacao*), durian (*Durio ziberthinus*), pisang (*Musa sp.*), langsung (*Lansium*

*domesticum*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), dan jabon (*Neolamarckia cadamba*). Sistem agroforestri sederhana juga banyak dijumpai dengan komponen utamanya kopi dan pohon penanangnya gamal (*Gliridia sepium*), pisang, dan kelapa.

Budidaya tanaman semusim seperti jagung, sayuran (kobis, bawang prei, wortel), cabai dan tomat merupakan tanaman yang umum dijumpai di lahan-lahan pertanian yang terbuka (tanpa naungan). Letak lahan tanaman semusim ini dekat dengan pemukiman petani, sehingga aktivitas petani di lahan dapat dilakukan bersama-sama dengan keluarganya.



**Gambar 4.2.3** Pakan ternak (rumput) yang tumbuh di bawah tegakan mahoni di lahan hutan produksi pada lereng bawah Gunung Kelud (Sumber foto: R.M. Ishaq)

### **4.3** Agroforestri Berbasis Kakao Bergeser ke Agroforestri Kopi

Di daerah pegunungan di Jawa Timur, sistem penggunaan lahan yang umum dipraktikkan petani adalah sistem agroforestri (AF). Macam AF yang banyak dijumpai di lahan milik petani di kaki Gunung Kelud (wilayah Ngantang) adalah AF berbasis kakao, kopi dan buah-buahan. Kadang-kadang pohon kopi ditanam bersamaan dengan pohon kakao, namun demikian sejak 15 tahun yang lalu tanaman kakao telah digantikan dengan tanaman kopi. Hal tersebut dikarenakan meluasnya masalah hama tupai yang merusak buah kakao, selain itu juga adanya serangan penyakit tanaman kakao sehingga petani sangat dirugikan karena jumlah dan kualitas biji kakao yang dihasilkan terus menurun (Gambar 4.3.1). Namun demikian, AF berbasis kakao masih kadang-kadang dijumpai di lahan petani yang fanatik dengan tanaman kakao walaupun tidak terlalu luas.





**Gambar 4.3.1** Wawancara dengan petani agroforestri tentang masalah dan prospek agroforestri kakao (a dan b); Agroforestri berbasis kakao dan kopi di Dusun Druju, Desa Bayem, Kasembon (b dan c) (Sumber foto: E. Purnamasari)

#### 4.4 Kemurkaan Gunung Kelud dan Kerugiannya bagi Masyarakat Sekitar

Gunung Kelud yang menjulang tinggi mencapai 1.731 mdpl nampak sangat gagah dan ramah. Namun, dibalik kegagahan gunung yang kharismatik tersebut cukup sering murka meluluh lantakkan kehidupan dan lingkungan di sekitarnya. Pada abad ke 20 saja telah terjadi lima kali erupsi yaitu pada tahun 1901, 1919 (Mei), 1951 (Agustus), 1966 (April), dan 1990 (Februari). Pola selang erupsi tersebut dinamakan oleh para ahli gunung berapi sebagai “pola siklus lima belas tahunan”. Selanjutnya pada abad ke 21, kembali terjadi erupsi pada tahun 2007 dan baru-baru ini terjadi pada tahun 2014 (Februari). Erupsi terakhir tersebut merupakan salah satu letusan besar sepanjang sejarah erupsi Gunung Kelud (Gambar 4.4.1), dimana semburan abu vulkanik menyebar hingga ke Jawa Barat yang cukup merugikan masyarakat luas.



**Gambar 4.4.1** Awan gelap menutup bumi di pagi hari hingga nampak seperti malam hari; seorang nenek baru pulang dari mencari kayu bakar di lahannya di Desa Ngantang tidak menyadari bahwa Gunung Kelud telah erupsi (Sumber foto: F. Yahya, 14 Februari 2014)

Berdasarkan laporan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sektor komoditas tanaman pangan yang paling banyak merugi (hingga mencapai Rp1,1 triliun) adalah padi, jagung, kedelai, tomat dan cabai. Sementara, untuk sektor perkebunan, kerugian besar dialami oleh komoditas kopi, tebu, cengkeh dan kakao yang tersebar di daerah Blitar, Kediri dan Malang, dengan kerugian mencapai Rp84 miliar. Pada sektor peternakan (sapi perah, sapi ternak, dan peternakan lainnya) dan perikanan mengalami kerugian sebesar Rp13 miliar. Kerusakan gedung-gedung sekolah mencapai Rp2,7 miliar dan masih banyak lagi kerusakan tempat tinggal masyarakat di sekitarnya. Mengingat semburan abu vulkan lebih banyak terhembus jauh hingga ke kota wisata Yogyakarta, sehingga dampak letusan Gunung Kelud sangat merugikan terhadap perekonomian dari sektor wisata, penerbangan dan perhotelan.

#### **4.4.1 Kesaksian Masyarakat Desa Kutut tentang Erupsi Gunung Kelud**

---

Masyarakat Desa Kutut menceritakan keadaan saat menjelang erupsi yang menyeramkan pada 13 Februari 2014. Malam hari ketika masyarakat Dusun Kutut sedang menikmati istirahat setelah seharian menggarap lahannya, tiba-tiba terdengar gemuruh dari arah selatan dusun. Tentu saja suara tersebut membuat masyarakat bertanya-tanya dari mana asal sumber gemuruh itu. Beberapa saat kemudian, kembali terngiang dalam kepala masing-masing penduduk Dusun Kutut tentang peringatan siaga yang dikeluarkan oleh Badan Kebencanaan Gunung Berapi. Namun demikian hal tersebut

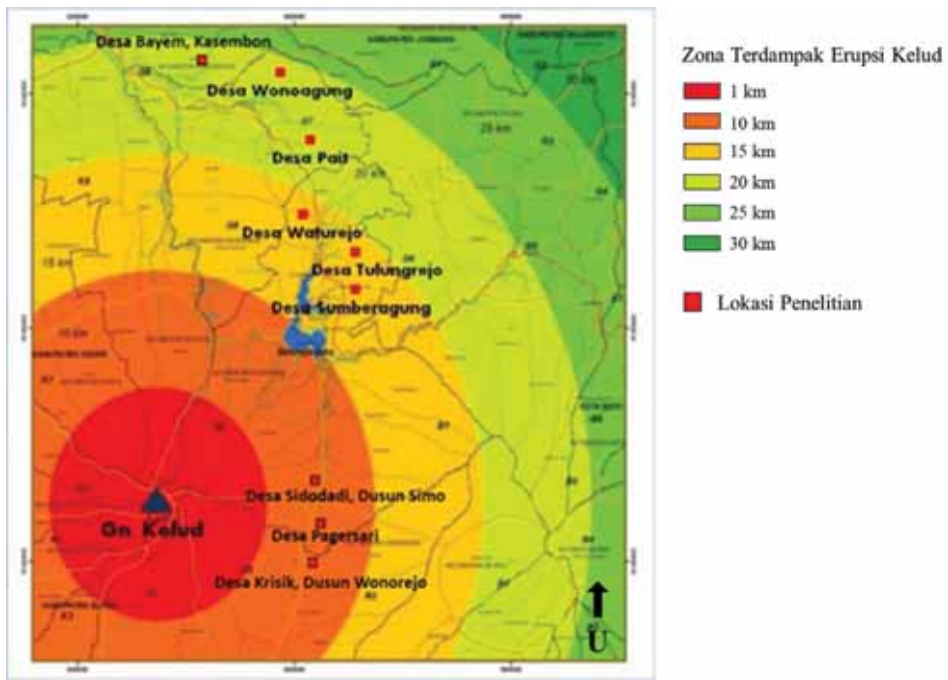
diabaikan begitu saja, karena kepercayaan dan rasa hormat penduduk lokal kepada leluhurnya masih sangat kuat. Nasehat dari leluhur yang masih dipegang kuat bahwa selama Gunung Amping (terletak di lereng tengah Gunung Kelud) masih ada maka arah letusan dan semburan material tidak akan mengarah ke Dusun mereka (Dusun Kutut, Desa Pandansari). Hal tersebut dipercayai bahwa di gunung tersebut terdapat “punden” (tempat keramat atau sesuatu yang sangat dihormati karena adanya makam orang yang dianggap sebagai cikal bakal dari desa tersebut) milik leluhur yang dipercaya mampu menjaga kawasan tersebut dari segala macam bala (bencana).

Setelah suara gemuruh berlangsung, beberapa saat kemudian terdengar letusan dahsyat disertai lemparan material di pemukiman warga yang menghancurkan atap genteng, kaca dan tembok-tembok rumah. Warga panik berlarian ke sana-ke mari. Namun, hanya pemuda yang membawa motorlah yang telah siap untuk mengungsi. Sementara anak-anak kecil hanya menangis di kolong meja dan orang-orang tua hanya berpasrah diri menunggu peristiwa itu berakhir. Sejak itu penduduk sadar bahwa Gunung Kelud sudah berubah. Mereka berasumsi bahwa gunung yang meletus adalah Putri Kelud yang beda dari Gunung Kelud sebelumnya. Pada waktu erupsi nampaknya terjadi perubahan hembusan arah angin yang menyebabkan arah material Kelud berubah arah menuju Dusun Kutut. “Apakah mungkin masyarakat Dusun Kutut kebanyakan dosa” kata seorang warga sambil mengakhiri cerita pada malam acara Diskusi Kelompok Terfokus (FGD) dengan tim peneliti Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya (UB).

#### **4.4.2 Sebaran Abu Vulkan Selama Erupsi**

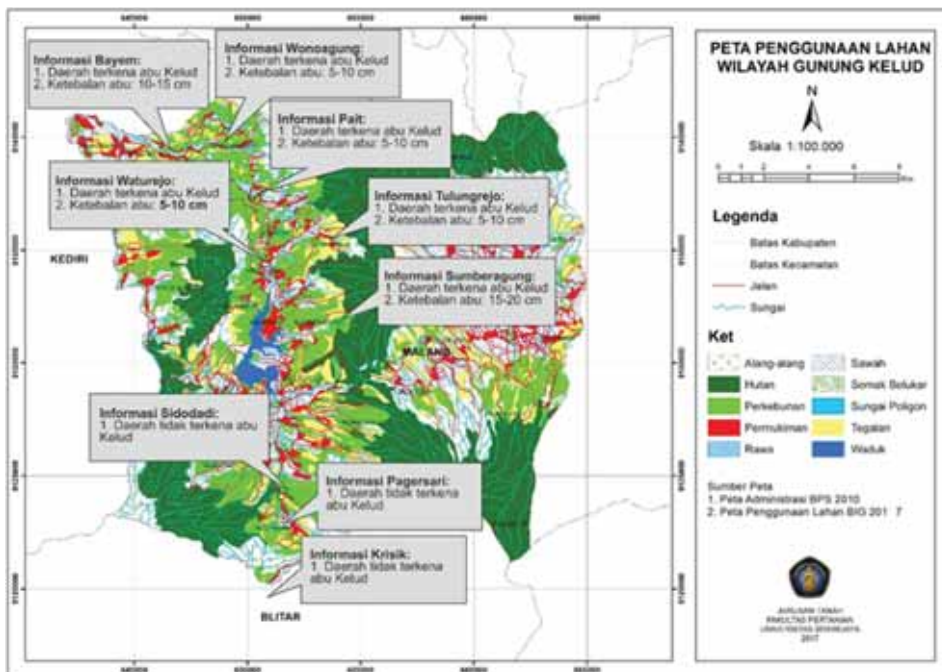
---

Tim peneliti Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UB, melakukan survei pascaerupsi tahun 2014 untuk memperoleh informasi kondisi tutupan lahan, jenis tanah dan bentukan lahan di daerah sekitar Gunung Kelud beserta informasi ketebalan abu yang menutup lahan-lahan pertanian. Kegiatan survei menyusuri bagian timur laut hingga bagian tenggara Gunung Kelud (*Gambar 4.4.2*) mulai Desa Wonoagung, Pait, Tulungrejo, Waturejo, Sumberagung, Pagersari, hingga daerah perbatasan Kabupaten Malang dan Blitar (Desa Wonorejo).



**Gambar 4.4.2** Wilayah bagian timur laut hingga bagian tenggara Gunung Kelud yang terkena dampak abu vulkanik terberat

Hasil survei menegaskan bahwa kawasan bagian utara hingga timur Gunung Kelud (Desa Wonoagung, Pait, Waturejo, Tulungrejo, dan Sumberagung, Kecamatan Ngantang) merupakan kawasan yang terkena dampak abu vulkanik dengan kisaran ketebalan abu yang beragam antara 20 - 100 cm, sedangkan wilayah bagian selatan Gunung Kelud merupakan daerah yang terbebas dari abu vukanik seperti Desa Pagersari, Simo, dan Wonorejo (Gambar 4.4.3).



Gambar 4.4.3 Peta sebaran abu vulkanik letusan Gunung Kelud tahun 2014

### 4.4.3 Material yang dihamburkan selama erupsi gunung Kelud

Selama periode tahun 1000 – 2022, tercatat telah terjadi 34 kali letusan Gunung Kelud, dengan tipikal letusan sub plinial – plinial dan *Volcanic Explosivity Index* (VEI) 3-4 (Goede *et al.* 2019). Letusan terbesar dan paling mematikan dari Gunung Kelud terjadi pada tahun 1586 dengan VEI 5 yang menelan korban jiwa hingga 10.000 jiwa (Van Bergen *et al.* 2000). Letusan besar terakhir Gunung Kelud terjadi pada 13 Februari 2014. Letusan dengan indeks VEI 4 ini terdiri dari dua fase letusan plinial yang secara total berlangsung sekitar 4-4,5 jam (GVP 2014), dan memancarkan bahan-bahan piroklastik hingga setinggi 26 km dengan sebaran abu vulkanik tidak kurang dari 600 km dari pusat letusan, 9 jam pasca letusan (Maeno *et al.* 2019). Akibat letusan tersebut, sedikitnya 40 penerbangan dari beberapa bandara di Indonesia yaitu di Yogyakarta dan Surabaya, dan wilayah Asia Pasifik lainnya terganggu.

Jenis material endapan piroklastik letusan Gunung Kelud dipengaruhi oleh lokasi geografis dan topografi. Bahan-bahan kasar cenderung diendapkan di dekat pusat letusan dan aliran piroklastik atau lahar. Sementara, untuk bahan-bahan halus dapat menyebar luas tergantung dari arah angin dan ketinggian semburan bahan tersebut (Gambar 4.4.4). Studi yang dilakukan oleh Prasetyo *et al.* (2017) di lereng barat Gunung Kelud, menyebutkan bahwa material vulkanik didominasi oleh pasir (>90%), kerikil (<4%),

dan batuan (<3%). Material vulkanik halus (pasir) banyak ditemukan di lokasi yang relatif jauh dari pusat letusan (>10 km). Sementara itu, jenis batuan vulkanik yang ditemukan tergantung dari jarak dan ketinggian tempatnya. Pada lokasi yang relatif dekat dengan pusat letusan (jarak 2-3 km dengan ketinggian >1000 mdpl) ditemukan jenis batuan pumice, gabbro dan peridotite, sementara pada jarak 6-10 km dengan ketinggian <1000 mdpl didominasi oleh batuan pumice dan gabbro; dari ketiga jenis batuan tersebut, pumice atau batu apung yang mendominasi (>90%).



**Gambar 4.4.4** Abu vulkanik tebal menutup lahan-lahan pertanian, mengubur semua tanaman yang telah ditanam, menyisakan hamparan lahan putih luas dan panas (Sumber foto: A.N. Putra 2014)

Bahan abu vulkanik yang paling banyak ditemui mengendap di lahan-lahan pertanian sekitar Gunung Kelud. Analisa kimia yang dilakukan oleh Utami *et al.* (2017) mengungkapkan bahwa abu vulkanik Gunung Kelud bereaksi sangat masam (pH 4.3), dengan kandungan C organik, nitrogen, KTK, kation dapat ditukar (K, Na, Ca, Mg) sangat rendah, namun kandungan P-tersedia sangat tinggi (45,6 mg/kg) dengan kejenuhan basa tingkat sedang (65%).

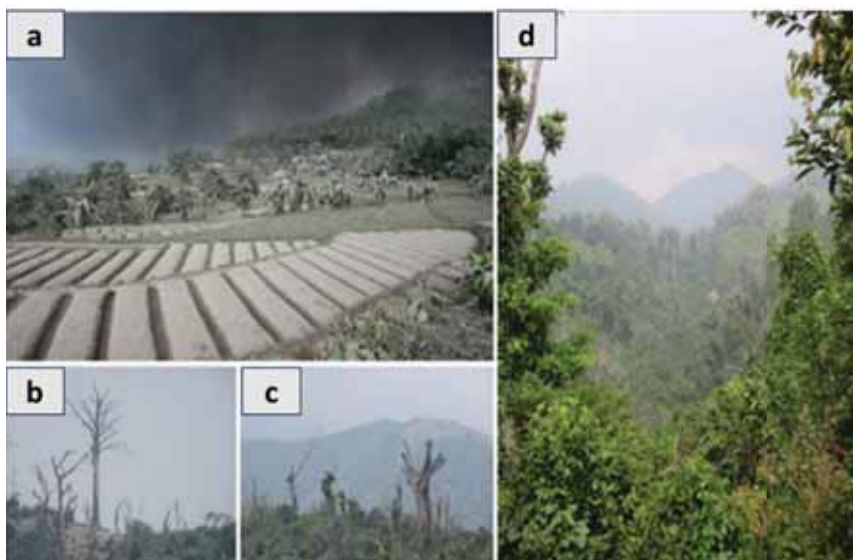
#### **4.4.4 Dampak Erupsi Gunung Kelud terhadap Tutupan Lahan Pertanian**

---

Berdasarkan hasil FGD, masyarakat di lereng Gunung Kelud menyatakan bahwa sebelum erupsi tanah di lahannya gembur, berwarna hitam kecoklatan, tanahnya lembab dan dingin, tidak ditemukan tanda-tanda defisiensi unsur hara. Keberadaan organisme tanah masih dapat ditemukan seperti cacing, semut dan rayap di dalam tanah. Setelah erupsi, kondisi permukaan tanah menjadi padat, tanah berwarna kuning, dan terdapat material tambahan berupa abu dengan ketebalan mencapai 20-100 cm, sedangkan jangkauan pengolahan tanah hanya mencapai ketebalan  $\pm$  45 cm saja (Gambar 4.4.5).

Selain itu, banyak ditemukan kerikil dan kerakal di lahan pertanian di kedalaman 20 cm. Pengolahan tanah semakin berat terutama setelah turun hujan, abu vulkan mengeras (tersementasi), dan biota tanah seperti cacing tanah tidak ditemukan lagi.

Tanaman sayuran dan obat-obatan (jahe, kunyit) yang umum ditanam di lereng bagian bawah, tidak ada satupun yang masih hidup dan tumbuh berkembang lagi karena tertimbun abu vulkanik tebal.



**Gambar 4.4.5** Endapan abu vulkanik di lahan pertanian saat erupsi Gunung Kelud tahun 2014 (A), aneka jenis tumbuhan yang mati pascaerupsi di lereng tengah atas (B dan C), di bagian agak bawah masih banyak pohon anggrung (*Trema orientalis*) tumbuh kembali satu tahun pascaerupsi (Sumber foto: F. Hidayat, 2014, R.M. Ishaq dan M. van Noordwijk 2016)

Sektor peternakan juga mengalami perubahan pascaerupsi. Dilaporkan telah terjadi penurunan populasi sapi perah karena ketersediaan pakan yang terbatas, sehingga banyak sapi yang dijual dan hasilnya digunakan untuk tambahan perbaikan rumah tinggal dan keperluan lainnya. Pascaerupsi, tidak ada produksi sapi perah selama tiga bulan di dusun yang terkena dampak abu vulkan. Kalaupun sapi masih dipelihara, pakannya diperoleh dari tepian hutan atau dari semak belukar di lereng yang lebih atas dengan jalan memotong dan mengangkutnya menggunakan sepeda motor (Gambar 4.4.6). Bila ketersediaan pakan belum juga mencukupi maka petani membeli pakan dari tempat lain, biasanya dari Blitar, Kediri, Jombang sehingga biaya produksi menjadi lebih mahal.



**Gambar 4.4.6** Petani Dusun Kutut saat pascaerupsi harus berjalan kaki lebih jauh atau mengendarai sepeda motor ke lereng yang lebih atas untuk mencari pakan ternaknya (Sumber foto: K. Hairiah, 2016)

## 4.5 Tanaman Tahunan dalam Sistem Agroforestri

Sebagian besar pohon yang terdampak abu vulkanik berada di lahan hutan produksi, yaitu mahoni milik Perhutani, atau berada dalam sistem campuran (agroforestri) yang sebagian besar adalah pohon kopi dengan penauangnya aneka jenis pohon buah-buahan. Ketebalan masukan abu vulkanik di lahan agroforestri lebih tipis dari pada di lahan pertanian yang terbuka, berkisar antara 5-10 cm.

Sebagian besar penggunaan lahan yang ada di Kecamatan Ngantang adalah agroforestri berbasis kopi (*robusta*, *arabica*, dan *liberica/exelsa*) dengan penauangnya adalah sengon, durian, salak, dan mangga. Pola tersebut terdapat di Desa Wonoagung dan Pait (Gambar 4.5.1). Pohon penayang yang lebih beragam lagi juga banyak dijumpai di beberapa lahan milik petani, seperti pohon langsung atau duku (*Lansium domesticum*), durian (*Durio zibethus*), alpukat (*Parsea americana*), lamtoro (*Leucaena glauca*), sengon (*Paraserianthes falcataria*), waru (*Hibiscus tiliaceus*), dan tanaman pisang (*Musa* sp.) serta salak (*Salacca zalacca*) (Gambar 4.5.2 dan Gambar 4.5.3).





**Gambar 4.5.1** Agroforestri berbasis kopi dengan tanaman penayang cengkeh dan disisipi dengan tanaman rumput gajah untuk pakan ternak di Desa Wonoagung (a) dan Desa Pait (b) (Sumber foto: E. Purnamasari dan D.D. Saputra 2017)



**Gambar 4.5.2** Agroforestri berbasis kopi dengan aneka jenis pohon buah-buahan sebagai penayangnya di Desa Waturejo, Malang dan Wonorejo, Blitar (Sumber foto: D. Saputra 2017)



**Gambar 4.5.3** Kondisi tutupan lahan agroforestri multistrata dan komponen penyusun di dalamnya (a), proses pengamatan kelerengan lahan (b), pengambilan contoh tanah di beberapa penggunaan lahan (c) (Sumber foto: Tim peneliti Agroforestri Tropik 2017)

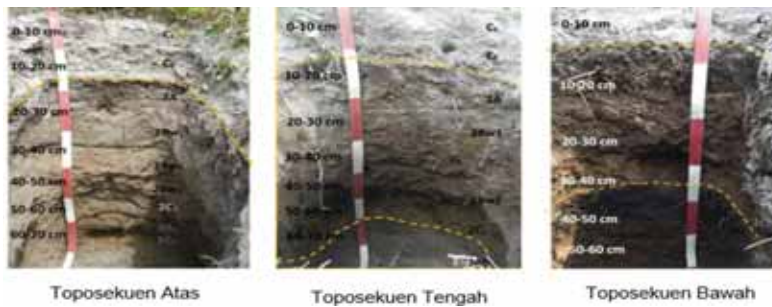
Tak luput dari kerusakan fisik selama erupsi, banyak cabang pohon patah dan hangus sehingga tidak bisa pulih kembali. Namun, petani Desa Kutut menginformasikan bahwa untuk beberapa jenis pohon yang hangus terkena dampak abu vulkanik masih bisa bertunas kembali, seperti alpukat, durian, lamtoro, kopi, namun tidak demikian dengan pohon kelapa.

## 4.6 Tanah dan Kesuburan Tanah

### 4.6.1 Karakteristik Fisiko-Kimia Tanah

Masukan abu vulkanik setiap kali erupsi dapat ditunjukkan dari lapisan yang beragam dalam profil tanah di lereng-lereng yang berbeda. Tim peneliti Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, UB (2014) melaporkan hasil pengamatan profil tanah di setiap lereng/toposekuen posisi timur laut pascaerupsi. Nampaknya, ada beberapa peristiwa pengendapan abu vulkanik, dimana tanah teratas yang terkubur pada Februari 2014 diikuti lapisan abu vulkanik hasil erupsi Gunung Kelud sebelumnya di berbagai kedalaman (Gambar 4.6.1). Lapisan abu yang terkubur dalam tanah mengandung C organik ( $C_{org}$ ) relatif rendah (<2%) di semua kedalaman, dengan pH sedikit masam

(Tabel 4.6.7). Namun demikian, dengan mempertimbangkan perbedaan tekstur, pH tanah dan ketinggian tempat (Hairiah *et al.* 2021) maka perlu dilakukan penghitungan lebih lanjut terhadap kadar total  $C_{org}$  menjadi  $C_{ref}$ . Hasilnya, di lapisan atas untuk semua kelerengan termasuk kategori tinggi ( $C_{org} > 2\%$ ). Di lereng lebih bawah terdapat kandungan pasir dan liat lebih rendah dari pada di lereng atas, tetapi fraksi pasir mendominasi di semua kelerengan dan kedalaman tanah. Di toposekuen bawah Kapasitas Tukar Kation (KTK) lebih tinggi dari pada lapisan atasnya, dan kejenuhan basa (KB) yang tertinggi terdapat di toposekuen tengah.



**Gambar 4.6.1** Profil tanah di setiap lereng/toposekuen timur laut pascaerupsi Gunung Kelud (Sumber foto: A.N. Putra 2014)

**Tabel 4.6.1.** Karakteristik kimia tanah pascaerupsi di kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm di berbagai toposekuen

Topo- Sekuen & pengguna- an lahan	Kedalaman cm	Bl g cm-3	pH H <sub>2</sub> O	C-org %	C-ref %	C-org/ C-ref	Partikel tanah (%)*		
							Pasir	Debu	Liat
Atas (Semak belukar)	0-10	1,10	4,62	1,11	2,53	0,44	80	16	4
	10-20	1,15	4,78	0,18	1,40	0,13	95	2	3
	20-30	1,24	4,97	1,40	1,40	1,00	69	24	6
Tengah (Semak belukar)	0-10	1,12	4,70	0,13	2,42	0,05	80	19	2
	10-20	1,01	4,80	0,57	1,45	0,39	84	14	2
	20-30	0,84	5,04	2,53	1,40	1,80	64	27	9
Bawah (Hutan Produksi)	0-10	1,33	4,70	0,09	2,32	0,04	75	20	5
	10-20	1,11	4,88	0,74	1,44	0,52	72	26	2
	20-30	1,11	5,06	1,83	1,26	1,45	66	28	6
Bawah (Tegalan)	0-10	1,20	4,69	0,31	2,45	0,12	67	25	8
	10-20	1,14	4,75	0,26	1,58	0,16	64	25	11
	20-30	1,00	4,97	0,45	1,36	0,33	59	28	13

\*Sumber data: Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya (2017)

**Tabel 4.6.2.** Karakteristik kimia abu vulkanik Gunung Kelud: persentase unsur K, Na, Ca, Mg, dan Kejenuhan Basa (KB)

Toposekuen	Basa dapat ditukar (%)				KB (%)
	K	Na	Ca	Mg	
Atas	0,19	0,23	6,89	3,88	45
Tengah	0,25	0,29	4,43	3,85	63
Bawah	0,22	0,26	5,66	3,87	52

Sumber data: Laboratorium PJP Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya (2017)

## 4.6.2 Dampak jangka pendek masukan abu vulkan terhadap kesuburan dan sifat tanah serta pertumbuhan tanaman

---

Tingkat kerusakan lahan pascaerupsi bervariasi antar lokasi tergantung pada jaraknya terhadap sumber letusan, posisinya dalam lanskap dan jenis tutupan vegetasinya. Penambahan material baru dari erupsi gunung berapi sangat berpengaruh terhadap lahan pertanian. Sifat dan komposisi material piroklastik mempengaruhi beberapa sifat-sifat tanah yang mengarah pada kerusakan lahan pertanian. Masukan abu vulkanik menyebabkan permukaan tanah menjadi padat terutama setelah turun hujan (Cook *et al.* 1981, Apriyanti 2015), namun tingkat pemadatan tanah juga bervariasi bergantung pada ketebalan abu vulkanik. Sebagai contoh, erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 mengeluarkan abu vulkanik setebal rata-rata 29 cm menyebabkan lapisan tanah atas menjadi lebih padat, dengan bobot isi (BI) antara 1,37 – 1,41 g cm<sup>-3</sup> sehingga menghambat perkembangan akar tanaman. Dampak lebih lanjut permeabilitas tanah yang ada berkisar antara 0,92 cm jam<sup>-1</sup> sampai 5,69 cm jam<sup>-1</sup> sehingga infiltrasi tanah menurun dan meningkatkan resiko terjadinya kekeringan pada musim kemarau (Suriadikarta *et al.* 2010).

Perubahan karakteristik tanah pascaendapan abu vulkanik yang lebih dramatis dilaporkan oleh Saputra *et al.* (2022a). Dalam studi tersebut, endapan abu vulkanik Gunung Kelud setebal 2 sampai 14 cm di kawasan hutan dan lahan pertanian (agroforestri dan tanaman semusim) di Kecamatan Ngantang, Jawa Timur, menyebabkan penurunan laju infiltrasi hingga delapan kali lebih rendah (dari rata-rata awal 28,9 cm jam<sup>-1</sup> menjadi 3,7 cm jam<sup>-1</sup>) pada saat 3 tahun awal pascaerupsi dibandingkan dengan kondisi sebelum erupsi 2014. Namun uniknya, porositas tanah yang secara umum berasosiasi langsung dengan laju infiltrasi, justru tidak mengalami perubahan yang signifikan dari kondisi awal. Hal ini mengindikasikan adanya faktor penentu infiltrasi yang lain, seperti hidrophobisitas tanah yang muncul akibat interaksi antara abu vulkanik dan bahan-bahan hidrophobik yang berasal dari bahan organik (Saputra *et al.* 2022b).

Bahan abu vulkanik Gunung Kelud tergolong masam dengan pH antara 3,84 – 3,92, kandungan P tersedia di dalam abu vulkan berkisar antara 6,03 – 6,73 mg kg<sup>-1</sup>. Kandungan Si dalam abu vulkanik rata-rata sebesar 31% dan kandungan S rata-rata 0,22 mg kg<sup>-1</sup> (Wartha 2015). Masukan abu vulkanik ke dalam tanah mengubah beberapa karakteristik kimia tanah. Utami *et al.* (2011) melaporkan bahwa masukan abu vulkanik Gunung Merapi meningkatkan kadar S, menurunkan pH tanah dan P tersedia dalam tanah. Sementara Suntoro *et al.* (2014) melaporkan hasil percobaan di rumah kaca bahwa masukan abu vulkanik Gunung Kelud setebal 6 cm saja meningkatkan serapan Mg dan kandungan khlorofil tanaman jagung, sehingga untuk jangka panjang abu Gunung Kelud akan memberikan berkah bagi tanaman pertanian dan petani di sekitarnya.

### 4.6.3 Hidrologi

---

Selama pertemuan dengan penduduk desa (Dusun Kutut, Kecamatan Ngantang) yang terkena dampak erupsi Gunung Kelud dikatakan bahwa sebelum erupsi kebutuhan air lahan pertanian dapat tercukupi dengan baik, namun setelah erupsi terjadi kekeringan secara luas di lahan-lahan pertanian. Untuk menanam tanaman budidaya, petani harus menunggu hujan terlebih dahulu. Sumber air yang ada di sekitarnya baik sebelum ataupun sesudah erupsi berada dalam keadaan yang sama, baik ditinjau dari jumlah, debit maupun kejernihannya. Sumber mata air dapat diperoleh dengan mengebor tanah sedalam  $\pm 10$  m.

Selama musim penghujan, air sungai di Dusun Kutut berwarna coklat seperti lumpur karena air sungai banyak bercampur dengan partikel tanah. Hal tersebut semakin memburuk setelah terjadi erupsi Gunung Kelud sehingga terjadi banjir walaupun relatif kecil. Air yang mengalir ke parit di sekeliling tempat tinggal dan lahan masyarakat bercampur dengan krakal dan pasir. Hal tersebut diperparah dengan terjadinya longsor di beberapa lahan tegalan milik petani dan daerah hutan bagian atas dan tengah.

## 4.7 Tanaman Pionir di Sekitar Gunung Berapi

Terjadinya letusan gunung berapi diikuti dengan perubahan komposisi dan struktur komunitas dalam ekosistem di wilayah yang terkena dampak abu vulkanik, menimbulkan gangguan dalam ekosistem. Di lahan pertanian, gangguan/kerusakan sumberdaya lahan yang terjadi akibat erupsi gunung berapi terutama disebabkan oleh adanya timbunan pasir dan abu vulkanik yang menutup permukaan tanah dan permukaan daun (Cook *et al.* 1981). Derajat kerusakan sumberdaya lahan bervariasi tergantung dari lokasi/jarak dari pusat letusan, kecepatan serta arah angin, dan posisinya dalam lanskap serta jenis tutupan vegetasinya (Sudarto *et al.*, 2015). Semakin dekat dengan radius letusan, maka tingkat kerusakan lahan menjadi semakin tinggi. Ringkasan kondisi lahan pertanian sebelum dan pascaerupsi ditampilkan dalam *Tabel 4.7.1*.

Dampak langsung dari timbunan pasir dan abu vulkanik adalah rusaknya tanaman/vegetasi dan tertutupnya permukaan tanah oleh material letusan. Pada kondisi demikian tidak semua vegetasi dapat langsung tumbuh dengan baik, walaupun abu vulkanik pada dasarnya adalah media yang bagus untuk masa yang akan datang (Shoji dan Takahashi 2002). Di alam, beberapa vegetasi mampu tumbuh dengan baik dan cepat pascaerupsi, walaupun tanpa ada campur tangan manusia. Vegetasi tersebut merupakan vegetasi pionir (Gomez-Romero *et al.* 2006). Perkembangan vegetasi pionir merupakan awal dari rantai suksesi ekologi yang akan berkembang menjadi ekosistem yang stabil dengan keanekaragaman yang tinggi. Sutomo *et al.* (2011) melaporkan

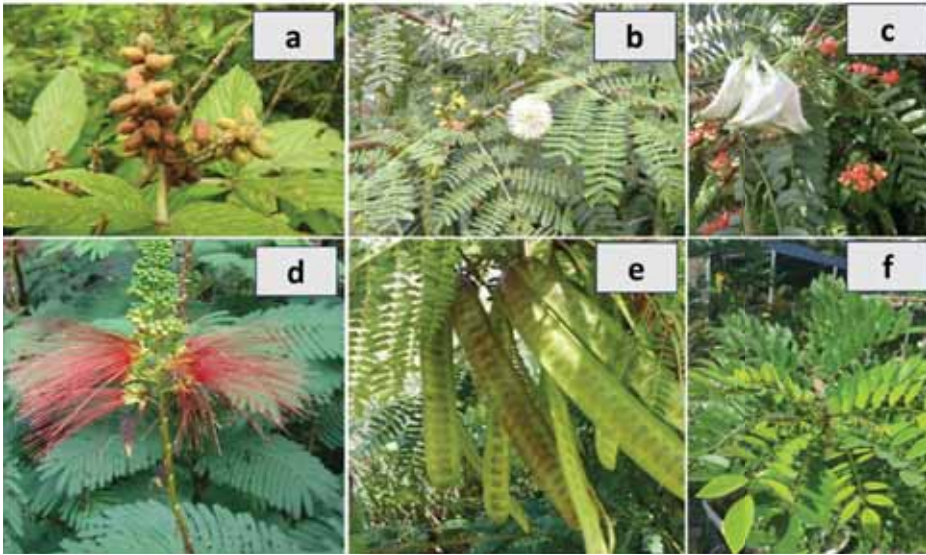
bahwa di Pulau Jawa terdapat 56 spesies tumbuhan dari 26 famili yang ditemukan di lima lokasi endapan material vulkanik Gunung Merapi yang bereaksi masam dengan pH 4,8 – 5,9. Tumbuhan pionir didominasi oleh kelompok Asteraceae (herba), Poaceae (rumput-rumputan), Fabaceae (pemfiksasi N) dan Rubiaceae dengan spesies yang mendominasi adalah edelweiss (*Anaphalis javanica*), tekelan (*Eupatorium riparium*) dan alang-alang (*Imperata cylindrica*). Sementara itu, jenis leguminosa pionir adalah *Calliandra calothyrsus* menunjukkan asosiasi positif dengan spesies lain seperti rumput teki (*Cyperus rotundus*) dan rumput belulang atau disebut juga sambau (*Eleusine indica*) (Sutomo *et al.* 2011). Selain itu dilaporkan pula jenis rumput grinting (*Cynodon dactylon*) merupakan pionir alami yang tumbuh enam bulan pascaerupsi Gunung Merapi; ada juga dua jenis rumput yang sengaja ditanam untuk memenuhi kebutuhan pakan sapi perah yaitu rumput benggala (*Panicum maximum*) dan rumput 'bede' (*Brachiaria decumbes*) (Balitbang Petronian 2012).

Reaksi tanah pascaerupsi di Gunung Kelud masam, dengan pH 4.5 – 5,0, dan disarankan oleh Prawiradiputra (2011) untuk menanam beberapa jenis rerumputan yang berpotensi sebagai pionir seperti rumput bede/signal (*Brachiaria*), rumput gajah (*Pennisetum*) dan rumput bermuda atau bahama (*Cynodon*), sedangkan untuk jangka panjang disarankan untuk menanam jenis legume 'hahapaan' atau 'pok kepokan' (*Flemingia*), lamtoro (*Leucaena*), turi (*Sesbania*), kaliandra (*Calliandra*) dan gamal (*Gliricidia*) (Gambar 4.7.1).

Tabel 4.7.1 Dampak masukan abu vulkan Gunung Kelud terhadap lahan pertanian

Aspek	Sebelum erupsi	Setelah erupsi
Penggunaan lahan	Hutan alami	Hutan terdegradasi
Sistem tanam	Monokultur: tanaman pangan semusim/tahunan (jagung, jahe dan sayuran)	Sistem tanam tetap sama
Sistem tanam	Monokultur: tanaman pangan semusim/tahunan (jagung, jahe dan sayuran)	Sistem tanam tetap sama
Produksi bawang merah 50% lebih rendah dari pada sebelum erupsi	-	Cengkih yang ada kebanyakan mati, ada penanaman kembali cengkeh setelah erupsi, namun 50% bibit tanaman mati
Ternak	Sapi, kambing dan ayam	Tanaman mahoni, jati, salam ( <i>Syzigium polyanthum</i> ), anggrung (merah, putih dan hijau), beringin, pelas, dlundung, mencok
Ternak	Sapi, kambing dan ayam	Hanya ternak ayam yang ada. Tidak ada produksi susu selama tiga bulan dan tidak tersedia kotoran ternak untuk pupuk





**Gambar 4.7.1** Beberapa jenis pohon legume yang dapat ditanam sebagai tanaman pionir pascaerupsi (Sumber foto: (a) Y. Ibrahim dalam laman <https://portal.wiktrop.org/observation/> (b) <https://species.wikimedia.org/wiki/> (c) <https://www.jurnalasia.com/> (d) <https://colplanta.org/taxon/> (e) N. Hapsoro dalam laman <https://www.projectnoah.org/> (f) <https://www.socfindoconservation.co.id/plant>)

#### 4.7.1 Anggrung hijau (*Parasponia rigida*) tumbuhan pionir pengikat N bebas dari udara

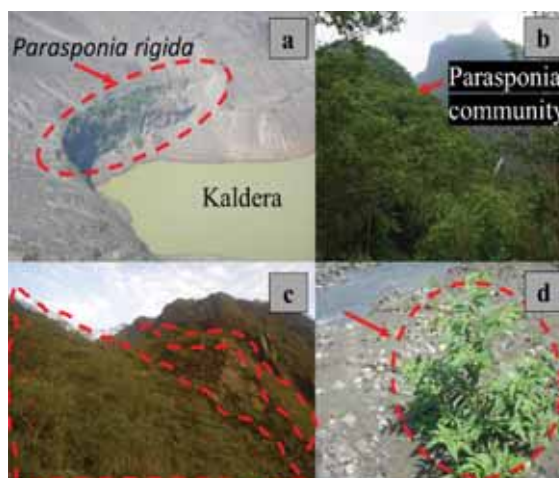
Salah satu jenis tumbuhan pionir alami yang umum dijumpai di sekitar Gunung Kelud adalah anggrung hijau (*Parasponia rigida*), merupakan tumbuhan non-legume satu famili dengan anggrung merah (*Trema orientalis*) dari famili Canabacceae (Smiet 1992). *Parasponia* (Gambar 4.7.2) dapat membentuk bintil akar sehingga mampu memfiksasi nitrogen bebas dari atmosfer (Op den Camp *et al.* 2012, Becking 1979). Di lereng Gunung Kelud, *Parasponia* banyak tumbuh di tempat-tempat miskin hara, seperti di jalur aliran lahar dan di dinding tebing yang curam (Alfian 2017), sehingga mampu membentuk bintil akar yang efektif.



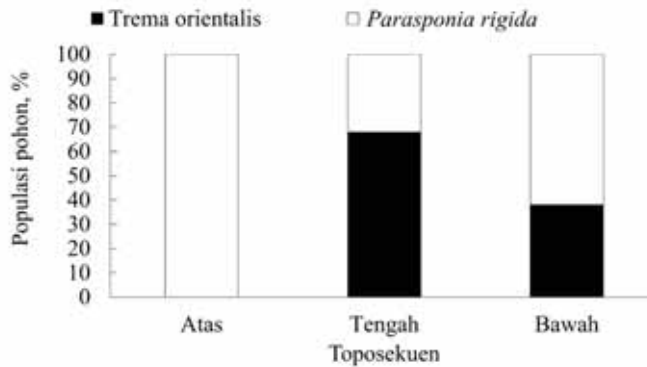
**Gambar 4.7.2** Tumbuhan pionir *Parasponia rigida* banyak ditemukan di tempat-tempat miskin hara (Sumber foto: I. Alfian dan R.M. Ishaq 2016)

#### 4.7.2 Sebaran produksi biomasa tumbuhan pionir *Parasponia*

Suksesi tumbuhan di lereng Gunung Kelud pascaerupsi tahun 2014, diawali dengan tumbuhnya dua jenis perintis alami (pionir), contohnya adalah anggrung merah (*Trema orientalis*) dan anggrung hijau (*Parasponia rigida*). *Trema* sebagian besar ditemukan di lereng bawah hingga lereng tengah, sedangkan *Parasponia* tersebar merata di ketiga lereng yang berbeda, tetapi sebagian besar ditemukan di posisi lereng atas yang terbuka dan miskin hara dan di lereng bawah terutama di tempat-tempat aliran lahar (Gambar 4.7.3 dan Gambar 4.7.4).



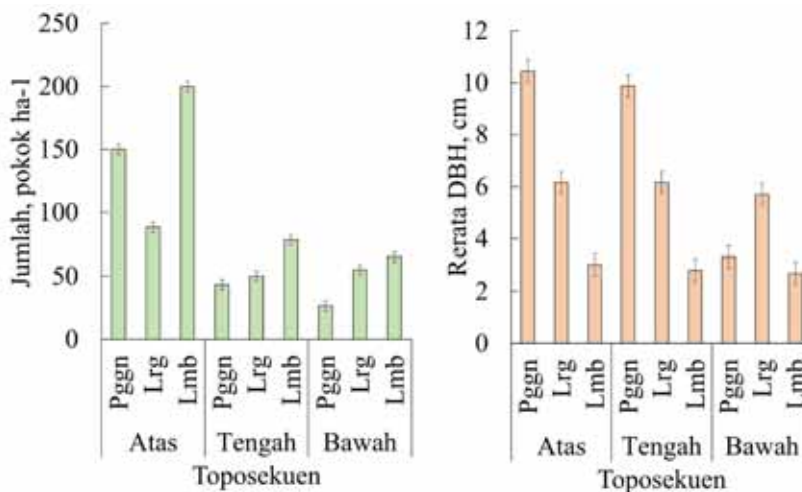
**Gambar 4.7.3** Sebaran *Parasponia rigida* di beberapa tempat: (a) kaldera, (b) punggung bukit, (c) lereng, (d) bagian lembah di jalur aliran lahar (kiri) (Sumber foto: R.M. Ishaq)



Gambar 4.7.4 Proporsi sebaran tumbuhan pionir *Trema orientalis* dan *Parasponia rigida* di tiga lereng Gunung Kelud

Jumlah pokok *Parasponia* yang ditemukan berbeda antar lereng, jumlah terbesar terdapat di lereng atas terutama di bagian punggung dan bagian lembah (rata-rata 150 pokok/ha dan 200 pokok/ha), lebih besar daripada di lereng tengah dan bawah. Di lereng bawah bagian punggung hanya terdapat 25 pokok/ha (Gambar 4.7.5).

*Parasponia* di lereng atas dan lereng tengah terutama bagian punggung relatif lebih tua dari pada di lereng bawah yang ditunjukkan dengan diameter batang (DBH) lebih besar (rata-rata 10 cm) dari pada di bagian lembah dengan DBH berkisar antara 5 – 6.5 cm, sedangkan di lereng bawah rata-rata hanya 3 cm (Gambar 4.7.5).



Gambar 4.7.5 (A) Jumlah pokok *Parasponia* (s.e.d. = 3,98), dan (b) sebaran rerata DBH *Parasponia* di tiga kelereng Gunung Kelud (s.e.d. = 0,43) (Keterangan: Pgggn=punggung, Lrg=lereng, Lmb=lembah)

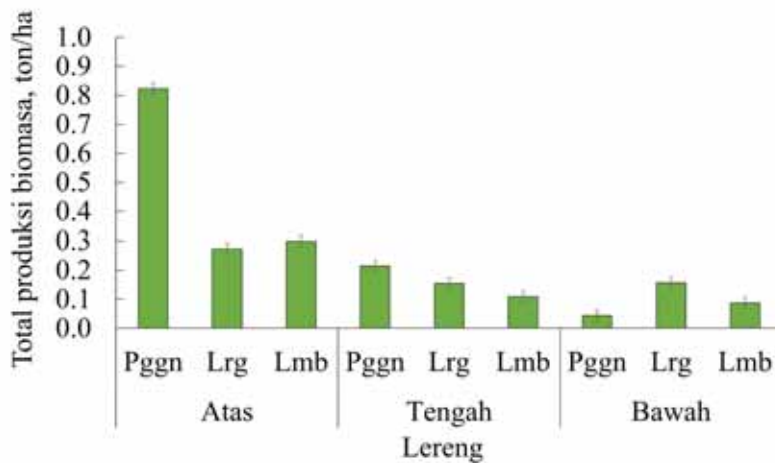
### 4.7.3 Produksi biomasa *Parasponia* dan kualitasnya

Di lereng atas Gunung Kelud, *Parasponia* tumbuh secara alami menutup tanah, diameter batang rata-rata 6 cm yang menghasilkan biomasa 3,5 kg/tanaman. Menurut Ishaq *et al.* (2020) produksi biomasa *Parasponia* berbeda-beda antar kelerengan, di lereng atas bagian punggung rata-rata (0,82 ton/ha) lebih tinggi daripada di lereng tengah dan bawah. Hal tersebut dikarenakan tingkat kerapatan tanaman lebih tinggi dan umurnya lebih tua, dengan diameter batang > 10 cm (Gambar 4.7.5; Gambar 4.7.6; Gambar 4.7.7). Setiap peningkatan 1 cm diameter batang *Parasponia* terjadi peningkatan biomasa rata-rata sekitar 0,5 kg (Alfian 2017). Sementara Styger *et al.* (2009) melaporkan produksi biomasa *Parasponia* di Madagascar rata-rata 8,5 ton/ha (umur 3 tahun) dan 24,7 ton/ha (umur 5 tahun), sedangkan *Parasponia* di Gunung Kelud masih relatif lebih muda sekitar 1,5 tahun.

Daun *Parasponia* mengandung hara cukup tinggi, yaitu 3% N atau 30 g/kg N, 1,7 g/kg Ca, dan 0,22 g/kg P (Styger *et al.* 2009). Seresah *Parasponia* memiliki kadar lignin 16,4%, polifenol 3,4% dan nisbah C/N = 12,5, nisbah Lignin/N = 5,5 dan (Lignin+Polifenol)/N = 6,6 (Kiswara 2017). Menurut Palm dan Sanchez (1991) seresah tanaman termasuk kategori 'cepat lapuk' bila memiliki nisbah C:N <25, kadar lignin <15% dan polyphenol <3%. Pertumbuhan *Parasponia* yang cepat di tempat-tempat kering dan miskin tersebut, dapat meningkatkan potensinya untuk mereklamasi lahan-lahan pertanian terdegradasi di tempat lainnya. Seresah dengan kadar N tinggi (>3%) terutama dari famili leguminosa akan lebih cepat lapuk dan cocok untuk pupuk N, sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia. Namun demikian kurang efektif untuk mengurangi evaporasi karena permukaan tanah akan lebih cepat terbuka (Hairiah *et al.* 2000). Untuk itu, mempertahankan agro-biodiversitas merupakan kunci utama dalam mengoptimalkan stabilitas ekosistem pertanian.



**Gambar 4.7.6** Total produksi biomasa *Parasponia rigida* di berbagai kelerengan Gunung Kelud (s.e.d=0,018). (Keterangan: Pgggn=punggung, Lrg=lereng, Lmb=lambah)



**Gambar 4.7.7** Gambar 4.7.7. Total produksi biomasa *Parasponia rigida* di berbagai kelerengan Gunung Kelud (s.e.d=0,018). (Keterangan: Pggng=punggungan, Lrg=lereng, Lmb=lembah)

#### 4.7.4 Efektivitas bintil akar *Parasponia*

Keberhasilan suksesi tumbuhan pionir *Parasponia* dapat diperhitungkan selain dari produksi biomasanya, juga ditentukan oleh pembentukan bintil akar efektifnya. Bintil akar dipengaruhi oleh sifat fisik tanah (suhu, berat isi, tekstur) dan sifat kimia tanah (pH, kadar N-total dan C-organik) di sekitarnya. Ishaq *et al.* (2020) melaporkan kondisi tanah di lokasi pengamatan lereng Gunung Kelud tergolong miskin, permukaan tanah sangat padat (BI tanah 1,2 g/cm<sup>3</sup> hingga 1,6 g/cm<sup>3</sup>), kandungan pasir sangat tinggi (65% sampai 95%), sedangkan kandungan total C-organik sangat rendah (0,13% sampai 0,26%) dan N-total juga sangat rendah (0,012% hingga 0,04%). Di lapangan didapatkan bintil akar efektif *Parasponia* berkisar antara 79% - 93% dari total bintil akar yang ditemukan di setiap lokasi pengamatan (Gambar 4.7.8). *Parasponia* di lereng atas bagian lembah juga terbentuk banyak bintil akar, namun jumlahnya di bagian lembah hanya sekitar 161 bintil/m<sup>2</sup> dengan bintil efektif rata-rata hanya 127 bintil/m<sup>2</sup> (79%). Sementara *Parasponia* yang tumbuh di lereng bawah bagian lembah, rata-rata terdapat 654 bintil/m<sup>2</sup> dengan bintil akar efektif 610 bintil/m<sup>2</sup> (93%). Banyaknya bintil akar efektif *Parasponia* dipengaruhi oleh kadar total N tanah. Semakin tinggi kadar N dalam tanah, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dalam larutan tanah diikuti oleh penurunan jumlah nodul efektif, sehingga manfaat *Parasponia* kurang bisa dirasakan oleh petani.



**Gambar 4.7.8** Bintil akar *Parasponia* yang efektif dalam menambat N<sub>2</sub> dari udara mengandung protein (leghaemoglobin) tinggi sehingga bintil akar berwarna merah muda (kecoklatan) (Sumber foto: R.M. Ishaq)

#### 4.7.5 Dampak jangka panjang erupsi: fisik, kimia, dan biologi tanah

Dampak jangka pendek endapan abu vulkanik adalah menurunkan kualitas tanah. Namun, derajat penurunan kualitas tanah tergantung dari karakteristik bahan endapan (ketebalan dan ukuran partikel abu vulkanik) dan sistem penggunaan lahannya (Craig *et al.* 2016). Penggunaan lahan dengan kerapatan tutupan kanopi yang tinggi, tingkat kerusakan lahan pascaerupsi umumnya akan lebih ringan dari pada penggunaan lahan yang terbuka. Contoh hasil studi pascaerupsi Gunung Kelud ditampilkan dalam Box 4.7.1.

##### *Box 4.7.1 Pemulihan kondisi tanah pascaerupsi Gunung Kelud: Efek vegetasi terhadap karbon organik tanah, struktur tanah, dan laju infiltrasi (Sumber: Saputra *et al.* 2022)*

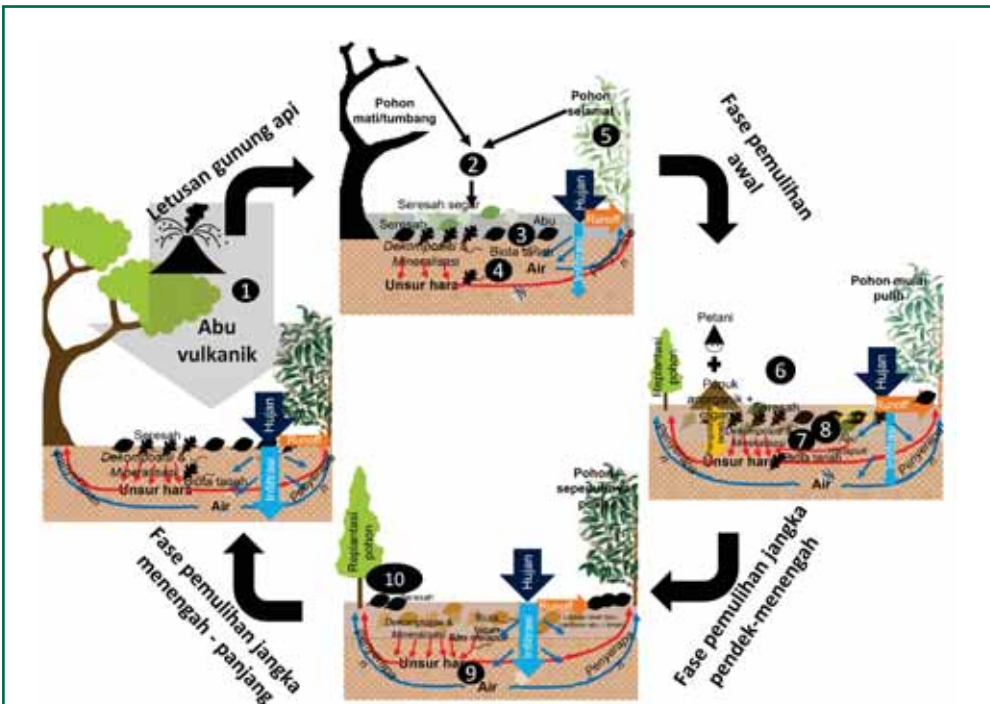
Dampak erupsi gunung berapi terhadap kerusakan lahan bervariasi antar tempat. Penelitian Saputra *et al.* (2022) menunjukkan bahwa tutupan kanopi yang cukup rapat (<70%) dan lapisan seresah yang tebal (0,5 – 2,7 cm) di lahan hutan alami (terdegradasi) dan agroforestri di Ngantang, nampaknya belum mampu menjadi penyangga yang baik terhadap penurunan kualitas tanah pascaerupsi Gunung Kelud 2014. Kondisi tanah secara umum berubah menjadi lebih seragam pada 3 tahun awal pascaerupsi, terlepas dari apapun penggunaan lahannya. Namun demikian, pada 7 tahun pascaerupsi kualitas tanah mulai pulih dan bahkan mengalami perbaikan pada sifat-sifat tanah tertentu. Selama proses pemulihan kualitas tanah inilah praktik pengelolaan lahan yang dilakukan petani menjadi sangat menentukan.

Gangguan fungsi tanah yang terjadi pascaerupsi adalah laju infiltrasi tanah yang sangat menurun, tetapi dalam kurun waktu 7 tahun kondisi infiltrasi tanah telah pulih kembali sepenuhnya. Bahkan pada lahan dengan tanaman semusim, laju infiltrasi

telah meningkat hingga 2 kali lipat dibandingkan dengan saat pra-erupsi. Seiring dengan berjalannya waktu, kualitas tanah di lokasi yang mendapatkan tambahan abu vulkanik akan membaik bahkan mungkin melebihi kondisi tanah pra-erupsi.

Tanah vulkanik diketahui berpotensi tinggi dalam menyimpan karbon (C) organik, namun hal tersebut tergantung dari manajemen penggunaan lahannya. Rata-rata laju akumulasi C organik tanah di berbagai penggunaan lahan di Ngantang pada masa awal pascaerupsi Gunung Kelud adalah 0,7% per tahun. Hasil serupa juga didapatkan oleh Fiantis *et al.* (2019) di Gunung Talang (0,2 hingga 0,5% per tahun) dan Gunung Sinabung (0,5 – 1.4% per tahun). Potensi kemampuan tanah dalam mengakumulasi C organik yang tinggi ini sangat relevan dengan upaya perencanaan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Minasny *et al.* 2021).

Dampak positif jangka panjang dari adanya endapan abu vulkanik tidak hanya berhenti pada kemampuannya dalam menyimpan C di dalam tanah tetapi juga meningkatkan layanan lingkungan lainnya. Saputra *et al.* (2021) mendapatkan bahwa, meningkatnya kandungan C organik dalam tanah diikuti oleh peningkatan stabilitas agregat dan porositas tanah. Peningkatan stabilitas agregat dan makroporositas tanah pascaerupsi di lahan pertanian tersebut seiring dengan meningkatnya dinamika makro dan mikro organisme tanah sebagai akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Keberadaan vegetasi (alami dan introduksi) sebagai agen suksesi lahan berasosiasi positif dengan perkembangan kualitas tanah muda hasil endapan abu vulkanik (Saputra *et al.* 2022, Ishaq *et al.* 2020, Peng *et al.* 2021, Shoji and Takahashi 2002). Skema pengaruh endapan abu vulkanik terhadap perubahan kondisi lahan disajikan dalam Gambar 4.7.9.



**Gambar 4.7.9** Diagram konseptual pengaruh endapan abu vulkanik terhadap kerusakan vegetasi dan tanah serta proses pemulihannya dalam sistem agroforestri (Ilustrasi dan modifikasi: Saputra et al. 2022)

Tahapan-tahapan kerusakan lahan pascaerupsi Gunung Kelud dan pemulihannya (Gambar 4.7.9) adalah sebagai berikut:

- 1 Letusan gunung api memuntahkan tephra (termasuk abu vulkanik) ke atmosfer dan kemudian mengendap di lahan-lahan pertanian, hutan ataupun permukiman;
- 2 Endapan abu vulkanik secara langsung maupun tidak langsung menyebabkan kerusakan pada pohon. Tingkat kerusakan pohon berbeda-beda, mulai dari abrasi daun, patahnya cabang dan ranting, hingga kematian pohon total;
- 3 Lapisan abu vulkanik dan serasah segar kemudian melapisi sebagian/ keseluruhan permukaan tanah. Adanya kontak dengan air menjadikan lapisan abu vulkanik mengeras (mengalami sementasi), sehingga mengganggu sirkulasi air dan udara antara tanah dengan atmosfer;



- 4 Terputusnya koneksi antara tanah dan atmosfer berpotensi mengganggu neraca air dan hara dalam tanah. Hal ini diakibatkan oleh rendahnya laju infiltrasi dan aerasi tanah, termasuk juga terhambatnya proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik;
- 5 Kerusakan kanopi pohon serta rendahnya ketersediaan air dan hara menyebabkan penurunan laju fotosintesis, kegagalan proses pembungaan dan pembuahan, sehingga terjadi penurunan produksi pohon pada awal-awal setelah erupsi;
- 6 Untuk memperbaiki kondisi tanah pascaerupsi, beberapa petani melakukan pencampuran antara abu vulkanik dan seresah dengan tanah, serta mencampurkan pupuk organik dan anorganik;
- 7 Pencampuran abu vulkanik, seresah dan pupuk organik dengan tanah akan memicu tingginya aktivitas organisme tanah. Proses pencampuran tanah oleh aktivitas biologi (bioturbasi) ini mampu memperbaiki struktur tanah;
- 8 Pelapukan abu vulkanik turut menyumbangkan unsur hara ke tanaman;
- 9 Perbaikan neraca air dan hara dalam tanah turut mempercepat proses pemulihan dan perkembangan pohon;
- 10 Pohon yang telah sepenuhnya pulih pascaerupsi, maupun pohon hasil penanaman ulang mulai menghasilkan seresah sehingga dapat berkontribusi pada akumulasi bahan organik tanah. Tingginya kandungan bahan organik tanah akan diikuti dengan meningkatnya aktivitas biota tanah, dan selanjutnya diikuti dengan perbaikan struktur tanah serta ketersediaan hara dan air.

## 4.8 Reklamasi Lahan Pertanian Pascaerupsi

### 4.8.1 Reklamasi berbasis pengetahuan ekologi lokal dari petani agroforestri

---

Kondisi tanah mengalami perubahan baik dari segi fisika, kimia maupun biologi pascaerupsi Gunung Kelud. Lahan-lahan yang berada lebih dekat dengan pusat erupsi (hutan alami di lereng atas) memperoleh masukan abu vulkanik lebih besar, juga tidak ada intervensi manusia untuk mencampur abu vulkanik dengan tanah aslinya seperti yang terjadi di lahan-lahan pertanian di lereng bawah (Gambar 4.8.1). Permukaan

tanah menjadi lebih padat terutama setelah turun hujan (Hairiah *et al.* 2016), sehingga air hujan mengalir lepas ke tempat lainnya, maka banyak tanaman yang mati kecuali jenis tanaman yang tahan terhadap cekaman air. Oleh karena itu petani melakukan pengolahan tanah untuk menggemburkan tanahnya dan menambahkan pupuk kandang yang dibeli dari luar desanya, dan juga ditambah pupuk NPK yang dibeli dari pasar lokal.

Kejadian erupsi gunung berapi umumnya mengundang tanggapan yang beragam dari petani lokal, tergantung dari kondisi dan waktunya. Hasil wawancara terhadap 42 orang petani agroforestri di Desa Kutut, Wonorejo dan Pait, Kecamatan Ngantang dan Desa Krisik, Kecamatan Blitar (Gambar 4.8.2) bahwa erupsi gunung berapi itu ibarat "*Musibah yang membawa berkah*" di kemudian hari, karena abu vulkanik mengandung beraneka macam mineral yang bila terlapuk dapat menyuburkan tanah (Athoilah 2017).



**Gambar 4.8.1** Managemen tanah pertanian pascaerupsi Gunung Kelud: (a) FGD dengan petani di Dusun Kutut, (b) lapisan tebal abu vulkanik di lahan pertanian, (c, d, dan e) penjelasan petani tentang managemen tanah di lahannya pascaerupsi, (f) tumpukan pupuk kandang kotoran ayam untuk olah tanah (Sumber foto: R.M. Ishaq dan K. Hairiah 2017)



**Gambar 4.8.2** Erupsi gunung berapi adalah musibah yang membawa berkah, Petani memiliki pengetahuan ekologi yang diperoleh dari kakek dan bapaknya tentang kesuburan tanah dan upaya mengelolanya di Desa Ngantang dan Krisik (Sumber foto: I. Athoilah dan Isnaini 2017)

Pengelolaan lahan pertanian pascaerupsi oleh petani di lereng Gunung Kelud ditampilkan dalam Gambar 4.8.3. Pengetahuan dan ketrampilan petani dalam pengelolaan lahan pascaerupsi diperoleh secara turun temurun, dengan langkah sebagai berikut: (a) menyingkirkan abu dan pasir vulkanik secara melingkar di sekitar pokok tanaman sehingga air bisa masuk ke dalam tanah, (b) abu dan pasir vulkanik disingkirkan dan diletakan diantara baris tanaman membentuk guludan, (c) mempersiapkan bibit tanaman baru untuk menggantikan tanaman yang rusak/mati, (d) mencampur tanah yang ada dengan abu vulkanik yang masuk di atasnya (Athoilah 2017).



**Gambar 4.8.3** Pengelolaan lahan pascaerupsi Gunung Kelud yang dilakukan oleh petani secara turun temurun (Sumber foto: I. Athoilah 2017)

## 4.8.2 Pengolahan tanah

Pasca letusan Gunung Kelud pada tahun 2014, material yang di"timbun"kan di lokasi pengamatan (Dusun Kutut) berbeda sama sekali dengan material timbunan letusan sebelumnya. Hasil letusan yang mengendap sebelumnya merupakan pasir yang subur yang hanya memerlukan waktu 4 tahun untuk dapat digunakan secara optimal. Pada tahun 2014 material yang masuk ke lahan berupa abu, pasir, kerikil, bahkan hingga bahan seukuran lapili. Kerikil vulkanik yang mengendap di lahan-lahan masyarakat di Dusun Kutut relatif cukup besar dengan diameter 2 hingga 6 cm. Hal tersebut tentunya menyulitkan masyarakat dalam mengolah tanahnya. Selain ukuran kerikil yang cukup besar ternyata panas yang dibawa oleh material tersebut tergolong tinggi. Hal ini mengakibatkan tanaman yang tumbuh tidak akan lama bertahan hidup. Produksi cabe, tomat dan tanaman hortikultura lainnya (dalam sistem tumpang gilir) yang menjadi unggulan pertanian di Dusun Kutut menurun hingga sekitar 50%.

Ada 4 cara pengolahan tanah yang dilakukan masyarakat pascaerupsi:

- a. Menyingkirkan kerikil-kerikil yang ada di lahan ke bagian pematang atau tepi-tepi lahan pertanian,
- b. Mencampur masukan kerikil-kerikil dengan pasir yang ada dibagian sub soil,
- c. Mengangkut kerikil-kerikil keluar lahan pertanian bila tersedia cukup biaya
- d. Memasukkan kerikil di kedalaman 50-70 cm (setengah tinggi orang dewasa) dan membalik pasir yang tadinya di lapisan dalam menuju ke lapisan permukaan.

### 4.8.3 Penggunaan Pupuk

---

Penduduk Dusun Kutut umumnya menambahkan pupuk kandang yang tersedia di pasar (kotoran ayam) yang berasal dari Kabupaten Blitar. Hal tersebut tentu saja membutuhkan biaya extra untuk transportasinya. Banyak masyarakat di desa yang terdampak abu vulkan beternak sapi perah, namun demikian kotoran sapi tidak dimanfaatkan untuk pupuk seperti kotoran sapi pedaging.

Cara pemupukan yang dilakukan masyarakat adalah membiarkan pupuk kandang agar tidak “panas” beberapa waktu sebelum diaplikasikan ke lahan. Petani menginformasikan jika pupuk segar langsung diaplikasikan akan meningkatkan “panas” di tanah yang menyebabkan kematian tanaman. Pupuk kimia sangat sedikit digunakan karena harga dan letak pasarnya yang jauh dari dusun.

### 4.8.4 Reklamasi Lahan Pascaerupsi dengan Agroforestri

---

Pemulihan lahan-lahan pertanian terdampak erupsi gunung api dapat dirancang berdasarkan tingkat kerusakan dan ketebalan abu (Neild *et al.* 1998). Pemulihan dapat dilakukan dengan berbagai metode baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Pengelolaan lahan secara mekanik merupakan salah satu usaha untuk memfungsikan dan memaksimalkan potensi lahan pertanian. Perbaikan jangka pendek yang dilakukan petani di sekitar Gunung Kelud atau di tempat lainnya, umumnya adalah dengan cara pembalikan tanah, dengan jalan mencampur abu vulkanik dan tanah asli yang ada di lahan dan membenamkan sedalam  $\pm 20$  cm (Hairiah *et al.* 2015). Selama pengolahan tanah tersebut pupuk kandang dan pupuk NPK ditambahkan ke dalam tanah untuk menambah jumlah hara tersedia. Sebelum erupsi terjadi, pemberian pupuk jarang dilakukan tetapi setelah terjadi erupsi, aplikasi pupuk kandang dalam jumlah yang cukup banyak (kira-kira 10 ton/ha) dilakukan dengan jalan disebar di permukaan tanah, kemudian dicampur menggunakan traktor atau cangkul. Disarankan pula reklamasi lahan pascaerupsi menanam beberapa jenis rerumputan untuk pakan ternak dan sekaligus untuk mengurangi limpasan permukaan (Prawiradiputra *et al.* 2011).

Reklamasi lahan untuk jangka panjang banyak dilakukan dengan menanam berbagai jenis pepohonan dalam sistem agroforestri (USGS 2011), diawali perbaikan kondisi tanah dalam lubang tanam dengan jalan menambah kompos atau pupuk kandang (Rahayu *et al.* 2014). Peningkatan keanekaragaman jenis pohon di lahan pertanian pascaerupsi memberikan manfaat yang cukup besar, antara lain menambah bahan organik, meningkatkan porositas tanah karena adanya aktivitas perakaran, mengendalikan evapotranspirasi, mengendalikan erosi dan menjaga siklus hara (Van Noordwijk *et al.* 2008) akan bermanfaat dalam mempertahankan kualitas tanah dan kualitas air sungai.

#### 4.8.5 Reklamasi di lahan agroforestri pascaerupsi

---

Petani agroforestri mempunyai strategi reklamasi yang berbeda dengan lahan pertanian tanaman semusim yang lebih terbuka. Masalah yang dihadapi sama dengan tanaman semusim yaitu pemadatan tanah, kering dan banyak masukan abu, namun demikian pendekatannya ada perbedaan dalam pengolahan tanahnya.

Langkah-langkah reklamasi lahan agroforestri yang dilakukan oleh petani (Gambar 4.8.4) diawali dengan: (a) membersihkan lahan dengan cara memangkas tanaman yang mati dan memangkas dahan-dahan pohon yang patah, (b) menyingkirkan abu vulkanik dari titik yang akan dibuat lubang tanam, (c) menggali lubang tanam berukuran 1 m<sup>2</sup> sedalam 1 m, (d) memasukan abu vulkanik ke dalam lubang tanam, dan mencampur dengan tanah mineral di bawahnya, dan menambahkan pupuk kandang, (e) menanam bibit pohon durian tinggi sekitar 75 cm, (f) menimbun lubang dengan campuran tanah, abu vulkanik dan pupuk kandang, (g) menambah bahan organik asal dari rumput-rumput mati di sekitarnya, ditutup tanah dan ditambahkan sedikit kapur untuk mencegah berkembangnya jamur yang mungkin bisa merugikan tanaman yang baru ditanam, (g) terakhir disiram dengan air. Adanya erupsi Gunung Kelud telah sedikit mengubah struktur dan komponen penyusun lahan agroforestri, hal tersebut tentunya juga akan mengubah fungsi dan jasa lingkungan agroforestri yang ada.



Gambar 4.8.4 Reklamasi lahan pascaerupsi menurut pengetahuan petani agroforestri (a dan b) perbedaan tanah mineral dan abu vulkan; (c dan d) persiapan lubang tanam untuk penanaman pohon; (e dan f) pemberian campuran pupuk, sekam bakar, dan abu vulkan untuk media tanam; (g dan h) penanaman pohon (Sumber foto: K. Hairiah 2017)

## 4.9 Efisiensi Serapan Hara N dalam Sistem Agroforestri

Peningkatan dosis aplikasi pupuk N secara berlebihan hingga melebihi kebutuhan tanaman merupakan salah satu penyebab utama turunnya kualitas tanah di daerah pertanian, karena sebagian besar N hilang dari jangkauan akar, bisa dalam bentuk ammonia ( $\text{NH}_3$ ), ammonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), nitrous oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) (Ribaudo *et al.* 2011). Menurut Myers *et al.* (1997), pengaturan mineralisasi hara yang selaras (*synchron*) dengan kebutuhan tanaman dan berada dalam jangkauan akar tanaman (*synloca*) merupakan kunci utama keberhasilan dari manajemen tanah yang berkelanjutan. Peningkatan keanekaragaman jenis tanaman dalam sistem agroforestri dapat memperbaiki kerapatan perakaran di berbagai lapisan tanah. Kondisi tersebut sangat dibutuhkan untuk membangun 'jaring penyelamat hara' sehingga mengurangi kehilangan hara lewat pencucian (Van Noordwijk *et al.* 1991, Rowe *et al.* 2001).

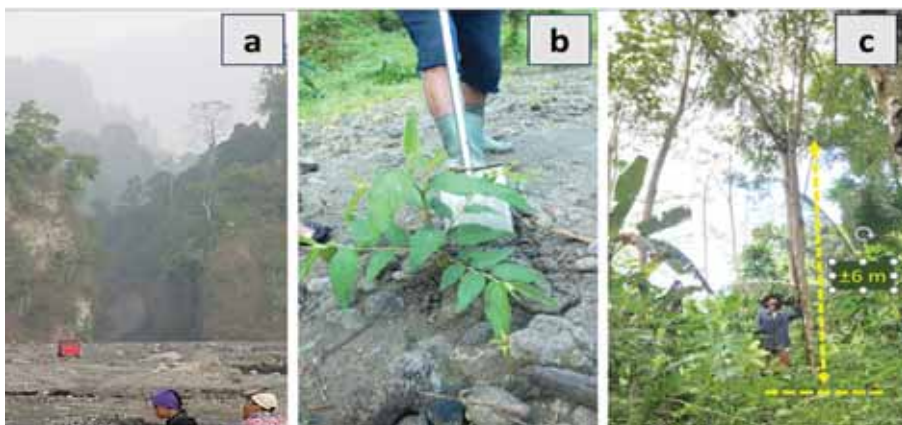
Suprayogo *et al.* (2000) menguji peran akar pohon dalam sistem tumpang sari pohon jenis *leguminose* (*Peltophorum*, *Gliricidia*) dengan jagung di ultisol (Lampung Utara) untuk mengurangi kehilangan N lewat pencucian. Hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi N-mineral ( $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$ ) di kedalaman tanah >0,8 m adalah 40% lebih rendah bila dibandingkan dengan N-mineral di lahan jagung monokultur dengan kedalaman tanah yang sama. Tinggi rendahnya konsentrasi N mineral di lapisan bawah tanah menunjukkan

tingkat efektivitas akar pohon dalam menyerap N yang lolos dari jangkauan akar. Semakin rendah konsentrasi N mineral yang dijumpai dalam tanah lapisan bawah, berarti semakin efektif akar tanaman pohon dalam menyerap N tercuci (Rowe *et al.* 2001).

#### 4.10 Tantangan Pengembangan *Parasponia rigida* dalam Sistem Agroforestri

*Parasponia rigida* atau lebih dikenal masyarakat sebagai “anggrung hijau”, tumbuh menyebar di aliran sungai yang dialiri oleh lahar dingin pada waktu Gunung Kelud meletus tahun 2014. Diduga kuat benih dari *Parasponia* di lereng atas hanyut terbawa arus lahar/air dan angin hingga tumbuh alami di sekitar aliran sungai di lereng atas dan bawah (Gambar 4.10.1). Tumbuhan pionir *Parasponia* mempunyai fungsi dan memberikan manfaat (jasa) lingkungan bagi masyarakat di pegunungan seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.10.1.

Seorang petani kopi Pak Tani Wibowo dari Desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang menunjukkan bahwa tanaman pionir *Parasponia* tumbuh secara alami di lahannya 1 tahun setelah erupsi Gunung Kelud (Gambar 4.10.1C). Tumbuhan tersebut hingga kini dibiarkan tumbuh di lahan agroforestri kopinya bersama tanaman pionir lainnya seperti anggrung merah (*Trema orientalis*) yang mahal harga jual kayunya.



**Gambar 4.10.1** (A) Lokasi aliran lahar di lereng bawah Gunung Kelud di Dusun Kutut, (B) bibit *Parasponia* berkembang secara alami di tanah-tanah miskin, (C) pohon *Parasponia* yang tumbuh secara alami di lahan agroforestri kopi di Kecamatan Ngantang (Sumber foto: K. Hairiah, R.M. Ishaq 2017; A.Wardani 2022)



Tabel 4.10.1 Fungsi penting dan jasa lingkungan *Parasponia rigida* di lingkungan pegunungan

Fungsi		Manfaat
1	Memproduksi biomasa dalam jumlah besar dan berkualitas tinggi	Menyediakan pakan ternak yang berkualitas
	Menutup permukaan tanah karena pertumbuhannya relatif cepat dengan tegakan yang rimbun	Mengatur iklim mikro di lingkungan sekitarnya
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Seresah daun yang gugur dan akar-akar mati untuk menambah jumlah bahan organik tanah dan menambah jumlah pori makro, mengurangi tingkat kepadatan tanah</li> <li>● Membentuk habitat tanah yang kaya C dan lembab,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mengatur emisi C dengan mempertahankan cadangan C tanah</li> <li>● Mengatur siklus hidrologi dan siklus hara dalam tanah</li> <li>● Membentuk habitat yang cocok bagi organisma lainnya sehingga dapat mempertahankan rantai makanan organisma</li> </ul>
3	Akar <i>Parasponia</i> tumbuh berkembang cukup intensif di lapisan bawah penting untuk mengemburkan tanah dan mempertahankan masukan bahan organik di lahan pertanian pascaerupsi.	Mengatur tata air lahan pertanian sehingga dapat mengurangi tingkat kekeringan tanah pascaerupsi
4	Menambah hara N dengan cara menambat N dari udara karena memiliki bintil akar dan bersimbiosis dengan bakteri <i>Rhizobium</i>	Mengatur jumlah N tersedia bagi tanaman, sehingga bisa mengurangi ketergantungan petani kepada pupuk buatan

Melihat potensi tanaman pionir *Parasponia* sebagai penyubur tanah dan penghasil pakan ternak, maka tumbuhan tersebut berpeluang besar untuk disisipkan di dalam lahan agroforestri yang ada di sekitarnya. Namun demikian untuk pengembangan tumbuhan pionir alami tersebut tidak semudah seperti halnya mengembangkan tanaman-tanaman pertanian. Tantangan yang dihadapi adalah tidak mudahnya tanaman tersebut untuk dibudidayakan secara sengaja di lahan pertanian. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh faktor penghambat internal (embrio dan masa dormansi benih) dan faktor eksternal (lingkungan dan syarat tumbuhnya). Percobaan perbanyak tanaman *Parasponia* menggunakan biji, diperoleh hasil yang buruk dan sangat lambat pertumbuhannya (mencapai 6 bulan) dengan tingkat kematian yang tinggi pada embrio biji itu sendiri (Bender & Rolfe 1985, Knyazev *et al.* 2018).

Menurut Miles *et al.* (1992) bahwa anakan *Parasponia* banyak ditemukan di sepanjang tepi sungai karena saat buah *Parasponia* jatuh terbawa arus sungai dan pericarp buah terabrasi karena adanya benturan berbagai batuan dan akhirnya tumbuh di pasir aliran sungai. Selain itu juga biji dapat terbawa oleh burung *frugivora* dan mamalia *arboreous* yang memakannya, karena buah *Parasponia* berdaging, dengan demikian biji *Parasponia* mudah tersebar di tempat lain. Secara alami biji *Parasponia* akan mudah tumbuh ketika kondisi cahaya matahari tersedia cukup banyak dan di bawah kondisi suhu dan kelembaban yang tinggi (Miles *et al.* 1992, Madjibe *et al.* 2018). Mengingat sulitnya perkecambahan biji *Parasponia* untuk dibudidayakan, maka biji perlu diperlakukan secara khusus untuk mempercepat perkecambahan bijinya, atau dapat pula melalui teknologi kultur jaringan (*in-vitro*) agar lebih mudah untuk membudidayakannya.

## 4.11 Kesimpulan

Erupsi gunung berapi menimbulkan banyak macam gangguan di lahan-lahan pertanian dan berbagai macam tingkat kerugiannya. Dalam jangka pendek erupsi gunung berapi banyak merugikan masyarakat luas. Banyak kerugian dan kerusakan lahan pertanian di sekitar Gunung Kelud, akibat adanya tutupan abu vulkan yang panas dan tebal menutup permukaan tanaman sehingga banyak tanaman yang mati atau rusak dan mati secara bertahap karena adanya gangguan proses fotosintesis sehingga proses pertumbuhan tanaman terganggu. Namun untuk jangka panjangnya, erupsi gunung berapi justru memberikan berkah bagi petani karena adanya peningkatan kesuburan tanah.

Tingkat kerapatan kanopi tanaman seperti yang ada di hutan alami ataupun agroforestri masih belum mampu menjadi penyangga terhadap penurunan kualitas tanah pascaerupsi Gunung Kelud. Pada awal (3 tahun) pascaerupsi, tanah menjadi lebih seragam dan padat, terlepas dari apapun penggunaan lahannya. Namun pada 7 tahun pascaerupsi, kualitas tanah mulai pulih dan bahkan mengalami perbaikan pada sifat fisik

tanah tertentu terutama berkaitan dengan perbaikan porositas tanah. Selama proses pemulihan kualitas tanah tersebut, praktik pengelolaan lahan dengan tingkat kerapatan dan keanekaragaman yang tinggi akan menjadi sangat menentukan keberhasilannya.

Salah satu jenis tumbuhan pionir alami yang juga umum dijumpai pascaerupsi Gunung Kelud, adalah anggrung hijau (*Parasponia rigida*) termasuk famili Canabacceae yang dapat membentuk bintil akar, sehingga mampu memfiksasi nitrogen bebas dari atmosfer. *Parasponia* banyak tumbuh di tempat-tempat miskin hara, di jalur aliran lahar dan di dinding tebing yang curam, sehingga mampu membentuk bintil akar yang efektif. *Parasponia* banyak dikenal masyarakat sebagai pakan ternak, namun demikian pengembang biaknya di lahan agroforestri tidak semudah penyebarannya secara alami di luar lahan pertanian. Oleh karena itu, masih ada tantangan tersendiri dalam mempercepat perkecambahan biji *Parasponia* agar upaya pengelolaan lahan agroforestri secara berkelanjutan dapat tercapai.



## Bab 5.

# AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG KAWI

*Danny Dwi Saputra, Irma Ardi Kusumawati, Khanza Amaladewi Sudharta, Rika Ratna Sari*

## 5.1 Pengantar

Sebagai sebuah konsep, agroforestri telah memasuki dekade kelima (van Noordwijk 2019). Namun, dari segi praktik budidaya, agroforestri di Indonesia telah berkembang sejak 3000 BC (melalui praktik pekarangan/ *homegarden*) dan bertumbuh seiring dengan perkembangan populasi penduduk dan dinamika sosial di dalamnya (Budiadi *et al.* 2021, Soemarwoto 1987, Wiersum 2006). Praktik agroforestri di Indonesia sangat beragam dan terkait erat sekali dengan perkembangan budaya lokal dan faktor lingkungan yang mendukungnya (spesifik lokasi). Contoh nyata keberagaman praktik agroforestri ini tercermin dari keberagaman nama lokalnya, seperti *taungnya* di Jawa, *repong damar* di Krui Lampung, *tembawang* di Kalimantan Barat, *lembo* di Kalimantan Timur, *dusung* di Maluku, *kaliwu* di Sumba dan sebagainya.

Agroforestri sebagai sebuah sistem pertanian yang multifungsi, terus berkembang pesat akhir-akhir ini dan menjadi salah satu praktik budidaya yang mudah dijumpai, khususnya di lanskap pegunungan. Strukturnya menyerupai hutan yang berpotensi menghambat laju degradasi lahan akibat erosi tanah; sebuah masalah klasik dan umum dihadapi oleh petani tanaman semusim (monokultur) di kawasan berlereng terjal khas lanskap pegunungan. Namun demikian lahan tetap menyediakan sumber penghasilan bagi petani.

Di Jawa Timur, praktik agroforestri dapat dijumpai hampir di seluruh kawasan pertanian, khususnya di lanskap pegunungan. Namun, dengan praktik budidaya yang berbeda mengikuti dinamika budaya dan sosial, ekonomi dan lingkungan (tanah, iklim, serangan hama, dan sebagainya) maka macamnya juga sangat beragam. Salah satu lokasi yang menarik untuk dikaji adalah praktik agroforestri di lereng Gunung Kawi.

Tidak hanya terkenal dengan wisata budaya dan spiritualnya, Gunung Kawi juga terkenal dengan produk kopi hasil dari sistem agroforestri. Kekayaan budaya dan pengetahuan lokal masyarakat, sejarah penggunaan lahan, serta perubahan kondisi ekonomi, politik dan lingkungan berperan sangat besar dalam pengembangan agroforestri di kawasan tersebut. Perbedaan latar belakang di berbagai wilayah di lereng Gunung Kawi menghasilkan sistem agroforestri yang khas termasuk produk-produk yang

dihasilkannya. Bab ini akan membahas tentang dinamika praktik budidaya agroforestri di lereng Gunung Kawi, dengan mengambil contoh studi kasus di beberapa lokasi sistem agroforestri berbasis kopi di lereng selatan-barat dan selatan-timur, tepatnya di Kabupaten Blitar dan Malang.

## 5.2 Karakteristik Wilayah

### 5.2.1 Kondisi Umum Wilayah

---

Gugusan pegunungan dan perbukitan Kawi, Buthak, dan Panderman (selanjutnya disebut kawasan Gunung Kawi) terletak di sebelah barat daya Kabupaten Malang dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Blitar, Jawa Timur, Indonesia (Gambar 5.2.1). Pegunungan stratovolcano yang biasa juga disebut dengan “Gunung Putri Tidur” ini merupakan gunung api purba yang sudah lama tidak aktif, dengan puncak tertingginya berada di G. Buthak (2.880 mdpl). Batuan Gunung Api Kawi-Buthak termasuk dalam batuan gunung api kuartir tengah yang tersusun atas bahan breksi gunung api, tuf lava, anglomerat dan lahar. Batuan gunung api ini diperkirakan berumur plistosen akhir bagian awal, tertindih oleh batuan gunung api kuartir yang lebih muda dan tuf Malang (Kurniawan *et al.* 2008).

Kondisi akuifer yang baik (mampu menyimpan dan meloloskan air dengan efektif) dan kondisi topografi khas pegunungan (bergunung, berbukit, dan berlembah) mendukung untuk munculnya mata air yang merata di berbagai lokasi, namun dengan debit yang beragam tergantung dari struktur dan jenis material penyusun batuan, kondisi geomorfologi dan tutupan lahan yang ada (Masitoh *et al.* 2021). Keberadaan mata air ini sangat penting bagi masyarakat, tidak hanya untuk kebutuhan rumah tangga namun juga untuk keperluan irigasi lahan pertanian. Namun demikian, terjadinya perubahan penggunaan lahan berpotensi memodifikasi siklus air di tingkat tapak (plot) dan lanskap, yang pada akhirnya dapat berdampak terhadap kualitas dan kuantitas sumber daya air.

Sering muncul pertanyaan kapan terakhir kali Gunung Kawi meletus? Hingga kini belum ditemukan jawaban yang pasti. Namun demikian, letusan Gunung Kawi pada masa lampau turut membentuk ekosistem yang unik di lanskap pegunungan tersebut, salah satunya melalui pengaruhnya dalam pembentukan tanah. Hal ini dibuktikan dengan adanya kandungan mineral alofan yang banyak dijumpai di lapisan tanah bawah di bagian lereng timur dan (kemungkinan) lereng utara Gunung Kawi (Santoso 1997). Keberadaan mineral alofan di lapisan tanah bawah menjadi bukti adanya aktivitas vulkanik di masa lampau. Sebaran tanah di kawasan Gunung Kawi didominasi oleh ordo tanah Inceptisols, Alfisols dan Andisols (Andri 2016). Meskipun ditemukan juga sedikit kawasan dengan jenis tanah Entisols (solum dangkal <60 cm, pencucian sangat intensif) di wilayah

dengan kelerengan yang terjal (Aini *et al.* 2010). Karakteristik tanah yang secara umum baik, seperti dicirikan dengan rendahnya berat isi tanah, kandungan bahan organik yang tinggi, serta distribusi pori tanah yang menunjang cepatnya laju infiltrasi (Endarwati *et al.* 2017, Nita *et al.* 2017), menjadikan tanah-tanah di kawasan Gunung Kawi ini berpotensi besar untuk pengembangan budidaya pertanian.

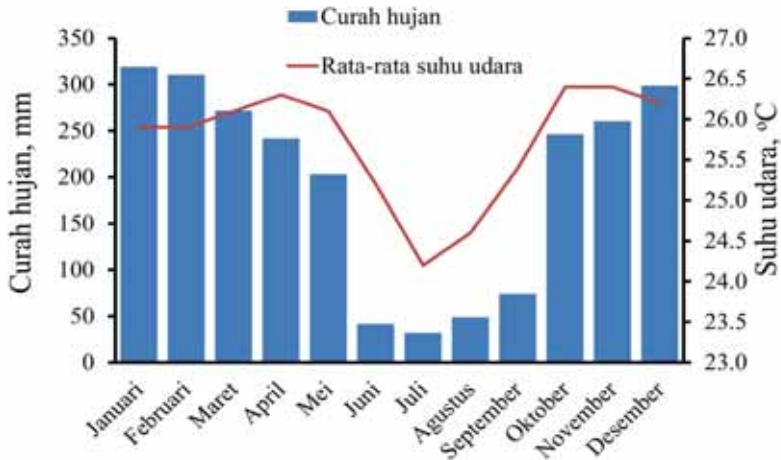


**Gambar 5.2.1** Deretan Pegunungan Kawi, Buthak, dan Panderman atau yang biasa dikenal juga dengan sebutan Gunung Putri Tidur (Sumber foto: S. Yuniar 2022)

## 5.2.2 Iklim

---

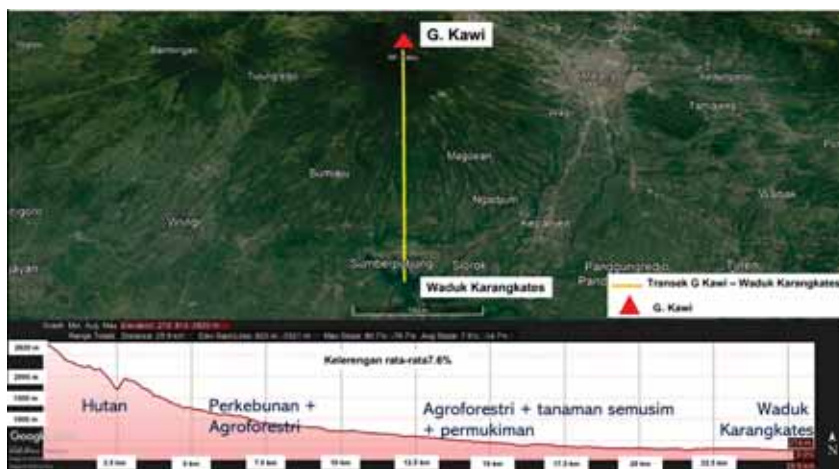
Wilayah Gunung Kawi memiliki iklim muson tropis, dengan perbedaan musim hujan dan kemarau yang tegas dan suhu udara yang relatif panas sepanjang tahun (Gambar 5.2.2). Dari catatan BPS selama 6 tahun terakhir (BPS 2022), curah hujan di kawasan Gunung Kawi bervariasi mulai sekitar 1.600 mm tahun<sup>-1</sup> hingga >3.000 mm tahun<sup>-1</sup>. Rata-rata curah hujan tertinggi umumnya terjadi pada Bulan Januari-Februari, sedangkan terendah pada Bulan Juni-Agustus. Rata-rata suhu udara tahunan kawasan ini adalah 25,7oC. Secara umum, suhu udara lebih rendah terjadi selama musim kemarau, meskipun perbedaan ini hanya kurang dari 3oC dibandingkan dengan rata-rata suhu pada musim penghujan.



Gambar 5.2.2 Distribusi curah hujan dan suhu udara di sekitar wilayah selatan lereng Gunung Kawi yang diambil dari Stasiun Klimatologi Karangkates antara tahun 2015-2021 (Sumber data: BPS 2022)

### 5.2.3 Kondisi Umum Sistem Penggunaan Lahan

Secara umum, bentuk lahan yang terdapat di kawasan Gunung Kawi meliputi pegunungan, perbukitan, dataran dan lembah alluvial. Apabila ditarik garis transek antara puncak tertinggi Gunung Kawi menuju Waduk Karangkates (Gambar 5.2.3), dapat diketahui bahwa kawasan ini memiliki keterlereng yang bervariasi mulai dari landai hingga sangat curam.



Gambar 5.2.3 Profil ketinggian tempat berdasarkan transek (garis kuning) lereng selatan Gunung Kawi menuju Waduk Karangkates (Data diolah dari Google Earth 2022)



Wilayah pegunungan dan perbukitan serta lereng-lereng yang tererosi (radius  $\pm$  5 km dari puncak Gunung Kawi) memiliki kemiringan rata-rata 32%, dengan maksimal kemiringan mencapai 80%. Penggunaan lahan di kawasan ini berupa hutan alami dan hutan terganggu/terdegradasi. Hutan terganggu adalah hutan alami yang telah mengalami kerusakan cukup parah dikarenakan adanya aktifitas manusia seperti penebangan/pembabatan vegetasi, perburuan satwa, aktivitas pendakian, dan sebagainya. Vegetasi didominasi oleh aneka jenis pohon dengan berbagai macam umur, semak belukar, serta tumbuhan bawah (Gambar 5.2.4 a dan b).

Pada tempat yang lebih rendah dengan ketinggian <1.249 mdpl, penggunaan lahan mulai didominasi oleh hutan produksi pinus dan agroforestri. Kawasan ini memiliki kemiringan rata-rata 11%, dengan kelerengan maksimal hingga 37%. Berdasarkan status kepemilikan lahan, penggunaan lahan berbasis pohon di area ini dibedakan menjadi dua, yaitu hutan produksi milik negara yang dikelola oleh Perhutani, dan hutan rakyat. Hutan produksi milik Perhutani umumnya digunakan untuk budidaya pohon secara monokultur (pinus) ataupun agroforestri sederhana (tumpang-sari pinus dengan rumput gajah atau kopi). Sementara itu, hutan rakyat banyak digunakan untuk budidaya kopi dalam sistem agroforestri (Gambar 5.2.4 c) yang dikombinasikan dengan berbagai jenis pohon penayang (sengon, lamtoro, durian, cengkeh, dsb.), maupun dengan tanaman bawah dan tanaman panjat seperti rumput gajah, talas-talasan, cabai, vanili, lada dsb.

Campuran antara kawasan pertanian (agroforestri dan tanaman semusim) dengan permukiman penduduk mulai terlihat pada ketinggian <884 mdpl. Kawasan ini memiliki rata-rata kemiringan lahan 5%. Budidaya tanaman semusim berupa tegalan maupun sawah dengan beraneka-ragam komoditas pertanian (sayuran, rumput gajah, hortikultura, dsb) semakin banyak dijumpai seiring dengan berkurangnya ketinggian tempat (Gambar 5.2.4 d).



**Gambar 5.2.4** Penggunaan lahan yang umum dijumpai di lereng selatan Gunung Kawi. Kawasan hutan mendominasi lereng atas (a dan b), sementara agroforestri dan tanaman semusim banyak menempati wilayah bagian tengah dan bawah (c dan d) (Sumber foto: Agus 2022 (a dan b), K.A. Sudharta 2022 (c), S. Yuniar 2022 (d))

## 5.3 Riwayat Alih Guna Lahan dan Pembentukan Sistem Agroforestri

### 5.3.1 Riwayat Alih Guna Lahan

---

Alih guna lahan yang disebabkan oleh aktivitas manusia telah mengakibatkan hilangnya keanekaragaman hayati secara global, dan perubahan fungsi jasa lingkungan pada berbagai macam ekosistem (Msofe *et al.* 2019). Alih guna lahan berkaitan dengan kegiatan deforestasi, konversi lahan menjadi padang rumput dan lahan monokultur, intensifikasi pertanian, dan urbanisasi (FAO 1997). Secara global, alih guna lahan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti sosial-ekonomi, politik, dan kelembagaan (Rowcroft 2005). Terlepas dari pengaruh aktivitas manusia, perubahan faktor alam seperti iklim, kondisi tanah dan karakteristik lahan lainnya juga dapat memicu terjadinya alih guna lahan (Parry *et al.* 2007, Msofe *et al.* 2019).

Apabila ditilik agak jauh ke masa lampau, dalam sejarah tertulis pembukaan lahan untuk permukiman dan budidaya pertanian di lereng Gunung Kawi telah dimulai sejak jaman kolonial Belanda. Mulai dari cerita terkait dengan pembukaan lahan hutan di lereng selatan-timur Gunung Kawi (tepatnya di Desa Wonosari, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang) untuk pendirian padepokan oleh Kyai Zakaria II (Eyang Djugo) dan Eyang Iman Soedjono (keduanya adalah pengikut Pangeran Diponegoro) pada tahun 1871, yang kemudian diikuti oleh terbentuknya permukiman padat dan ramai di sekitarnya (Widiyanto 2019). Eksploitasi hutan di kawasan pegunungan Arjuna-Kawi untuk dijadikan perkebunan kopi telah terjadi pada abad 19 saat masuknya kebijakan ekonomi dan politik perkebunan dari pemerintah olonial Belanda. Situasi tersebut kemudian mengangkat nama Kabupaten Malang, yang sebelumnya bukan merupakan tempat penting secara ekonomi, berubah menjadi sentra penghasil kopi terbesar di Jawa Timur dengan kemajuan sosial ekonomi yang berkembang pesat (Hudiyanto 2015).

Pembukaan lahan untuk perkebunan kopi pertama ini dilakukan pada tahun 1832 yang selanjutnya bernama Afdeling Malang. Kata afdeling berasal dari Bahasa Belanda 'afdeeling' yang berarti wilayah administratif setara dengan kabupaten, di bawah kendali seorang asisten residen. Saat itu, Afdeling Malang merupakan sentra penghasil kopi terbesar di Jawa Timur mengungguli sentra penghasil kopi lainnya di Banyuwangi, Jember, Probolinggo, dan Jombang. Perkembangan sektor perkebunan tersebut memicu peningkatan angka migrasi penduduk dan berimbas kembali pada alih guna lahan, pembangunan infrastruktur dan perubahan lanskap sosial (Hudiyanto 2015, Afgani & Husain 2018).

Pendirian perkebunan kopi oleh perusahaan swasta semakin marak setelah penerbitan Undang-undang Agraria (*Agrarische Wet*) pada 1870. Undang-undang ini mengganti praktik politik monopoli (politik konservatif) menjadi politik liberal, dimana pengusaha swasta diberikan kesempatan dan kebebasan untuk mengembangkan usaha dan modalnya di bidang pertanian. Kondisi tersebut secara langsung mendorong meluasnya eksploitasi hutan di kawasan lereng G. Arjuna dan Gunung Kawi. Jumlah perkebunan kopi di Malang yang sebelumnya hanya 21 (akhir 1880) berkembang menjadi 98 perkebunan pada 1916 (Gambar 5.3.1), dengan luasan kebun berkisar antara 400-500 ha dan secara keseluruhan dimiliki oleh orang Belanda (Afgani & Husain 2018).

Salah satu contoh perkebunan kopi peninggalan Belanda yang saat ini masih beroperasi adalah perkebunan kopi PTPN XII di Desa Bangelan, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang. Perkebunan kopi dengan nama asli *Onderneming* Bangelan ini didirikan pada 1901, dan difungsikan sebagai kebun khusus untuk percobaan budidaya kopi robusta (*Coffea canephora*). Berbasis dari perkebunan inilah cikal bakal budidaya kopi di Indonesia yang selanjutnya lebih didominasi oleh kopi robusta menggantikan kopi arabika (*Coffea arabica*) yang saat itu sangat rentan terhadap serangan penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*). Perkebunan tersebut kemudian berganti-ganti nama mengikuti proses nasionalisasi aset-aset asing (Belanda), menjadi Perseroan Perkebunan Negara pada 1961, hingga akhirnya menjadi PTPN XII Kebun Bangelan pada 1996 (Kusumo 2020).



**Gambar 5.3.1** Perkebunan kopi di Jawa pada masa Kolonial Belanda. Integrasi pohon kopi dengan pohon penayang (sistem agroforestri) menjadi praktik budidaya kopi yang umum dijumpai (Sumber foto: Koninklijk Instituut voor Taal Land en Volkenkunde (KITLV) 1915)

Pada masa penjajahan, perkebunan kopi skala kecil juga banyak dibuka di daerah pinggiran hutan, yang biasanya dikelola oleh masyarakat yang bekerja sebagai pegawai di perkebunan kopi milik pemerintah. Contoh perkebunan kopi rakyat peninggalan masa kolonial dan saat ini masih memproduksi adalah Perkebunan Tugu Kawisari, di Desa Ngadirenggo, Kecamatan Wlingi, Kabupaten Blitar. Perkebunan kopi rakyat tersebut beroperasi di bawah naungan PT. Dewi Sri, dan berkembang menjadi salah satu produsen kopi organik terbesar di Indonesia saat ini (Tugu Kawisari Coffee 2022).

Sementara itu, studi alih guna lahan menggunakan citra satelit di kawasan Gunung Kawi sebelah utara-timur yang terdiri dari sebagian kecil Kota Batu (Sub DAS Brantas Hulu) dan Pujon (Sub DAS Kalikonto) pada kisaran waktu 1989-2005 menunjukkan bahwa telah terjadi alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman (Kurniawan *et al.* 2008, Aini *et al.* 2010). Lebih lanjut, adanya perkembangan industri peternakan sapi maupun industri berbasis ekowisata di lereng selatan-barat dan selatan-timur Gunung Kawi juga turut berkontribusi dalam memicu terjadinya alih guna lahan. Berdasarkan pemicunya, alih guna lahan dibedakan menjadi dua: terjadi secara langsung (sebagai akibat pembangunan infrastruktur fisik aktivitas industri), ataupun tidak langsung mengikuti perubahan situasi ekonomi dan sosial masyarakat sekitarnya. Namun sayangnya, penelitian kuantitatif terkait dinamika alih guna lahan akibat pertumbuhan industri tersebut masih belum banyak dilakukan.

### 5.3.2 Riwayat pengembangan agroforestri di kawasan Gunung Kawi

---

Perubahan kondisi ekonomi, sosial dan budaya banyak melatar-belakangi perkembangan sistem agroforestri di lereng Gunung Kawi. Perkembangan sistem berbasis pohon tersebut diketahui terjadi melalui berbagai proses dan tahapan. Diantaranya, mulai dari proses degradasi hutan alami menjadi hutan terdegradasi/perkebunan berbasis pohon secara monokultur ataupun agroforestri sederhana, hingga akhirnya menjadi sistem monokultur tanaman semusim (melalui pengurangan biodiversitas secara bertahap). Terjadi pula, dari konversi hutan menjadi tanaman semusim monokultur, namun kemudian ada upaya pengayaan biodiversitas melalui penanaman pohon hingga akhirnya membentuk agroforestri (Gambar 5.3.2). Proses perkembangan agroforestri di kawasan tersebut kurang lebih dapat dijelaskan melalui skema transisi hutan (atau tutupan pohon) sebagai *theory of place, change and/or induced change* (van Noordwijk 2019).



**Gambar 5.3.2** Transisi hutan menjadi sistem penggunaan lain di kawasan Gunung Kawi. Sistem agroforestri dapat terbentuk dari hasil pengurangan diversitas dan kuantitas pohon hutan secara bertahap ataupun hasil re-integrasi pohon dalam sistem tanaman monokultur (Sumber foto: I. Nurianti 2020, diakses melalui <https://smanasionalmalang.sch.id/lembah-indah-yang-terlampau-indah/>).

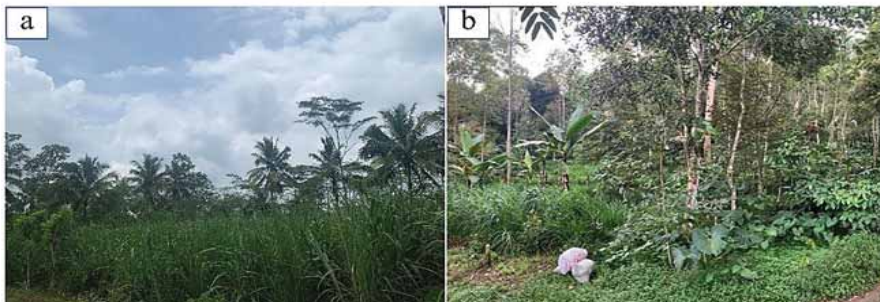
Pengembangan industri kopi di Jawa pada masa kolonial Belanda barangkali dapat digunakan sebagai salah satu contoh nyata, bagaimana perubahan kebijakan politik dan perkembangan ekonomi berperan sebagai faktor pendorong berkembangnya sistem agroforestri. Tidak sedikit lahan agroforestri berbasis kopi di kawasan Gunung Kawi yang ditemukan saat ini merupakan hasil konversi hutan alami menjadi lahan perkebunan pada abad 19 lalu. Dua diantaranya adalah perkebunan kopi milik negara PTPN XII Bangelan (Desa Bangelan, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang) dan Perkebunan Tugu Kawisari (Kecamatan Wlingi Kabupaten Blitar) yang dikelola oleh PT Dewi Sri, seperti yang telah dijelaskan dalam sub-bab 5.3.1.

Contoh lebih terkini adalah pengembangan sistem agroforestri kopi yang dilakukan oleh Kelompok Tani “Mekar Tani” di Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang (Box 5.3.1). Dengan prospek ekonomi dari produk “Kopi Merah Jambuwer” yang sangat menjanjikan, petani agroforestri kopi di daerah tersebut sangat bersemangat untuk mengembangkan sistem agroforestrinya. Salah satu upaya yang mereka lakukan adalah dengan pengayaan biodiversitas tanaman dalam sistem agroforestrinya, guna mendapatkan nilai tambah ekonomi (Gambar 5.3.3). Sejarah panjang petani Desa Jambuwer dengan proses budidaya kopi menjadikan sistem agroforestri sangat mudah diterima dan dipraktikkan.



**Gambar 5.3.3** Dua contoh praktek agroforestri yang dijumpai di lereng selatan Gunung Kawi. (a) sistem agroforestri sederhana (kopi dengan karet), (b) sistem agroforestri kompleks (kopi dengan beraneka macam pohon penayang) (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022).

Tumbuhnya industri peternakan di lereng Gunung Kawi juga sedikit banyak mempengaruhi keputusan petani dalam mengelola lahan pertaniannya. Berdirinya perusahaan susu swasta maupun bertumbuhnya peternak-peternak sapi perah skala kecil milik masyarakat, membuka peluang pasar baru bagi petani, yaitu penyediaan pakan sapi. Pakan sapi yang umum dibutuhkan adalah rumput gajah, rumput odot, silase jagung, maupun rumput alfalfa. Untuk menangkap peluang ekonomi ini, tidak sedikit petani yang kemudian beralih menjadi petani rumput gajah menggantikan komoditas palawija yang sebelumnya mereka budidayakan. Tidak jarang pula petani kemudian mengintegrasikan rumput gajah di bawah tegakan pohon dalam sistem agroforestri yang dimilikinya (Gambar 5.3.4b).



**Gambar 5.3.4** (a) Budidaya rumput gajah monokultur di lahan tegalan, (b) sistem agroforestri kompleks (pohon penayang >5 spesies) termasuk dalam agrosilvopastura dengan mengintegrasikan rumput gajah di bawah tegakan pepohonan. Pemberian pakan untuk ternak adalah mengikuti cara 'cut and carry' (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022).

Menariknya, selain faktor kebutuhan ekonomi dan peluang pasar, alih guna lahan di kawasan Gunung Kawi juga dipengaruhi oleh beralihnya kepemilikan lahan. Sebagai contoh, adanya alih kepemilikan lahan-lahan produktif dari warga desa di Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang ke warga non penghuni/bukan berasal dari desa setempat (absentee) memunculkan sistem penggunaan lahan yang berorientasi investasi jangka panjang (Widiadi 2020). Lahan produktif yang sebelumnya secara intensif digunakan untuk budidaya tanaman semusim seperti jagung, singkong, ubi dan tanaman subsisten lainnya, bermetamorfosis menjadi lahan pertanian berbasis pohon, seperti sengon, mahoni, waru, ataupun jati (Gambar 5.3.5).



**Gambar 5.3.5** Peralihan kepemilikan lahan dari warga desa ke warga non penghuni (absentee) seringkali memunculkan sistem agroforestri berbasis pohon (orientasi investasi jangka panjang) menggantikan sistem pertanian intensif (budidaya tanaman semusim) sebelumnya (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022)

### 5.3.3 Proyeksi pengembangan agroforestri ke depan

---

Dua peran utama pohon dalam sistem agroforestri yaitu mempertahankan produksi dan menjaga kualitas lingkungan mulai banyak dipahami oleh masyarakat. Namun demikian, proses adopsi dan pengembangan agroforestri oleh petani tidak selalu mudah. Terdapat empat aspek utama apakah sistem agroforestri mudah diadopsi oleh petani atau tidak yaitu: kelayakan (*feasibility*), keuntungan (*profitability*), dapat tidaknya diterima (*acceptability*) dan kesinambungan (*sustainability*) Suharjito *et al.* 2003). Sistem agroforestri berbasis kopi yang dikembangkan oleh kelompok tani “Mekar Tani” di Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang, melalui produknya “Kopi Merah Jambuwer” merupakan salah satu contoh bagaimana sistem tersebut mampu memenuhi keempat

aspek di atas (Box 5.3.1). Hal ini terbukti dari terus tumbuh dan berkembangnya aktivitas-aktivitas ekonomi baru yang terkait dengan budidaya kopi (dengan sistem agroforestri) di daerah tersebut. Pandemi COVID-19 sempat membuat penjualan produk kopi menjadi lesu, namun petani masih mampu bertahan melalui pemasaran hasil produk alternatif sistem agroforestri. Mereka berhasil mendapatkan tambahan pendapatan dari penjualan pisang, lada, sukun, daun lamtoro untuk pakan ternak, dsb. Usaha kreatif pengembangan wisata edukasi bertema budidaya kopi “Wisata Edukasi Jowaran” yang digagas masyarakat sekitar juga turut mempercepat proses pemulihan ekonomi pascapandemi. Nama lain yang turut meramaikan wisata edukasi kopi di lereng Gunung Kawi adalah “Kampoeng Kopi Sumberadem” di Desa Sumberadem, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang melalui produk andalannya kopi ‘1832’.

#### ***Box 4.3.1 Senyum Sumringah Petani Kopi Merah***

Dikenal sebagai salah satu produk baru di dunia per-kopian, “Kopi Merah Jambuwer” telah beberapa kali memperoleh gelar juara di berbagai kompetisi/festival kopi lokal dan nasional. Namun demikian, belum banyak masyarakat yang mengetahui narasi tentang sejarah hingga aktivitas budidaya kopi di balik produk kopi merah tersebut. Berikut ini adalah sekilas narasi sukses petani agroforestri kopi di Desa Jambuwer.

#### ***Lokasi Geografis***

---

Desa Jambuwer terletak di lereng selatan Gunung Kawi. Disebelah utara, desa tersebut berbatasan dengan Desa Sumberdem (Kecamatan Wonosari), sebelah timur dengan Desa Peniwen (Kecamatan Kromengan), sebelah selatan dengan Bendungan Lahor (Kecamatan Sumberpucung) dan sebelah barat dengan Desa Sidomulyo (Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar). Desa Jambuwer berada pada ketinggian ±433 mdpl dan memiliki rata-rata suhu udara berkisar 25–35°C. Luas Desa Jambuwer mencakup 657 ha dengan topografi umumnya berbukit. Tipe penggunaan lahan yang dijumpai di Desa Jambuwer berupa hutan terganggu/sekunder, agroforestri, sawah, tegalan dan kawasan pemukiman. Sumber mata pencaharian masyarakat Desa Jambuwer mayoritas sebagai petani, peternak, dan buruh tani.

#### ***Sejarah penggunaan lahan dan perkembangan agroforestri kopi***

---

Sebagian besar wilayah lahan di Desa Jambuwer dulunya berupa perkebunan kopi di pinggir kawasan hutan yang dikelola oleh rakyat. Kawasan tersebut dekat dengan lokasi perkebunan kopi PTPN XII Bangelan, yang merupakan perkebunan peninggalan jaman kolonial Belanda. Kopi pertama kali dibudidayakan secara sembunyi-sembunyi



oleh masyarakat lokal yang bekerja di dalam PTPN XII Bangelan. Kesesuaian lahan yang baik, menjadikan komoditas kopi tumbuh dengan subur. Budidaya kopi kemudian berkembang pesat dan dipilih sebagai mata pencaharian utama oleh masyarakat lokal hingga saat ini.

Di Desa Jambuwer, budidaya kopi dilakukan secara turun-temurun oleh masyarakat. Rata-rata luasan kepemilikan lahan kopi oleh masyarakat adalah 2-3 ha. Idealnya, kopi membutuhkan naungan hingga tingkatan tertentu (40-50%) untuk menyesuaikan kebutuhan cahaya agar dapat tumbuh dengan optimal. Oleh karena itu, kopi umumnya dibudidayakan dalam sistem agroforestri.

Pohon penaung yang dibudidayakan dalam sistem agroforestri berbasis kopi di Desa Jambuwer ini bervariasi. Diantaranya adalah jenis pohon penghasil buah seperti kakao, kelapa, alpukat, pisang, sukun, dan pohon penghasil pakan ternak (lamtoro). Petani kopi memiliki pekerjaan sampingan sebagai peternak kambing dan buruh tani sebagai strategi diversifikasi pendapatan apabila panen kopi gagal. Selain biji kopi, petani umumnya memperoleh produk lain seperti kayu bakar dari pangkasan ranting pohon, pakan ternak dari pangkasan daun lamtoro, dan buah-buahan lain untuk dikonsumsi atau dijual. Mayoritas hasil panen kopi dijual ke tengkulak dalam bentuk biji kering 'ose', sisanya digunakan untuk mencukupi kebutuhan sendiri maupun dijual dalam bentuk kopi siap seduh di toko maupun tempat wisata sekitar.

Selama 10 tahun terakhir, jenis pohon penaung yang ditanam adalah pohon lamtoro (*Leucaena glauca*), dengan jarak tanam sekitar 5-6 meter. Alasan memilih tanaman lamtoro sebagai pohon penanung kopi adalah karena perawatan pohon lamtoro tidak terlalu rumit dan daunnya tidak terlalu lebar. Petani setempat beranggapan, ukuran daun lamtoro yang kecil dapat memfasilitasi masuknya cahaya matahari dalam jumlah yang cukup, bila dibandingkan dengan pohon penaung lain seperti sukun (*Artocarpus altilis*) atau jati (*Tectona grandis*). Selain lamtoro, tanaman naungan lain dengan kanopi yang tidak terlalu rapat seperti pohon sengo (*Paraserianthes falcataria*) juga mulai banyak digunakan. Hal ini sesuai dengan sifat tanaman kopi sebagai tanaman C3 yang hanya membutuhkan intensitas cahaya matahari hanya sekitar 40-50% saja.

Petani kopi Desa Jambuwer mengungkapkan bahwa tidak ada kendala berat dalam budidaya tanaman kopi, baik dari kesuburan tanah, produksi biji kopi, hingga penyediaan bibit. Namun, yang masih menjadi kendala adalah adanya organisme pengganggu tanaman (OPT) berupa jamur. Jamur akan menyerang tanaman kopi saat musim penghujan. Lebih jauh petani mengatakan bahwa cara mengatasi hal tersebut adalah dengan melakukan pemangkasan cabang tanaman kopi. Jika dirasa ada satu tanaman kopi terserang penyakit yang dapat berdampak buruk terhadap

tanaman sekitar, maka tanaman tersebut akan dicabut dan kemudian dibakar. Selain untuk meminimalisir serangan jamur karena kondisi terlalu lembab, petani kopi Desa Jambuwer juga membuang cabang-cabang kopi yang tidak produktif. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa unsur hara dari tanah hanya terdistribusi ke cabang-cabang yang masih produktif.

Sementara itu, proses pemetikan kopi oleh petani tidak dilakukan secara serentak, namun secara selektif dan bertahap. Pemetikan kopi untuk bahan baku Kopi Merah Jambuwer ini dilakukan secara selektif, hanya biji kopi yang sudah berwarna merah saja (matang sempurna) yang dipetik. Selanjutnya, pemetikan secara serentak biasanya hanya dilakukan pada akhir musim panen (pada akhir musim kemarau). Pada proses pemetikan serentak ini semua biji kopi akan dipanen baik biji yang sudah berwarna merah ataupun yang masih hijau.



**Gambar 5.3.6** (a) Sistem agroforestri berbasis kopi dengan naungan pohon lamtoro yang umum dijumpai di Desa Jambuwer, (b) Biji kopi siap petik cikal bakal produk “Kopi Merah Jambuwer”, (c) budidaya lada untuk menambah diversitas produk dan nilai ekonomi agroforestri (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022)

### *Potensi pengembangan agroforestri berbasis kopi di Desa Jambuwer melalui Produk Kopi Merah Jambuwer*



**Gambar 5.3.7** (a) Produk agroforestri Gapoktan Mekar Tani “Kopi Merah Jambuwer”, (b) Wisata Edukasi Jowaran (WEJ) menawarkan pengalaman tentang budidaya kopi dari crops to cups (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022).

Dalam kurun waktu 6 tahun terakhir, petani kopi di Gunung Kawi mulai aktif mengenalkan produk kopi asli mereka dengan nama “Kopi Merah Jambuwer”. Kopi Merah Jambuwer merupakan produk kopi yang diprakarsai dan dikelola oleh Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) “Mekar Tani”. Organisasi dengan anggota mencapai sekitar 27 orang ini, tidak hanya diikuti oleh petani kopi, melainkan juga petani komoditas lain. Namun, produk yang diunggulkan dan aktif diperkenalkan adalah Kopi Merah Jambuwer. Alasan kuat yang mendasari pengembangan Kopi Merah Jambuwer adalah karena potensi sumber daya lahan untuk pengembangan kopi yang cukup luas, jarang ditemukan masalah kesuburan tanah, dan produktivitas kopi yang relatif stabil.

Awalnya, upaya pengembangan produk kopi ini dimulai dari meyakinkan petani lokal akan potensi besar sumberdaya kopi yang dimiliki. Pada tahun 2017, produk “Kopi Merah Jambuwer” mulai dipasarkan dalam skala kecil yaitu dari tetangga satu ke tetangga yang lainnya dan berhasil mendapatkan respon positif. Tahun 2018, Gapoktan Mekar Tani mulai serius dengan memberikan nama *brand* dan kemasan yang lebih menarik. Pada tahun yang sama, untuk pertama kalinya petani mengirim perwakilan ke Jakarta dalam acara Pameran Kopi Nasional. Kegiatan tersebut merupakan titik awal Kopi Merah Jambuwer dikenalkan di skala nasional. Bermodal dukungan dari Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten

Malang, produk Kopi Merah Jambuwer bahkan berhasil meraih juara tiga pada festival kopi lainnya di Bondowoso. Produk Kopi Merah Jambuwer secara bertahap mulai diminati oleh konsumen regional dalam negeri. Produk ini telah dikirim ke berbagai provinsi di Jawa, Kalimantan, dan Sumatera. Petani mengaku melalui produk Kopi Merah Jambuwer ini, perekonomian desa mulai meningkat.

Pandemi COVID-19 pada 2020, berdampak terhadap menurunnya pemasaran dan permintaan pasar Kopi Merah Jambuwer, sekaligus menyebabkan perekonomian desa menjadi tidak stabil. Saat itu, petani kopi mulai mencari alternatif sumber pendapatan lain. Mereka mulai menjual hasil produk groforestry selain kopi, yaitu pisang, kelapa, sukun, daun lamtoro, lada, dsb. Saat angka penderita COVID-19 mulai menurun (awal 2022) dan aktivitas ekonomi mulai diberi kelonggaran, Kopi Merah Jambuwer kembali dikembangkan dan tetap mendapatkan respon positif dari pasar hingga saat ini.

Dampak positif agroforestri kopi terhadap perekonomian masyarakat tidak hanya didapatkan melalui penjualan produk-produk tanaman di dalamnya, namun juga melalui dukungannya dalam pengembangan sektor eduwisata. Di Desa Jambuwer, terdapat tempat wisata edukasi 'Jowaran' yang mengambil tema "Lanskap Desa Jambuwer". Melalui sektor wisata, masyarakat lokal ingin memperkenalkan keberagaman jenis produk pertanian dan sumber daya alam yang terdapat di Desa Jambuwer. Melalui wisata edukasi kopi di Desa Jambuwer tersebut, dimungkinkan juga bagi pengunjung untuk dapat mengenal lebih dekat tentang kopi, mulai proses budidaya, panen, pemrosesan pascapanen, hingga uji rasa kopi.

Selain itu, sistem agroforestri juga berpotensi untuk dikembangkan di kawasan sekitar pesarean Gunung Kawi, Desa Wonosari dan Dalisodo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang. Selain penyediaan jasa wisata budaya dan spiritual, pusat perekonomian masyarakat di sini juga bertumpu pada pertanian, peternakan sapi perah dan produksi dupa. Semakin meningkatnya jumlah ternak sapi di lokasi tersebut, tentunya akan diikuti oleh bertambahnya kebutuhan pakan ternak. Selain mendatangkan pakan ternak dari daerah lain, peternak di Gunung Kawi juga dapat mengembangkan sistem agroforestri dengan menyisipkan rumput gajah atau sumber pakan ternak lainnya di sela-sela tegakan pohonnya. Selain itu, kebutuhan bahan baku utama dalam proses pembuatan dupa seperti bambu, bubuk kayu (jati dan sengon), dan pewangi dupa, saat ini masih banyak didatangkan dari tempat lain. Contohnya bambu, bahan baku utama pembuatan dupa tersebut masih banyak dipasok dari daerah Blitar dan sekitarnya, dan bahkan untuk bambu tertentu masih harus didatangkan langsung dari luar negeri. Kebutuhan akan bahan baku dupa dan pakan ternak yang berkesinambungan merupakan peluang besar bagi petani agroforestri kopi yang telah ada saat ini untuk memperkaya diversitas

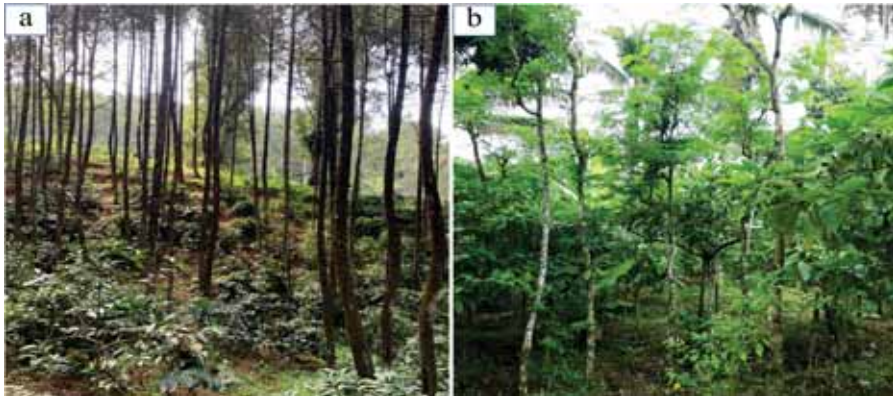
pohon di lahannya dengan komoditas jati, bambu, sengon, cengkih dan rumput gajah. Akan tetapi, penelitian tentang penentuan kombinasi tanaman yang tepat untuk menghindari dampak merugikan adanya kompetisi (hara, air, cahaya) antar komponen penyusun agroforestri mutlak diperlukan.

## 5.4 Struktur dan Peran Agroforestri

Hampir semua lahan di kawasan lereng Gunung Kawi pada mulanya adalah 'hutan alam' yang secara berangsur dialih-fungsikan menjadi berbagai sistem penggunaan lahan mengikuti perkembangan ekonomi, sosial dan politik masyarakat di sekitarnya. Akan tetapi, setiap jenis penggunaan lahan memiliki fungsi dan peran yang berbeda, baik peran yang terkait dengan fungsi biofisik, ekonomi, maupun sosial. Alih guna lahan hutan menjadi sistem penggunaan lahan lain menyebabkan berubahnya struktur dan komposisi spesies penyusun menjadi sistem yang lebih terbuka, sehingga berdampak terhadap stabilitas sistem hutan yang 'tertutup', dengan demikian terjadi kerusakan atau degradasi lahan dan sumberdaya alam (Widianto *et al.* 2003). Agroforestri merupakan salah satu alternatif sistem penggunaan lahan yang komposisinya beragam dan menyerupai hutan. Hingga batas tertentu, agroforestri mampu menyediakan fungsi dan peran dalam menjaga kesehatan lingkungan layaknya hutan dan berkontribusi pada perekonomian petani.

Perlu dipahami bahwa agroforestri tidak selalu dapat (mungkin tidak akan pernah) menggantikan peran hutan. Bahkan, kombinasi komponen penyusun agroforestri yang tidak tepat justru akan menurunkan produksi tanaman dan kualitas lingkungan. Untuk itu, pengetahuan tentang struktur dan komposisi agroforestri dalam kaitannya dengan peran dan manfaatnya bagi kehidupan lingkungan menjadi sangat penting untuk dipahami.

Namun demikian, dalam pelaksanaan di lapangan petani tidak selalu dapat secara leluasa menentukan dan mengatur struktur dan komposisi sistem agroforestrinya. Selain faktor teknis budidaya, keleluasaan petani dalam menentukan sistem agroforestri juga dikontrol oleh aspek lain seperti status kepemilikan lahan, kebijakan yang berlaku dan infrastruktur yang tersedia, ketersediaan bibit yang berkualitas, dsb. Status kepemilikan lahan umumnya menjadi faktor yang banyak melatar-belakangi perbedaan struktur dan komposisi agroforestri di lapangan. Contoh paling umum adalah kontrasnya perbedaan sistem agroforestri di lahan Perhutani yang cenderung lebih sederhana, dibandingkan dengan sistem agroforestri kompleks yang dikembangkan di lahan milik masyarakat (Gambar 5.4.1).



**Gambar 5.4.1** Keterbatasan hak mengelola lahan di hutan kemasyarakatan menjadikan sistem agroforestri yang berkembang di lahan Perhutani cenderung lebih sederhana (diversitas pohon lebih rendah) (a), dibandingkan dengan lahan agroforestri milik masyarakat (b) (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022)

## 5.5 Manfaat Agroforestri

Praktik agroforestri yang tepat mampu berkontribusi secara signifikan untuk ketercapaian *Sustainable Development Goals* (SDG), diantaranya SDG 2 tentang Pangan dan Gizi, SDG 3 tentang Kesehatan, SDG 6 tentang Air Bersih dan Sanitasi, SDG 13 tentang Aksi Iklim, dan SDG 15 tentang Kehidupan Darat (SIWI 2019). Jose (2009) menyatakan bahwa pohon-pohon dalam sistem agroforestri mempunyai banyak fungsi dan manfaatnya bagi manusia tidak hanya berupa penyediaan barang (*goods*) saja tetapi juga ada 3 jasa lingkungan lainnya terkait dengan pengaturan (*regulating*), penunjang (*supporting*), dan kultural (*cultural*) (Tabel 5.5.1.).

Tabel 5.5.1 Layanan lingkungan dari agroforestri di tingkat lokal, lanskap/regional dan global (modifikasi dari Jose 2009)(penyediaan = 1, pengaturan = 2, pendukung = 3, keindahan dan budaya = 4)

	Fungsi AF	Lahan/ lokal	Lanskap/ Regional	Global	Jasa lingkungan
1.	NPP (Produksi Primer Netto)	✓	-	-	1
2.	Pengendalian hama	✓	-	-	2
3.	Polinasi/sebaran biji	✓	-	-	2, 3
4.	Penyuburan tanah	✓	-	-	3
5.	<i>Stabilisasi struktur tanah/ pengendalian erosi</i>	✓	-	-	2, 3
6.	<i>Air bersih</i>	✓	✓	-	1
7.	<i>Mitigasi banjir</i>	✓	✓	-	3
8.	<i>Udara bersih</i>	✓	✓	-	3
9.	<i>Sequestrasi karbon</i>	✓	✓	✓	2, 3
10.	<i>Biodiversitas</i>	✓	✓	✓	
11.	<i>Estetika/budaya</i>	✓	✓	✓	

Beberapa contoh fungsi, layanan lingkungan dari keberadaan sistem groforestry di lereng Gunung Kawi adalah sebagai berikut:

### 5.5.1 Penyediaan

Keberlanjutan (*sustainability*) sistem agroforestri sangat dipengaruhi oleh kemampuan sistem menghasilkan produk yang langsung dapat digunakan (pangan, bahan bangunan, pakan ternak, bahan bakar) maupun aktivitas lain yang mampu menyediakan lapangan kerja dan penghasilan bagi petani. Di lereng Gunung Kawi, agroforestri nampaknya mampu menjawab tantangan tersebut, terbukti dari masih banyak petani muda yang menerapkan sistem tersebut. Stabilitas kualitas dan kuantitas produksi kopi di Desa Jambuwer merupakan salah satu contoh fungsi jasa lingkungan berupa penyediaan (*provisioning*) yang ditawarkan oleh sistem agroforestri (lihat Box 5.3.1). Tidak hanya produksi biji kopi, diversitas tanaman dalam sistem agroforestri juga menghasilkan diversitas produk yang bernilai ekonomi tinggi (Gambar 5.5.1). Diversitas produk agroforestri sangat penting untuk menjaga resiliensi (ketangguhan) petani apabila terjadi gangguan dengan produksi kopi ataupun gangguan eksternal lainnya (misalnya pandemi Covid-19). Diversitas produk agroforestri dapat berfungsi sebagai jaring penyelamat ekonomi (*economical safety net*) bagi petani.



**Gambar 5.5.1** Diversitas produk yang dihasilkan oleh sistem agroforestri di lereng Gunung Kawi sebagai salah satu bentuk fungsi jasa lingkungan dari aspek penyediaan barang (*provisioning*) (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022).

## 5.5.2 Pengaturan

Komposisi dan struktur sistem agroforestri yang menyerupai hutan dapat menyediakan jasa lingkungan berupa fungsi pengaturan (*regulating*) neraca air, erosi, longsor, penyerbukan, serangan hama dan penyakit, serta perubahan iklim. Terganggunya fungsi menjaga neraca air akibat berkurangnya tutupan kanopi pohon sering dirasakan oleh masyarakat di sekitar lereng Gunung Kawi. Hilangnya pohon dari hutan maupun lahan pertanian, meningkatkan potensi terjadinya gangguan neraca air di kawasan sekitar (lanskap). Keberadaan pohon dalam sistem agroforestri mampu mempertahankan laju infiltrasi (Saputra *et al.* 2020, Saputra *et al.* 2022) dan mengurangi risiko longsor, melalui penanaman pohon-pohon yang sesuai baik spesies, usia, keragaman, dan pengelolaan di lokasi-lokasi strategis di wilayah lereng bukit dan lanskap pegunungan (van Noordwijk 2019, Hairiah *et al.* 2020). Salah satu dampak nyatanya adalah peristiwa banjir besar di Kabupaten Blitar pada tahun 2020, yang menurut warga disinyalir akibat adanya alih guna lahan hutan menjadi penggunaan lainnya (Riady 2020).

Adanya gangguan neraca air dan longsor yang acap terjadi, telah memicu masyarakat untuk mengembangkan sistem agroforestri di Desa Babadan, Kecamatan Ngajum, Kabupaten Malang. Pengembangan sistem agroforestri dilakukan oleh para petani yang tergabung dalam Gapoktan 'Lestari Makmur'. Lahan pertanian yang mereka miliki mayoritas berada di kawasan dengan kemiringan lahan yang curam (45°). Di lokasi tersebut, petani menyadari bahwa sistem pertanian monokultur berbasis



tanaman semusim yang mereka kembangkan sebelumnya menurunkan kualitas kawasan penyangga untuk resapan air dan juga meningkatkan potensi terjadinya longsor di kawasan tersebut (Arifin 2016). Tasemat, (Ketua Gapoktan Lestari Makmur) mengungkapkan bahwa lahannya kini ditanami berbagai jenis pepohonan diantaranya sengon, suren dan mindi sebagai tanaman sela di antara tanaman utamanya yaitu kopi, cengkeh dan durian. Tanaman lain seperti pisang dan rumput gajah juga dibudidayakan untuk menambah nilai ekonomi lahannya. Lebih jauh beliau menyampaikan bahwa apabila sebelumnya budidaya sayur dapat menghasilkan Rp20 juta per tahun, kini hanya dengan tanaman pohon yang dibudidayakan (contohnya sengon) sudah mampu menyamai pendapatan dari budidaya sayur tersebut. Namun, dengan adanya tambahan pendapatan dari tanaman yang lain seperti durian, kopi, cengkeh, maka sistem agroforestri memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan budidaya tanaman semusim. Tidak aneh apabila langkah yang dilakukan Tasemat ini kemudian diikuti oleh para petani-petani di desa lain.

Perjuangan pelestarian lingkungan dan peningkatan perekonomian petani yang dilakukan oleh Tasemat bersama Gapoktan Lestari Makmur ini berbuah penghargaan "Pelestarian Fungsi Lingkungan Hidup" 2016 untuk kategori "Penyelamat Lingkungan" yang dianugerahkan oleh Gubernur Jawa Timur (Arsip Pemerintah Propinsi Jawa Timur 2016).

Akan tetapi, masyarakat tidak selalu merasakan keuntungan dari keberadaan agroforestri bagi lingkungan. Sebagai contoh, dalam kurun 10 tahun terakhir telah terjadi penurunan pasokan air bersih bagi masyarakat di lereng tenggara Gunung Kawi yaitu di Desa Summersuko. Hal tersebut diduga berhubungan dengan berkurangnya jumlah sumber mata air (awalnya terdapat 25 sumber mata air, tetapi sekarang tinggal 9 sumber mata air saja), sehingga menyebabkan berkurangnya pasokan air bagi masyarakat. Menariknya, selain akibat perubahan tutupan dari kanopi pohon menjadi bangunan, adanya tambahan tutupan vegetasi yang berasal dari pohon cepat tumbuh (*fast growing trees*) yang rakus air seperti sengon, waru, dan jabon disinyalir oleh masyarakat turut menjadi penyebab berkurangnya cadangan air dalam tanah (Widiadi 2020). Namun demikian, belum ada penelitian ilmiah yang dilakukan untuk dapat mengkonfirmasi asumsi masyarakat ini.

### 5.5.3 Pendukung

---

Tingginya keberagaman pohon, beserta biodiversitas organisme tanah di lahan pertanian berbasis pohon (agroforestri dan hutan rakyat), meskipun terbatas, mampu menjaga kualitas tanah lebih baik apabila dibandingkan dengan sistem tanaman semusim monokultur. Hasil penelitian di salah satu kawasan lereng Gunung Kawi yang bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara biodiversitas tanaman – berat isi

tanah - infiltrasi tanah, mengungkap bahwa tingginya biodiversitas tanaman di lahan agroforestri mampu menjaga berat isi tanah tetap rendah ( $1,02 \text{ g/cm}^3$ ) dan laju infiltrasi yang tinggi ( $48 \text{ cm/jam}$ ) dibandingkan dengan tanah di lahan monokultur tebu dengan berat isi  $1,18 \text{ g/cm}^3$  dan infiltrasi tanah  $8,59 \text{ cm/jam}$  (Endarwati *et al.* 2017).

Selain fungsinya dalam menjaga kualitas fisik tanah, diversitas spesies pohon diketahui juga meningkatkan kesuburan kimia tanah melalui perannya dalam membantu penyediaan unsur hara yang berasal dari hasil dekomposisi seresah dan akar di lapisan tanah yang berbeda serta adanya penambatan nitrogen dari udara oleh tanaman leguminosa (Gambar 5.5.2). Beberapa studi telah membuktikan bahwa keanekaragaman spesies pohon dapat meningkatkan pH (Guckland *et al.* 2009), KTK tanah (Zheng *et al.* 2017), serta cadangan karbon tanah dan rasio C/N (Dawud *et al.* 2016).



**Gambar 5.5.2** Keanekaragaman pohon yang ditanam dalam sistem agroforestri kopi menjaga ketebalan seresah yang bermanfaat untuk meregulasi neraca air dan hara, mendukung keanekaragaman organisme tanah, serta menambah N dari fiksasi N bebas dari udara oleh tanaman leguminosa sebagai penangas pohon kopi (Sumber foto: I.A. Kusumawati dan K.A. Sudharta 2022)

#### 5.5.4 Budaya

---

Praktek agroforestri yang telah ada selama ratusan bahkan ribuan tahun di tengah-tengah peradaban masyarakat, tentunya sangat berasosiasi dengan kondisi sosial budaya lokal yang ada. Praktek agroforestri tradisional merupakan hasil produk kebudayaan yang telah berjalan lama dalam masyarakat, dan manfaat dari praktek

pertanian ini pastinya memiliki kaitan/implementasi langsung dengan upaya pemenuhan kebutuhan budaya masyarakat lokal. Seperti halnya kebudayaan masyarakat yang dinamis, praktek agroforestri juga berevolusi, sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Banyak sekali manfaat sistem agroforestri yang dapat dikaitkan dengan upaya masyarakat dalam melestarikan identitas kultural setempat. Contoh praktik-praktik yang umum dijumpai adalah upacara *syukuran*, *selamatan*, *bersih desa* atau upacara-upacara tradisional yang lain. Pada kegiatan upacara tradisional tersebut, keberadaan tumpeng, sesaji dan bunga-bunga hampir selalu ada. Seperti yang kita ketahui, bahwa banyak komponen penyusun tumpeng, sesaji yang dilengkapi dengan aneka jenis bunga sebagian besar adalah produk dari sistem agroforestri.

Sebagai contoh adalah upacara Metri (bersih desa) tahunan di Desa Adat Summersuko, lereng timur Gunung Kawi. Tradisi Metri bertujuan untuk memaknai rasa syukur kepada alam semesta atas penghidupan yang telah diberikan selama satu tahun sebelumnya (Gambar 5.5.3). Selain itu, upacara ini juga berfungsi sebagai pengingat bahwa dalam kehidupan sehari-hari masyarakat harus bersahabat dan melestarikan alam (hutan). Masyarakat meyakini bahwa kehidupan mereka sangat bergantung pada kemurahan alam, khususnya dalam penyediaan air. Dalam pelaksanaannya, semua alat/bahan pendukung upacara menggunakan bahan-bahan alami/organik. Bahan-bahan tersebut merupakan produk-produk sistem agroforestri, seperti janur kuning (daun kelapa kuning), pelepah pisang sebagai *encek* untuk wadah aneka makanan dan sesaji, serta daun pisang sebagai alas dan tutup makanan (Futaki 2021).



**Gambar 5.5.3** Tradisi Metri (bersih desa) di Desa Summersuko (lereng timur Gunung Kawi) telah dilaksanakan secara turun temurun oleh masyarakat, dan berfungsi sebagai ungkapan syukur atas kemurahan alam dalam menyediakan air bagi penghidupan mereka (Sumber foto: Jawi Kawi – diakses melalui [malang.times.co.id](http://malang.times.co.id))

Contoh lainnya adalah Upacara Panen Suci Kopi Sengon-Kawisari. Perkebunan kopi Kawisari merupakan perkebunan kopi tertua di Indonesia yang terletak di Blitar (Gambar 5.5.4). Ritual panen suci telah dilakukan sejak ratusan tahun yang lalu. Rangkaian ritual yang dilakukan ditujukan sebagai simbol dimulainya musim panen kopi. Seperti halnya ritual-ritual tradisional lain, upacara panen suci ini memanfaatkan produk-produk agroforestri (bunga, buah-buahan, daun dan buah pisang, nangka, janur, manggar/ bunga kelapa, dsb) sebagai komponen pendukungnya. Hal yang menarik, meskipun ritual tersebut kental sekali dengan nuansa adat Hindu (dari aroma dupa yang digunakan dan persembahan-persembahan lainnya), tetapi juga melibatkan sesi doa secara Kejawaen dan Islam (Ratnasari 2018). Upacara panen suci ini merupakan ungkapan rasa syukur yang dilakukan oleh masyarakat desa terhadap Tuhan sang pemberi hidup serta para leluhur. Saat ini, ritual panen suci ini termasuk dalam salah satu atraksi wisata kultural/ budaya yang ditawarkan oleh Perkebunan Tugu Kawisari, untuk melengkapi berbagai produk kopi organik andalannya (Perkebunan Tugu Kawisari 2022).



**Gambar 5.5.4** Upacara Tradisional Panen Suci di Perkebunan Tugu Kawisari, Kabupaten Blitar. Kegiatan ritual ini dilakukan sebagai perwujudan syukur kepada Tuhan dan leluhur, sekaligus mengawali masa panen kopi (Sumber foto: E.D. Ratnasari – diakses melalui [cnnindonesia.com](http://cnnindonesia.com))

## 5.6 Pengaruh Faktor Luar terhadap Evolusi Agroforestri

Praktek groforestry telah terbukti tidak lekang oleh waktu. Hal tersebut disebabkan oleh keluwesan dari sistem agroforestri dalam menyediakan kebutuhan dasar petani seperti bahan pangan, pakan, kayu bakar, obat-obatan, dan pendapatan lainnya di tengah-tengah perubahan ekonomi, budaya, politik, maupun lingkungan. Sebagai contoh adalah agroforestri sekitar tempat tinggal atau pekarangan (*homegarden*) yang telah ratusan tahun dipraktikkan oleh nenek moyang kita. Praktik agroforestri tertua yang dicirikan dengan kompleksitas dan kekayaan diversitas tanaman ini, hingga sekarang masih dapat dijumpai di pemukiman penduduk pedesaan. Tak terkecuali di lereng Gunung Kawi yang terkenal dengan kebudayaan lokalnya. Sistem ini berperan penting dalam mendukung penghidupan keluarga petani, mulai dari penyediaan pangan (penyedia karbohidrat), sayuran dan buah-buahan untuk konsumsi sendiri (pisang, papaya), hingga komoditas bernilai ekonomi tinggi seperti kakao, kelapa, kopi, cengkeh, maupun lada.

Kemampuan evolusi dari sistem agroforestri dalam mengikuti dinamika masyarakat dan lingkungan menjadikan praktik sistem agroforestri sangat beragam. Agroforestri juga memiliki resiliensi tinggi dalam menghadapi perubahan-perubahan eksternal (sosial, budaya, politik), dan bahkan menjadi salah satu strategi adaptasi dan mitigasi dalam menghadapi degradasi lahan, bencana alam (mulai dari letusan gunung berapi, longsor, banjir, kebakaran hutan, hingga tsunami) dan perubahan iklim (van Noordwijk 2019).

Kombinasi aktivitas vulkanik purba dari Gunung Kawi dan modern dari G. Kelud turut berperan dalam evolusi sistem agroforestri di lereng Gunung Kawi. Kondisi topografi berbukit-bergunung dan tingkat kesuburan tanah yang tinggi khas lanskap pegunungan, menjadi faktor internal kunci dalam pengembangan sistem agroforestri kopi pada jaman Kolonial Belanda (lihat sub bab 5.3). Resiliensi sistem agroforestri kopi dalam menghadapi dampak letusan gunung berapi (endapan abu vulkanik) juga menjadikan sistem ini terus bertahan dan berkembang hingga sekarang (lihat contoh kasus pada Bab Agroforestri di G. Kelud, Bab 4). Adanya perubahan kondisi ekonomi, politik dan budaya turut berperan dalam proses evolusi sistem agroforestri. Kombinasi harga pasar dan permintaan yang tinggi terhadap komoditas kopi di pasar Eropa saat itu berdampak pada perubahan sistem pertanian di Indonesia (saat itu Hindia Belanda) dari yang sebelumnya didominasi oleh perkebunan tebu menjadi sistem pertanian berbasis kopi.

Saat ini, permintaan kopi *specialty* dan kopi premium yang terus meningkat membuat petani berlomba-lomba untuk mengembangkan kopi khas daerahnya. Dari yang awalnya petani tidak terlalu memahami tentang jenis kopi yang dibudidayakannya, sekarang mereka menjadi lebih peduli dan antusias mempelajarinya. Dukungan pemerintah Indonesia untuk menggenjot produksi kopi nasional dengan pengembangan kopi di 14 propinsi dan 41 kabupaten menjadi angin segar bagi perkembangan kopi (BAPPEDA

Jatim 2015). Sekretaris Direktorat Jenderal Perkebunan Kementan mengungkapkan bahwa pengembangan kopi jenis arabika bertumpu pada agroforestry melalui perluasan dan intensifikasi tanaman. Sementara untuk jenis robusta lebih berfokus pada rehabilitasi dan peremajaan tanaman. Bentuk dukungan nyata dari pemerintah dalam upaya ini adalah dengan menyediakan bibit tanaman unggul, suplai pupuk dan pestisida yang memadai, pendampingan praktik budidaya kopi dari hulu-hilir yang baik, penguatan kelembagaan petani, dan bekerja sama dengan perbankan dalam menyediakan fasilitas kredit investasi/ pendanaan.

Tidak hanya terkait produk kopi, adanya perubahan permintaan pasar akibat pertumbuhan produk susu perah juga turut mempengaruhi perkembangan agroforestri di lereng Gunung Kawi. Keberadaan peternakan sapi perah skala besar di Malang dan Blitar, dan semakin bertumbuhnya usaha susu perah skala kecil (milik masyarakat) sedikit banyak mengubah arah pengembangan ekonomi dan budaya petani. Adanya peningkatan kebutuhan pakan ternak mendorong petani untuk melakukan diversifikasi produk pertaniannya. Salah satunya dengan mengintroduksi tanaman rumput gajah dalam sistem agroforestri. Adanya dukungan dari pihak perusahaan (kemitraan dan CSR), pemerintah (penyuluhan dan pendampingan, fasilitas kredit/pendanaan), dan perguruan tinggi (transfer ilmu pengetahuan) turut mengakselerasi perubahan ini.

## **5.7 Masalah, Tantangan, dan Konflik Agroforestri**

Integrasi pohon dalam lahan pertanian melalui sistem agroforestri telah terbukti mampu mendatangkan berbagai macam keuntungan seperti diversifikasi produk, peningkatan biodiversitas dan kesuburan tanah, perbaikan kualitas air dan peningkatan resiliensi lanskap. Namun demikian, tingkat adopsi agroforestri secara umum masih rendah (Wilson & Lovell 2016). Sejumlah masalah, tantangan dan konflik seputar penerapan agroforestri menjadi latar belakang lambatnya perkembangan sistem ini, tak terkecuali yang terjadi di kawasan Gunung Kawi.

Lanskap Gunung Kawi yang bergunung dan berbukit dari aspek iklim mikro (suhu udara), ketinggian tempat, dan sumber air yang melimpah secara umum sangat mendukung praktik agroforestri berbasis kopi dan buah-buahan. Namun demikian, pada kondisi lahan tertentu (seperti kemiringan lahan curam dan solum tanah dangkal), hal ini menjadi salah satu faktor penghambat pertumbuhan pohon. Tantangan lain terkait aspek biofisik adalah sulitnya akses terhadap input-input produksi, khususnya penyediaan bibit unggul dan pasokan pupuk yang berkesinambungan. Selain akibat ketiadaan suplai, buruknya akses jalan dan jarak yang jauh dari lahan agroforestri ke pusat perekonomian (pasar) memberikan tantangan tersendiri bagi petani untuk memasarkan hasil produksi agroforestrinya.

Dari segi kapasitas sumberdaya manusia, adanya program pendampingan dan penyuluhan dari pemerintah dan perguruan tinggi memberikan dorongan yang signifikan dalam kesuksesan penerapan sistem agroforestri. Namun demikian, permasalahan utama sebenarnya adalah minimnya regenerasi petani. Petani-petani agroforestri pada umumnya telah berusia tua. Sementara generasi muda cenderung lebih memilih sebagai petani monokultur atau bahkan tidak mau menjadi petani. Kalaupun memilih bertani, petani muda cenderung menghindari sistem agroforestri. Hal ini akibat tingginya biaya investasi awal dan lamanya waktu yang diperlukan bagi sistem agroforestri untuk mulai mendatangkan keuntungan. Untuk mengatasinya, perbaikan infrastruktur kelembagaan sosial (kelompok tani), penyediaan bantuan finansial, dan transfer pengetahuan mulai dari teknis budidaya, proses pascapanen, hingga strategi pemasaran produk mutlak diperlukan. Perbaikan menyeluruh seperti ini harus melibatkan semua pihak terkait mulai dari petani, pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, swasta, dan perguruan tinggi. Kerjasama skala kecil yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan telah dirintis di beberapa lokasi di lereng Gunung Kawi, khususnya yang terkait dengan budidaya kopi. Namun demikian, peningkatan kerjasama dalam skala yang lebih besar dan berkesinambungan masih berpotensi dilakukan guna mengoptimalkan peran Jawa Timur sebagai salah satu penyumbang produksi kopi di Indonesia.

## 5.8 Pemulihan menuju ekologi hutan

Alih guna hutan menjadi penggunaan lahan lain, ataupun eksploitasi hutan yang berlebihan hampir selalu diikuti dengan berkurangnya diversitas pohon dan degradasi lahan. Upaya pemulihan kualitas lingkungan dengan upaya reforestasi (penghutan kembali) nyaris mustahil untuk dilakukan, terutama di daerah yang telah padat penduduknya. Agroforestri, melalui struktur dan fungsinya yang menyerupai hutan, hingga tingkatan tertentu berpotensi besar untuk memulihkan fungsi jasa lingkungan yang disediakan oleh hutan. Pada kondisi tertentu, agroforestri bahkan memiliki jumlah keanekaragaman pohon yang menyerupai hutan alami yang masih tersisa. Sebagai contoh adalah studi kasus di Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang. Biodiversitas pohon dalam sistem agroforestri (hutan produksi pinus, hutan rakyat sengon, kebun kopi hutan rakyat) di kawasan ini memiliki jumlah spesies yang setara (bahkan sedikit lebih banyak) dibandingkan dengan hutan terganggu di sekitarnya (Endarwati *et al.* 2017). Namun demikian, untuk menjaga keberlanjutannya, peningkatan diversitas pohon melalui penerapan sistem agroforestri ini juga harus dibarengi dengan peningkatan nilai ekonomi dan kesesuaian dengan kearifan budaya lokal. Contoh bagaimana penerapan sistem agroforestri dalam skala bentang lahan bersama-sama dengan praktik upacara tradisional bersih desa berhasil dalam mempertahankan kelestarian sumberdaya alam Kawasan Telaga Rambut Monte di Kabupaten Blitar dapat dilihat pada Box 5.8.1.

Penerapan sistem agroforestri sebagai salah satu upaya pemulihan kualitas lingkungan tidak hanya bergantung pada antusiasme petani/masyarakat, namun perlu juga didukung oleh semua pihak termasuk lembaga pemerintah, lembaga non pemerintah/swasta, dan perguruan tinggi. Sinergisme inilah yang sedang dicoba dibangun oleh berbagai pihak di Desa Babadan, Kecamatan Ngajum, Kabupaten Malang. Sejak 2017 lalu, kelompok petani kopi di bawah koordinasi Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) Madu Jaya bekerja sama dengan Perhutani mengembangkan sistem agroforestri yang memadukan produksi tanaman kayu pinus dan kopi. Dalam upaya menjaga kelayakan sistem agroforestri (baik dari segi ekonomi maupun lingkungan), petani juga berusaha menerapkan praktik pertanian yang tepat (*Good Agriculture Practices*), khususnya terkait budidaya kopi. Dalam aspek inilah peran perguruan tinggi sangat diharapkan. Salah satunya, seperti yang diperankan oleh Universitas Brawijaya (UB) melalui upaya peningkatan kapasitas petani dalam budidaya kopi. Proses diskusi, pelatihan dan pendampingan tata kelola produksi kopi dilakukan oleh UB pada tahun 2020. Petani berdiskusi dengan ahli budidaya kopi tentang teknik peningkatan produksi kopi melalui upaya intensifikasi, rehabilitasi dan peremajaan tanaman kopi. Tidak hanya terbatas pada teknik budidaya, peningkatan nilai ekonomi kopi melalui penerapan teknik pascapanen juga didiskusikan bersama (Meirezaldi *et al.* 2022) antara petani dengan para ahli dari perguruan tinggi.

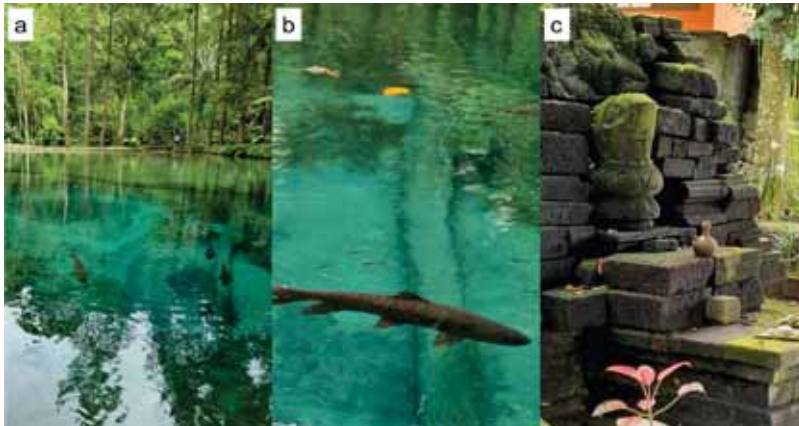
Pada contoh skala yang lebih luas, sejak 6 tahun yang lalu petani kopi di Malang juga telah mendapatkan bantuan pendampingan, baik dari pemerintah melalui Dinas Tanaman Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Malang, dari sektor swasta oleh Yayasan Inisiasi Dagang Hijau (IDH) dan eksportir kopi PT Asal Jaya. Pihak-pihak tersebut berkerja sama dengan kelompok-kelompok tani kopi di Malang berusaha menerapkan pola pertanian berkelanjutan, diantaranya dengan usaha diversifikasi produk melalui praktik tumpang sari atau agroforestri kopi dengan vanilla, jahe, pisang, serta beternak lebah dan kambing. Transfer pengetahuan tentang budidaya kopi mulai dari proses persiapan lahan, perawatan, teknik memetik kopi, hingga pemasaran menjadi prioritas dalam kerjasama ini. Kerjasama dengan sistem *co-fundig* (pendanaan bersama) ini diklaim telah meningkatkan keuntungan petani sebesar 62%. Besarnya margin keuntungan ini didapatkan melalui kombinasi peningkatan pendapatan dari produksi kopi (meningkat sebesar 30%) dan hasil penjualan produk kebun lainnya, serta berkurangnya biaya produksi hingga 46% setelah petani beralih dari penggunaan pupuk dan pestisida kimia sintetis menjadi pupuk organik yang disuplai dari aktivitas peternakan kambing (Widianto 2021).



**Box 5.8.1 Telaga Rambut Monte: wujud keberhasilan pendekatan nilai relasional (*relational value*) dalam upaya perlindungan dan pelestarian sumberdaya alam**

Manusia tengah dihadapkan pada berbagai masalah terkait dengan terganggunya siklus air, berkurangnya keanekaragaman hayati, kerusakan lahan, kemiskinan dan kerawanan pangan akibat eksploitasi berlebihan terhadap sumberdaya alam maupun karena perubahan iklim. Dari berbagai permasalahan tersebut, perubahan siklus air merupakan salah satu jenis gangguan yang paling mudah dirasakan oleh masyarakat. Hal ini dikarenakan berhubungan langsung dengan kebutuhan pokok mereka sehari-hari yaitu sumberdaya air. Adanya privatisasi dan komersialisasi mata air berpotensi memunculkan eksploitasi sumberdaya secara berlebihan (*overexploitation*) yang seringkali berakhir dengan kerusakan mata air beserta ekosistem di sekitarnya. Namun, pada kasus tertentu masih terdapat beberapa mata air yang tetap terjaga kelestariannya meskipun berada di antara hiruk-pikuk arus modernisasi yang umumnya bersifat antroposentris dan menomor-duakan kelestarian lingkungan.

Sebagai contoh, diantara sedikitnya mata air yang masih lestari di kawasan Gunung Kawi adalah mata air di kawasan Telaga Rambut Monte. Telaga Rambut Monte terletak di lereng barat Gunung Kawi, tepatnya di Desa Krisik, Kecamatan Gandusari, Kabupaten Blitar. Legenda dan mitos yang beredar tentang Telaga Rambut Monte hingga kemudian menjadi kawasan yang disakralkan oleh masyarakat cukup beragam. Legenda Telaga Rambut Monte diyakini masih berkaitan dengan Kerajaan Majapahit. Hal ini dibuktikan salah satunya dengan adanya petilasan yang dibangun oleh *resi* dari Kerajaan Majapahit yang bernama Ratu Baka. Jejak fisik lain pengaruh Kerajaan Majapahit adalah keberadaan sisa-sisa Candi Rambut Monte (Gambar 5.8.1). Menurut Dinas Pariwisata, Kebudayaan, Pemuda, dan Olahraga Kabupaten Blitar, candi tersebut digunakan oleh umat Hindu untuk melakukan pemujaan sejak jaman Majapahit. Hingga saat ini, setiap enam bulan sekali umat Hindu masih mengambil air dari telaga ini untuk keperluan upacara keagamaan di Pure Arga Sunya yang letaknya tidak jauh dari Telaga Rambut Monte (Sulistiyorini 2020).



**Gambar 5.8.1** (a) Kondisi Telaga Rambut Monte yang masih terjaga dengan pohon-pohon tua yang mengelilinginya, (b) Ikan Sengkaring yang dianggap sebagai ikan sakral/keramat (Ikan Dewa) oleh masyarakat sekitar telaga, dipercaya merupakan jelmaan dari prajurit Majapahit, (c) Sisa-sisa Candi Rambut Monte merupakan peninggalan Kerajaan Majapahit yang digunakan untuk pemujaan oleh umat Hindu (Sumber foto: M. van Noordwijk dan K. Hairiah)

Terjaganya keasrian Telaga Rambut Monte tidak lepas dari peran berbagai mitos yang beredar di dalamnya. Mitos-mitos tersebut antara lain terkait dengan asal usul nama Rambut Monte, mitos telaga air suci, mitos ikan dewa, mitos pohon-pohon tua, dan mitos penunggu Rambut Monte. Nilai kesadaran ekologi yang mengatur relasi antara manusia dengan alam secara implisit terkandung dalam mitos-mitos tersebut. Nilai kesadaran ekologi inilah yang kemudian membentuk perilaku konservasi sekaligus sebagai kontrol norma sosial dan alat pendidikan yang hingga saat ini cukup berhasil dalam pelestarian ekosistem di kawasan Telaga Rambut Monte (Fitrahayunitisna 2019). Bentuk praktik nyata penghormatan masyarakat Desa Krisik terhadap mitos-mitos tersebut terwujud dalam Tradisi Bersih Desa yang dilakukan setiap tahunnya. Selain memiliki fungsi religi, sosial, dan budaya, tradisi bersih desa juga memiliki fungsi kelestarian lingkungan (Sulistiyorini 2020).

### ***Pentingnya konsep nilai relasional (relational value) dalam pelestarian sumberdaya alam***

---

Keterkaitan antara konsep-konsep hubungan manusia dengan alam (termasuk di antaranya konsep nilai institusional dan nilai relasional) terhadap keberhasilan maupun kegagalan upaya pelestarian sumberdaya alam telah dipelajari di berbagai tempat (De Vos *et al.* 2018, Mattijssen *et al.* 2020, Brill *et al.* 2022, Yuliani *et al.* 2022). Pendekatan konsep nilai relasional (*relational value*) yang melihat hubungan manusia dengan alam secara intersubjektif dan interpersonal dipercaya lebih dapat merangkum kompleksitas semua nilai-nilai hubungan manusia dengan alam yang mungkin muncul

bila dibandingkan dengan pendekatan nilai institusional (*institutional value*) yang memberikan nilai pada alam berdasarkan jasa dan keuntungan yang manusia dapatkan darinya. Tidak jarang praktik-praktik yang mengkombinasikan nilai institusional dan relasional justru lebih berhasil dalam upaya perlindungan sumberdaya alam yang berkelanjutan, dibandingkan dengan konsep pendekatan yang hanya menitikberatkan pada nilai-nilai rasional (*institutional value*) seperti yang banyak dilakukan di era modern ini. Sayangnya, pendekatan nilai relasional yang banyak tercermin dalam *lelaku* tradisional yang masih kerap dilakukan oleh masyarakat lokal (misalnya upacara tradisional bersih desa ataupun ritual sedekah bumi) mulai terpinggirkan. Tidak sedikit pihak yang kemudian memberi 'label' pelaku ritual budaya tersebut dengan istilah kuno, terbelakang, tidak beradab, dan bahkan memposisikan kepercayaan mereka seolah-olah inferior terhadap kepercayaan umum masyarakat saat ini (monoteisme). Pendiskreditan pelaku ritual ini menjadi lebih intensif terutama setelah tersebar luasnya paradigma rasional "Barat" dan *justifikasi* moral selama berlangsungnya praktik kolonialisme di kawasan "Timur" (Kabir 2022).

Kondisi demikian mungkin akan berdampak pada sulitnya mempertahankan nilai-nilai relasional dalam upaya pelestarian sumberdaya alam. Namun, pada kondisi inilah dukungan dari institusi negara (yang memiliki kewenangan dalam mengatur perencanaan pembangunan dan pemanfaatan sumber daya alam) dalam wujud pengakuan resmi nilai-nilai relasional yang dipercaya masyarakat lokal secara turun-temurun (misalnya melalui peraturan daerah) menjadi sangat penting. Nilai relasional memainkan peranan penting dalam memahami bagaimana manusia berhubungan dan mengambil tindakan (bertanggung jawab) atas aktivitas-aktivitas pelestarian sumberdaya alam. Mengabaikan secara menyeluruh nilai-nilai relasional dan hanya berpatokan pada nilai institusional (*rasional*) dalam program pelestarian sumberdaya alam mungkin beresiko dalam hal keberlanjutannya, karena pendekatan ini seringkali kurang melibatkan masyarakat lokal dalam pelaksanaannya.

Mattijssen *et al.* (2020) mengusulkan enam tahapan dimana nilai relasional dan nilai institusional hubungan antara manusia dengan alam dapat diterapkan secara bersama-sama dalam upaya pelestarian sumberdaya alam di era modern ini. Bentuk aplikasi tahapan-tahapan tersebut dalam konteks Telaga Rambut Monte di antaranya adalah:

- 1 Masyarakat dan pemerintah bersama-sama menyepakati nilai-nilai (baik nilai relasional maupun institusional) dari Telaga Rambut Monte, sehingga terbentuk nilai bersama yang dapat diterima oleh kedua belah pihak;
- 2 Adopsi istilah lokal dalam bahasa kebijakan publik. Penggunaan istilah lokal/tradisional yang biasa digunakan oleh komunitas lokal ke dalam dokumen kebijakan publik dapat menjadikan kebijakan ini mudah diterima oleh masyarakat;

- 3 Telaga Rambut Monte terletak di area cekungan dan dikelilingi oleh perbukitan. Kelestarian sumber mata air di kawasan ini tentu juga banyak dipengaruhi oleh pengelolaan lahan di kawasan resapan air yang mengelilingi lokasi tersebut, selain hanya dalam kawasan inti disekitar telaga (Gambar 5.8.2). Oleh karenanya, penentuan kebijakan pengelolaan lansekap secara terpadu yang mengatur perlindungan kawasan inti (Telaga Rambut Monte) dan kawasan di sekitarnya (lansekap di sekitarnya) menjadi sangat penting. Kondisi lansekap yang masih relatif terjaga dengan banyaknya penggunaan lahan berbasis pohon seperti sistem agroforestri (campuran aneka pohon buah-buahan) di sekitar Telaga Rambut Monte nampaknya turut menjaga stabilitas sumber air di kawasan ini. Terkait dengan hal tersebut, pemerintah melalui peraturan Daerah (PERDA) No. 5 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Blitar Tahun 2011-2031 telah memasukkan kawasan ini menjadi kawasan lindung dan kearifan lokal dan cagar budaya;



**Gambar 5.8.2** Perlindungan biodiversitas (vegetasi dan hewan) di kawasan inti Telaga Rambut Monte (a) harus diikuti dengan pengaturan penggunaan lahan ditingkat lansekap yang tepat (b) agar sumberdaya alam dikawasan ini tetap terjaga (Sumber foto: M. van Noordwijk dan K. Hairiah)

- 4 Peningkatkan partisipasi dan pemberdayaan masyarakat melalui pelaksanaan ritual atau upacara-upacara tradisional (misalnya Upacara Bersih Desa yang rutin dilakukan oleh masyarakat Desa Krisik di Telaga Rambut Monte). Upacara tradisional selain memiliki fungsi religi dan budaya, juga berperan dalam membangun hubungan sosial antar masyarakat dan perasaan memiliki terhadap suatu objek fisik maupun non fisik (dalam hal ini kawasan Telaga Rambut Monte), sehingga bersama-sama akan muncul perasaan ingin melindungi;
- 5 Reorientasi pendidikan lingkungan. Konsep nilai relasional antara manusia dengan alam perlu lebih diperkenalkan kepada masyarakat luas. Peningkatan pemahaman akan konsep nilai relasional dapat mereduksi pandangan negatif terhadap ritual/upacara tradisional masyarakat lokal.

Pemanfaatan sarana digital sebagai bagian dari upaya promosi kawasan wisata beserta aktivitas kultural di dalamnya. Masyarakat dan pemerintah dapat bekerjasama dalam penyusunan kegiatan penyediaan jasa ekoturisme, dengan atraksi utama keindahan alam Telaga Rambut Monte beserta upacara tradisional yang dilakukan di dalamnya. Perkembangan teknologi dan dunia digital saat ini dapat dimanfaatkan untuk memacu aktivitas promosi penyediaan jasa ekoturisme tersebut secara lebih luas dan cepat. Apabila terlaksana dengan baik (proses perencanaan, promosi, dan eksekusi), maka program ini dapat mendatangkan keuntungan finansial bagi pemerintah maupun masyarakat. Hal ini tentunya menjadi nilai tambah dalam upaya menjaga keberlanjutan sumberdaya alam beserta nilai kultural di dalamnya.

## 5.9 Kesimpulan

Sistem agroforestri di lereng Gunung Kawi terus berkembang dan berevolusi mulai jaman pra kolonial-kolonial-sekarang mengikuti berbagai macam perubahan ekonomi, sosial, budaya dan lingkungan. Resiliensi sistem agroforestri membuktikan bahwa sistem tersebut mampu memenuhi faktor kelayakan (*feasibility*), keuntungan (*profitability*), dapat tidaknya diterima (*acceptability*) dan kesinambungan (*sustainability*).

Industri kopi nasional yang terus meningkat berpotensi memperluas pengembangan agroforestri berbasis kopi di kawasan Gunung Kawi. Perkembangan industri peternakan sapi perah, baik yang dilakukan oleh korporasi maupun peternak skala kecil, sedikit banyak juga berpengaruh terhadap pengembangan sistem pertanian multifungsi. Kerjasama antar pemangku kepentingan (petani, pemerintah, swasta, dan perguruan tinggi) telah dirintis di beberapa lokasi di lereng Gunung Kawi, dan turut meningkatkan kesejahteraan petani. Namun demikian, saat ini kerjasama tersebut kebanyakan berskala kecil dan berjangka pendek. Untuk menghasilkan efek yang signifikan, peningkatan kualitas, kuantitas dan keberlanjutan kerjasama antar pemangku kepentingan tersebut sangatlah diperlukan.



## Bab 6.

# AGROFORESTRI KHAS GUNUNG BROMO

*Didik Suprayogo, Kurniatun Hairiah, Rizki Maulana Ishaq, Gabryana Auliya Nugroho, Melati Julia Rahma, Danny Dwi Saputra, Ni'matul Khasanah, dan Beria Leimona*

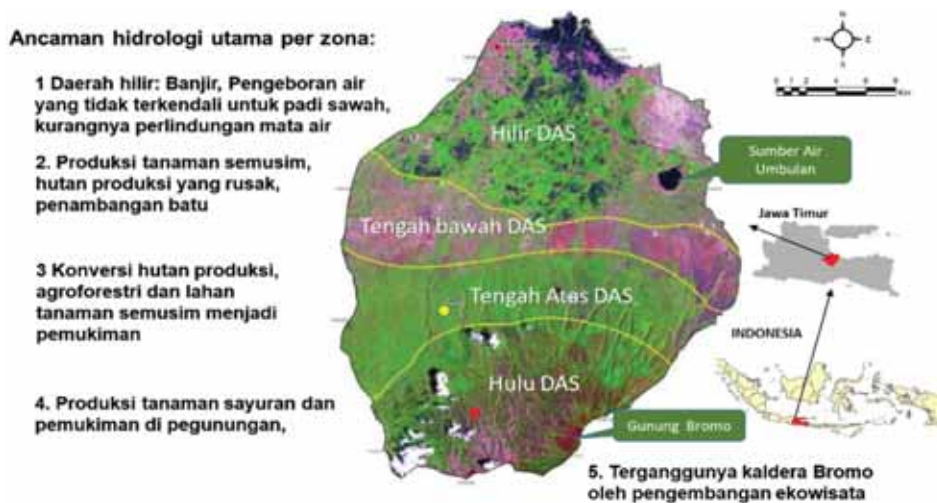
## 6.1 Pengantar

Peran unik agroforestri di Lereng Gunung Bromo sebagai sistem penggunaan lahan yang ramah lingkungan baik secara ekologi, ekonomi, sosial dan budaya yang berbeda dengan kondisi di daerah pegunungan lainnya. Agroforestri (AF) merupakan sistem penggunaan lahan yang “ramah infiltrasi” di Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso Jawa Timur.

Penggunaan lahan “ramah infiltrasi” dapat diartikan sebagai penggunaan lahan yang memungkinkan laju infiltrasi air yang tinggi, sehingga limpasan permukaan menjadi kecil dan fungsi Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai penyangga aliran dan pengendalian erosi lebih terjamin. Di DAS Rejoso, penggunaan lahan yang ramah infiltrasi sangat dibutuhkan. Hal ini karena ada lima isu utama ancaman hidrologi di DAS Rejoso (Gambar 6.1.1), yaitu:

- 1 Di kawasan hilir DAS, masyarakat mengalami banjir. Di sisi lain, hasil dari upaya konservasi air yang dilakukan di daerah hulu, dan tersimpan dalam *groundwater*, banyak terbuang akibat adanya pengeboran air melalui sumur artesis (*artesian aquifer*) yang tidak terkendali untuk irigasi padi sawah. Demikian pula, kondisi sumber air Umbulan yang memberikan manfaat untuk kebutuhan air bersih masyarakat Pasuruan hingga Kota Sidoarjo dan Surabaya, saat ini berada dalam ancaman kekurangan karena longgarnya perlindungan mata air. Hal ini ditandai dengan penurunan laju aliran air (debit air) tahun 2019 sebesar 30% di sumber air Umbulan bila dibandingkan tahun 1980 sebesar 5000 liter detik<sup>-1</sup> (Toulier 2019).
- 2 Di kawasan tengah bagian bawah DAS tergolong “kurang ramah infiltrasi. Ada 3 macam penggunaan lahan yaitu: (a) sistem produksi tanaman semusim di lahan kering, (b) sistem tumpangsari pohon kayu putih dengan tanaman semusim (agroforestri sederhana) di kawasan hutan produksi, dan (c) lahan penambangan batu gunung terletak di kawasan lahan hak milik. Infiltrasi tanah di hutan di wilayah tersebut dapat mencapai 79 mm jam<sup>-1</sup>, namun dengan adanya aktivitas penambangan batu maka infiltrasi menurun hingga 3,5 mm jam<sup>-1</sup>.

- 3 Di kawasan tengah bagian atas DAS, terdapat ancaman konversi tutupan hutan produksi menjadi tanaman semusim dan agroforestri, serta lahan tanaman semusim menjadi pemukiman yang terus terjadi. Kondisi saat ini, kawasan tersebut mayoritas masih merupakan tutupan hutan produksi dan agroforestri dalam kondisi baik, sehingga menjadi bagian dari "kawasan ramah infiltrasi" pegunungan yang dapat berperan sebagai penyangga sumber-sumber air di hilir DAS.
- 4 Di hulu DAS, ancaman konversi tutupan hutan menjadi lahan sayuran sangat tinggi. Pada tahun 1970-an tutupan hutan di kawasan tersebut masih mencapai 70% dari total kawasan, namun saat ini (pada tahun 2020) tutupan hutan hanya tinggal 10% saja. Kondisi ini menjadi ancaman serius untuk hidrologi DAS, karena akan berubah menjadi sangat kurang ramah infiltrasi. Namun demikian, di kawasan tersebut ada upaya positif dari masyarakat untuk menyelamatkan lahan dari bahaya longsor dengan jalan penanaman cemara gunung (*Casuarina junghuhniana*) dan mendomestifikasi tanaman edelweis (*Anaphalis javanica*) dalam sistem agroforestri.
- 5 Kaldera Bromo merupakan kawasan resapan air yang ramah infiltrasi, akan tetapi dengan berkembangnya ekowisata, maka lalu-lalang kendaraan jeep wisata dapat memadatkan hamparan pasir dan mengganggu infiltrasi.



Gambar 6.1.1 Sebaran isu utama ancaman hidrologi di DAS Rejoso



### Box 6.1.1 Peningkatan jumlah wisatawan dan peningkatan pemadatan tanah

Pada musim liburan intensitas kunjungan wisatawan sangat tinggi bisa mencapai 1.500 orang per hari, tentunya menguntungkan masyarakat lokal. Hal tersebut berarti ada peningkatan jumlah kendaraan wisata yang masuk kawasan dan berdampak pada penurunan kemampuan tanah menyerap air hujan (infiltrasi) karena adanya pemadatan tanah. Tingkat kepadatan tanah (ketahanan penetrasi tanah dan laju infiltrasi) diukur (Gambar 6.1.2) di lima lokasi utama wisatawan di dalam kawasan Kaldera Bromo yaitu Bukit Telletubies, parkir jeep di dekat pura, area di bawah tangga Bromo, area pasir berbisik, dan jalur jeep wisata di dekat Wonokitri. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kepadatan tanah di lokasi yang dilalui wisatawan (dengan kendaraan bermotor/kuda/jalan kaki) berkisar antara 1,2 hingga 6 MPa (rata-rata 3,3 MPa). Hal tersebut merupakan tingkat kepadatan yang tinggi. Laju infiltrasi di kawasan Bukit Telletubies dan jalan jeep Wonokitri mengalami penurunan drastis yaitu 6.5, dan angka ini adalah 25 kali lebih rendah dari kondisi tanpa gangguan wisatawan (Saputra *et al.* 2018). Tindakan pembatasan jumlah wisatawan sesuai dengan kapasitas daya dukung (*carrying capacity*) serta penentuan masa pemulihan ekosistem (*ecosystem recovery time*) di kawasan tersebut merupakan langkah yang tepat.



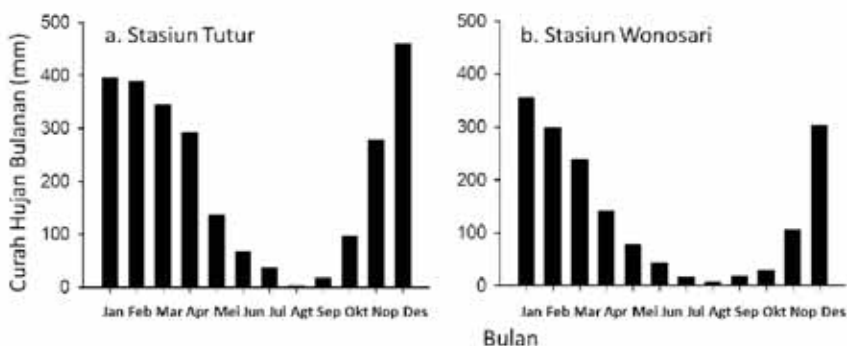
**Gambar 6.1.2** Kegiatan pengukuran infiltrasi air tanah di area pasir berbisik TNBTS (Sumber foto: K. Hairiah 2017)

Sistem penggunaan lahan pertanian berbasis pohon (agroforestri) sangat dibutuhkan untuk mempertahankan wilayah DAS yang saat ini membutuhkan banyak "lahan ramah infiltrasi". Agroforestri tidak hanya bermanfaat secara ekonomi tapi juga ekologi. Sistem agroforestri dengan kerapatan tajuk yang tinggi dan jika terdapat lapisan seresah tebal secara permanen dapat mempertahankan laju infiltrasi yang tinggi dan berdampak positif terhadap fungsi hidrologi lahan, melalui: (1) tutupan tajuk hijau pada tingkat pohon dan tumbuhan bawah, (2) kekasaran permukaan tanah, (3) seresah di permukaan tanah, (4) akar-akar yang mati, dan (5) penyerapan air oleh pohon dan vegetasi lainnya (Hairiah *et al.* 2004, Suprayogo *et al.* 2017).

Perbedaan komponen penyusun lahan menyebabkan kondisi hidrologi tanah berbeda pula. Ada lima aspek yang membedakan kondisi hidrologis di hutan alam dibandingkan tanaman semusim (Creed & van Noordwijk 2018, Jones *et al.* 2020) adalah: (1) Besarnya transpirasi yang dipengaruhi oleh indeks luas daun (LAI) yang memungkinkan terjadinya fotosintesis, dan ketika stomata daun terbuka terjadi transpirasi. Juga dengan perbedaan morfologi daun dan intensitas curah hujan akan menentukan besarnya intersepsi tajuk, retensi dan penguapan berikutnya, (2) Seresah permukaan penting untuk mengurangi pemadatan tanah lapisan atas dan mendukung infiltrasi (Liu *et al.* 2019), sekaligus mengurangi penguapan tanah, dan mengurangi terjadinya penyumbatan pori oleh partikel tanah yang terangkut saat terjadi aliran permukaan, (3) Makroporositas tanah yang mengatur infiltrasi dan memungkinkan aerasi di lapisan tanah yang lebih dalam di antara kejadian hujan sehingga dapat mempercepat pemulihan kondisi lahan setelah adanya upaya restorasi (Zhang *et al.* 2018, Zhang *et al.* 2019), (4) sistem perakaran yang mengatur penyerapan air dari lapisan tanah bawah yang berhubungan erat dengan fenologi kanopi pohon di atas permukaan tanah (van Noordwijk *et al.* 2015), (5) kemungkinan pengaruhnya terhadap kejadian curah hujan (Ellison *et al.* 2017, Ellison *et al.* 2019). Masing-masing dari kelima aspek tersebut memiliki dinamika yang dipengaruhi oleh jenis pohon dan pengelolannya yang dapat memberikan tantangan tersendiri dalam menentukan pilihan penggunaan lahan yang memadai secara hidrologis. Selain jenis tanah dan kemiringan lahan, jenis dan kerapatan tutupan pohon di dalam hutan sangat mempengaruhi tingkat keramahan infiltrasi. Dalam hal hidrologi DAS, penggunaan "lahan ramah infiltrasi" dapat diartikan sebagai penggunaan lahan yang memungkinkan laju infiltrasi air yang tinggi, sehingga limpasan permukaan kecil dan erosi tanah dalam tingkat yang masih diperbolehkan untuk skala petak, dan juga sebagai penyangga aliran sungai dalam konteks fungsi DAS. Daerah aliran sungai (DAS) dengan penggunaan lahan yang ramah infiltrasi pada batas tertentu mampu menyangga aliran puncak sungai yang menyebabkan banjir (van Noordwijk *et al.* 2017a). Penyanggaan aliran sungai sangat penting untuk ketahanan iklim dalam suatu wilayah DAS (Shannon *et al.* 2019) dan kemampuan penyanggaan aliran sungai yang tinggi dalam DAS sangat dibutuhkan, karena berhubungan langsung kejadian banjir (van Noordwijk *et al.* 2017b).

## 6.2 Karakteristik Wilayah

Kondisi iklim yang mempengaruhi hidrologi DAS sangat ditentukan oleh pengaruh angin muson barat laut dan barat daya. Muson barat laut, mengambil sejumlah besar uap air di atas Samudra Hindia, membawa sebagian besar curah hujan tahunan di daerah tersebut, dan mendominasi selama periode dari November hingga April. Meskipun terdapat variasi yang cukup besar dalam jumlah dan distribusi curah hujan dari tahun ke tahun, sebagian besar tempat di DAS menerima sekitar 91% curah hujan selama musim hujan November-Mei (curah hujan bulanan >100 mm) di bagian hulu, dan sekitar 91% curah hujan selama musim hujan November-April di tengah aliran (Gambar 6.2.1). Karena pengaruh topografi, ada variasi spasial yang cukup besar dalam curah hujan tahunan juga, mulai dari 1.655 mm hingga 3.675 mm dengan curah hujan tahunan yang ekstrim. Bahkan pada tahun 2010 dengan curah hujan tahunan 5.298 mm dalam 24 tahun pengukuran curah hujan (1990-2013) di wilayah hulu dibandingkan dengan curah hujan tahunan mulai dari 1.020 mm hingga 2.603 mm di wilayah tengah DAS. Variasi periode Mei hingga Oktober dianggap sebagai musim kemarau. Kemudian pada saat ini monsun tenggara mendominasi, membawa jumlah curah hujan yang jauh lebih kecil karena kelembaban atmosfer yang lebih rendah yang disebabkan oleh suhu yang lebih rendah sepanjang tahun di belahan bumi bagian selatan. Curah hujan tahunan di wilayah hulu (curah hujan tahunan rata-rata = 2.488 mm) lebih basah daripada di wilayah tengah sungai curah hujan tahunan rata-rata = 1.632 mm). Dalam pengukuran selama 24 tahun, curah hujan harian maksimum di hulu dan tengah sungai berkisar 80 mm hari<sup>-1</sup> hingga 200 mm hari<sup>-1</sup> dan 60 mm hari<sup>-1</sup> hingga 320 mm hari<sup>-1</sup>. Berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson di aliran atas dan aliran tengah secara berturut turut dianggap agak basah (C) dan sedang (D).



**Gambar 6.2.1** Distribusi curah hujan bulanan di DAS Rejoso dari rata-rata kejadian hujan 24 tahun (1990-2013) di wilayah DAS (a) Hulu (Stasiun Curah Hujan Tutur) dan (b) Tengah (Stasiun Curah Hujan Wonosari)

Ada empat jenis tanah di DAS Rejoso, yaitu: Andisols, Inceptisols, Alfisols, dan Entisols. Andisols terutama ditemukan di wilayah hulu DAS. Andisols memiliki lapisan tanah atas berwarna hitam hingga coklat sangat tua yang kaya akan bahan organik, yang biasanya menutupi lapisan tanah bawah berwarna coklat sampai coklat kekuningan tua. Fraksi liat tanah ini didominasi oleh alofan. Andisol sangat permeabel, berpori dengan bobot isi (BI) tanah rendah ( $<0.9 \text{ g cm}^{-3}$ ), kapasitas tanah menahan air tinggi dan struktur tanah yang remah. Tekstur tanah umumnya adalah lempung berpasir. Tanah-tanah ini memiliki kesuburan inheren yang tinggi dan sangat mudah tererosi, jika mengalami gangguan antropogenik serius.

Di lereng vulkanik bagian tengah atas dan tengah bawah DAS Rejoso, memiliki bahan induk tanah berupa tufa yang *permeable*, mudah lapuk dan endapan abu vulkanik, yang selanjutnya membentuk tanah dalam – Inceptisols dan Alfisols. Inceptisols hanya memiliki diferensiasi horizon tanah yang terbatas. Tekstur tanah berkisar dari liat hingga lempung berliat. Alfisol adalah tanah yang memiliki akumulasi liat di lapisan tanah bawah. Teksturnya berkisar dari liat hingga lempung berliat di lapisan tanah atas dan lempung liat hingga lempung di lapisan tanah bawah. Kedua tanah ini memiliki kesuburan bawaan sedang sampai tinggi, tetapi sangat rentan terhadap erosi.

Kelompok keempat, Entisols, adalah tanah yang tidak memiliki perkembangan horizon dan ditemukan di pasir, abu dan tufa vulkanik. Entisols terjadi di recent dan sub-recent lahar dari gunung berapi Bromo. Entisol dengan tekstur kasar sangat mudah tererosi dan memiliki kapasitas menahan air yang sangat rendah. Tutupan vegetatif permanen dan terutama diversifikasi tanaman pohon dan agroforestri atau hutan adalah jenis pemanfaatan lahan yang paling cocok untuk mengendalikan limpasan permukaan dan mencegah erosi.

### 6.3 Pergeseran dari hutan ke agroforestri atau dari lahan terdegradasi ke agroforestri

Sistem agroforestri sederhana (AFS) di DAS Rejoso dibedakan menjadi tiga yaitu AFS berbasis kayu (*timber*), AFS berbasis non kayu (*non-timber*) dan AFS-tanaman semusim. Di daerah Umbulan (wilayah tengah bawah DAS), Puspo (wilayah tengah atas DAS) dan Baledono (wilayah hulu DAS), sebagian besar berada dalam kawasan hutan produksi yang dikelola oleh Perhutani. Jenis pohon utama yang ditanam adalah kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) di Umbulan, pinus (*Pinus merkusii*) dan mahoni (*Swietenia macrophylla*) di Puspo dan Baledono. Masyarakat sekitar sebagai pesanggem diizinkan menggunakan dan mengelola lahan tersebut untuk bercocok tanam, asalkan tidak merusak pohon utama. Di Umbulan, pesanggem masih mengusahakan tanaman semusim misalnya kacang tanah dan ketela pohon. Di Puspo dan Baledono, pesanggem yang turut

mengelola lahan tersebut sebagian besar menanam tanaman rumput gajah dan di sela-selanya ada tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) dan mangga (*Mangifera indica*). Para pesanggem tentunya dalam mengusahakan tanaman selain kayu mengikuti siklus tebang tanaman pohon utama. Di daerah Puspo dan Baledono, panen kayu biasanya dilakukan setelah pohon berumur 30-40 tahun, selanjutnya akan diterapkan tumpang sari tanaman sayuran atau tanaman semusim dengan tanaman kayu muda saat mulai penanaman hingga kanopi tanaman kayu menutup (5 tahun setelah penanaman pohon). Tantangan pemulihan menuju ekologi hutan untuk agroforestri berbasis kayu putih tersebut masih jauh dari harapan. Demikian pula pascatebang pinus dan mahoni, karena pada periode ini lahan digunakan untuk tanaman sayuran di lahan dengan kemiringan curam. Hal ini menjadi tantangan tersendiri yang masih jauh dari kondisi ekologis yang “ramah infiltrasi”, sehingga dapat mendorong terjadinya degradasi tanah yang lebih serius. Kondisi tersebut juga terjadi di lahan hak milik, terutama di daerah hulu DAS Rejoso. Petani mempraktikkan pertanaman sayuran di lahan dengan kemiringan tajam (>45%), demikian pula lahan dengan praktik agroforestri sederhana berupa cemara dan tanaman sayuran. Dalam kondisi pertanaman demikian, mayoritas air hujan yang turun menjadi limpasan permukaan, terjadi erosi tanah (melampaui ketentuan erosi yang diperbolehkan), dan membawa bahan organik dan unsur hara lainnya yang terangkut sebagai sedimen. Hal tersebut menyebabkan terjadinya degradasi tanah di daerah hulu dan di daerah hilir sebagai pemicu terjadinya banjir dan kekeringan.

Di daerah Sumberpitu dan Tempuran yang terletak berdekatan dengan kawasan pemukiman banyak dijumpai agroforestri (AF) sederhana dan AF-multistrata di lahan hak milik. Sistem tersebut sangat dibutuhkan masyarakat, karenaproduk-produk dari agroforestri digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup, baik untuk dikonsumsi sendiri maupun dijual ke pasar. Menurut informasi dari petani, sejak 10-30 tahun yang lalu, masyarakat telah mempraktikkan sistem agroforestri baik dalam bentuk sederhana maupun multistrata dengan beraneka macam kombinasi pohon penyusunnya. Saat ini, sebagian besar petani di DAS Rejoso memanfaatkan lahannya untuk menanam tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*), kopi (*Coffea cnephora*), dan durian (*Durio zibethinus*) sebagai tanaman utama. Dahulu, masyarakat banyak yang menanam tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*), namun akhir-akhir ini cengkeh tidak lagi menguntungkan secara ekonomi dan masa tunggu produksinya yang lama, maka sebagian besar masyarakat beralih ke jenis tanaman lain.

Hal yang unik di kawasan ini adalah domestikasi bunga edelweiss jawa (*Anaphalis javanica*)— bergeser dari lingkungan liar di hutan ke lahan agroforestri di kawasan hulu DAS Rejoso. “Bunga Abadi” Edelweiss adalah salah satu buah tangan yang selalu diburu wisatawan karena bunga tersebut sangat cocok untuk mengungkapkan rasa kasih dan sayang kepada orang yang dicintainya, sehingga tak heran bila permintaan akan bunga abadi tersebut terus meningkat. Sementara, kerapatan populasi bunga edelweiss jawa terus menurun bahkan sudah masuk dalam daftar merah tumbuhan

yang terancam punah. Ancaman kepunahan bunga edelweiss merupakan ancaman “hidup” bagi masyarakat Tengger. Bunga edelweiss berwarna putih yang dalam Bahasa Sansekerta disebut dengan *tana layu* (artinya tidak layu) menjadi salah satu komponen sesaji yang tidak dapat digantikan oleh bunga lainnya dalam upacara adat seperti leliwet, karo, kesodo, entas-entas dan unan-unan (mayu desa). Dulu masyarakat Tengger dapat mengambilnya dari alam liar di hutan, namun dengan adanya larangan memetik bunga edelweiss di hutan maka hal tersebut tidak bisa dilakukan lagi.

Pada tahun 2014 masyarakat Suku Tengger dari Komunitas Bala Daun mulai membudidayakan bunga edelweiss (Gambar 6.3.1), yang mana aktivitasnya banyak memperoleh binaan dari Yayasan Satu Daun yang aktif bergerak dalam penanganan isu lingkungan dan konservasi (JawaPos.com, 9 Oktober 2022).



**Gambar 6.3.1** Budidaya bunga edelweis oleh masyarakat Tengger di Desa Tosari, Kecamatan Tosari untuk mencukupi kebutuhan upacara adat Tengger, (a) pembibitan bunga edelweis di lereng atas berdampingan dengan tanaman hias lainnya, (b) juga berdampingan dengan pohon cemara gunung, (c) pemanfaatan bunga edelweis dalam salah satu upacara adat (Sumber foto: (a) A. Hartik, Kompas.com 8 Juni 2018, (b) F. Tanjung/JawaPos.com, 9 Oktober 2022, (c) M.J. Rahma 2022)

Selanjutnya pada tahun 2017 warga Desa Wonokitri, Kecamatan Tosari, Kabupaten Pasuruan, membentuk kelompok tani bernama Hulun Hyang (Hamba Sang Hyang Widhi). Kelompok tani ini dibina secara khusus oleh Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (BBTNBTS) yang selalu mendorong partisipasi masyarakat lokal untuk upaya konservasi dengan jalan mengembangkan taman edelweiss sebagai sarana konservasi *ex situ* dan etalase budidaya bunga edelweiss. Program pengembangan awal hanya ditujukan untuk keperluan warga sekitar dalam pemenuhan kepentingan adat, namun

dengan adanya dorongan berbagai pihak maka taman edelweiss dikembangkan menjadi daya tarik wisata alternatif di kawasan TNBTS. Hingga November 2018, BBTNBS bersama Badan Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Provinsi Jawa Timur dan Pemerintah Daerah Pasuruan meluncurkan wisata Desa Edelweiss, salah satunya adalah di Desa Wonokitri (Gambar 6.3.2).

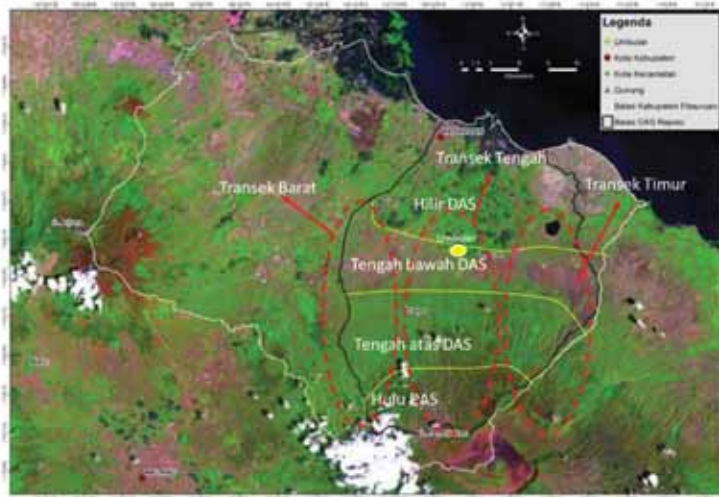


**Gambar 6.3.2** Lokasi konservasi ex-situ bunga edelweiss di Desa Wonokitri (Sumber foto: M.J. Rahma 2022)

## 6.4 Struktur dan stabilitas agroforestri

Identifikasi dan kuantifikasi karakteristik struktural agroekosistem merupakan prasyarat untuk mencapai peningkatan kapasitas penyediaan jasa ekosistem. Desain struktur sistem agroforestri yang optimal dan inovatif diperlukan untuk meningkatkan kapasitas penyediaan layanannya. Stabilitas merupakan jaminan penting untuk pemeliharaan jangka panjang jasa ekosistem agroforestri. Oleh karena itu, berdasarkan gambaran di atas diperlukan untuk mencapai peningkatan kapasitas penyediaan jasa ekosistem. Desain struktur sistem agroforestri yang optimal dan inovatif diperlukan untuk meningkatkan kapasitas penyediaan layanannya. Stabilitas merupakan jaminan penting untuk pemeliharaan jangka panjang jasa ekosistem agroforestri.

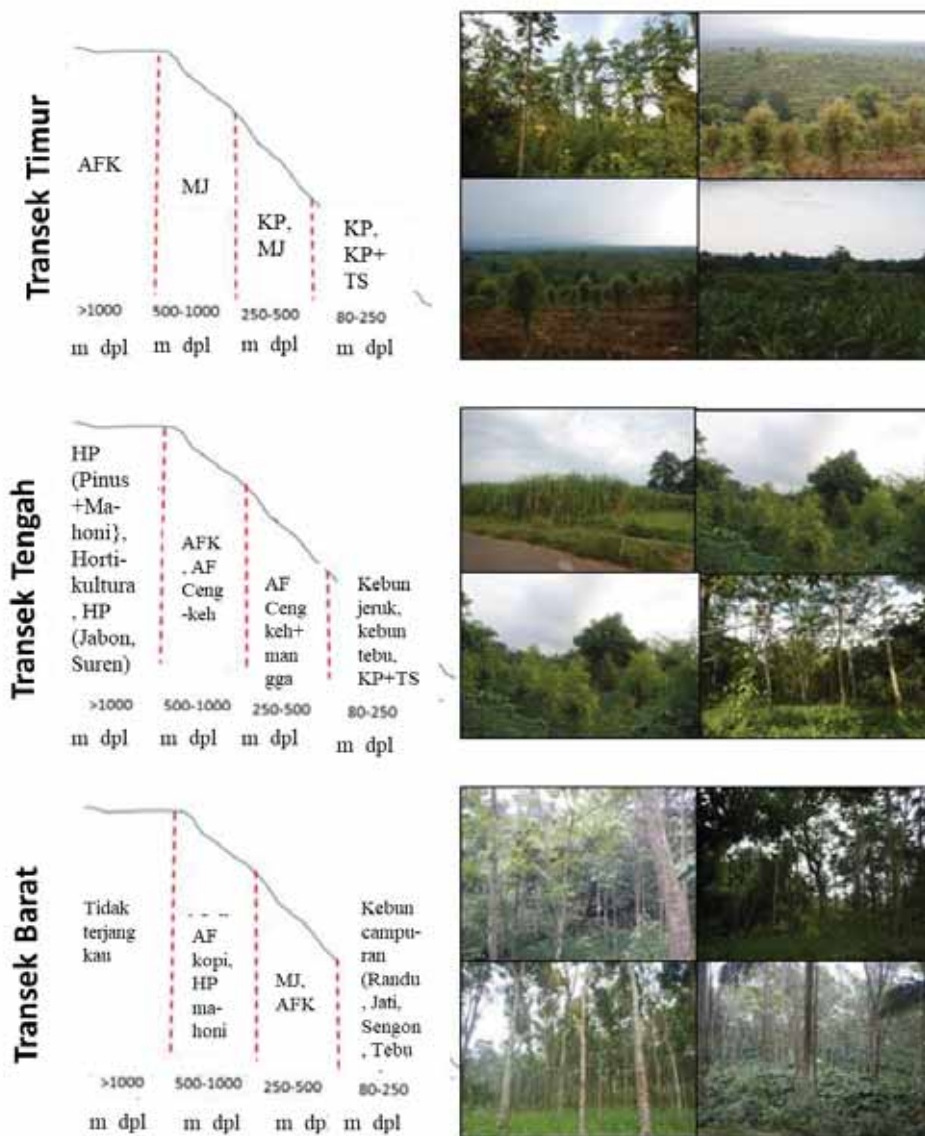
Struktur agroforestri di DAS Rejoso dibagi menjadi tiga transek berdasarkan sebaran tanah berbatu yang ada, yaitu transek timur (berbatu), transek barat (tidak berbatu) dan transek tengah (daerah berbatu dan tidak berbatu)(Gambar 6.4.1).



**Gambar 6.4.1** Zonasi transek kondisi batuan di lahan DAS Rejoso (Sumber gambar: ICRAF 2016)

Hasil survei menunjukkan bahwa di transek timur, tutupan lahan di wilayah DAS tengah bawah (ketinggian 80-500 mdpl) didominasi oleh agroforestri dengan tanaman kayu putih yang ditumpangsarikan dengan kacang tanah, singkong dan jagung, sedangkan tutupan lahan di wilayah tengah-atas DAS, dengan lahan berlereng di ketinggian 500-1000 mdpl, lebih didominasi oleh agroforestri (sistem campuran) dengan dominasi tanaman keras seperti mangga dan kayu putih. Monokultur jati juga ditemukan di ketinggian 500-1000 mdpl (Gambar 6.4.2). Karakteristik tanah adalah tanah berbatu, tekstur lempung dengan solum tanah dangkal. Jenis tanah di transek tersebut tergolong Inseptisol dan Alfisol.





Gambar 6.4.2 Distribusi tutupan lahan berdasarkan elevasinya di transek timur, tengah, dan barat di DAS Rejoso (Catatan: AFK = agroforestri kompleks, MJ = monokultur jati, KP = kayu putih, HP = hutan produksi, TS = tanaman semusim)(Sumber foto: Tim survei dan peneliti FPUB-Rejoso 2016)

Jenis tutupan lahan yang ditemukan di transek tengah cukup berbeda dengan transek timur. Tutupan lahan di lereng bawah didominasi oleh sistem tanaman monokultur seperti tebu dan jeruk. Sistem agroforestri didominasi oleh jenis *Eucalyptus* (ditumpangsarikan dengan tanaman ketela pohon dan mangga) dan cengkeh dengan tingkat kerapatan bervariasi. Sistem tersebut banyak dijumpai di bagian tengah lereng (ketinggian 250-1000 mdpl). Di daerah yang lebih tinggi, pada hutan produksi yang dikelola oleh Perhutani didominasi oleh jenis mahoni (*Swietenia macrophylla*), pinus (*Pinus merkusii*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), dan suren (*Toona sinensis*) dengan rumput pakan ternak ditanam di bawah tegakan. Karakteristik tanah didominasi oleh lempung berliat dengan solum tanah yang lebih dalam dibandingkan dengan transek timur. Ada tiga jenis tanah yang ditemukan, yaitu Andisol, Inseptisol dan Alfisol.

Di transek barat, sistem agroforestri ditemukan di sepanjang transek ini, dimana sistem agroforestri berbasis jati (*Tectona grandis*) dikombinasikan dengan kapuk randu (*Ceiba pentandra*). Pohon sengon (*Paraseriantes falcataria*) ditumpangsari dengan tebu lebih sering ditemukan di lereng bawah (ketinggian 80-250 mdpl). Di daerah lereng atas, sistem agroforestri yang kompleks dengan kerapatan pohon yang tinggi lebih sering ditemukan terutama dalam sistem agroforestri berbasis kopi. Sebagian kecil dari daerah tersebut masih diusahakan pula sistem monokultur jati. Di lereng atas, hutan produksi (kawasan Perhutani) didominasi oleh kayu mahoni. Karakteristik tanah yang ada didominasi oleh lempung dengan solum tanah yang lebih dalam. Jenis tanah di transek ini adalah Inseptisol dan Alfisol.

Keragaman dan komposisi tanaman agroforestri di DAS Rejoso menentukan tingkat kerapatan tutupan lahan yang mempengaruhi tingkat keramahan infiltrasi lahan (Tabel 6.4.1).

**Tabel 6.4.1** Perwakilan keragaman dan komposisi tanaman dalam agroforestri di DAS Rejoso

No	Penggunaan lahan	Jenis tanaman dalam agroforestri	Lokasi (Desa-Kecamatan)	Geoposisi
<b>Jenis tanah: Entisol/Inseptisol</b>				
1	Hutan produksi (Perhutani)	Kayu putih- kacang tanah, atau singkong atau jagung	Umbulan-Winongan	S 07°46'07.7" E112°56'02.0"
2	Agroforestri (hak milik)			
<b>Jenis tanah: Inseptisol/Alfisol</b>				
3	Hutan produksi (Perhutani)	Mahoni, pisang, salak, talas, rumput gajah	Puspo-Puspo	S 07°50'45.0" E112°52'29.4"
		Pinus, pisang, talas, rumput gajah	Puspo-Puspo	S07°50'44.5" E112°52'28.4"
4		Cengkeh, kakao, nangka, cabai, jagung, pisang, lengkuas, nanas, pandan, tomat, dan singkong	Puspo-Puspo	S07°50'34.3" E112°52'14.8"
5	Agroforestri multistrata (hak milik)	Kopi, mahoni, Sengon, pisang, lamtoro, talas, kelapa, dan dadap	Tutur-Sumberpitu	S07°50'09.0" E112°49'00.8"
6		Kopi, pisang, mangga, Sengon, temulawak, alpukat, mahoni, dan belimbing wuluh	Tutur-Sumberpitu	S07°50'11.1" E112°48'57.5"
7		Kopi, sengon, durian, waru, nangka, kananga, dadap, mahoni, pisang, talas, dan ketela pohon	Tutur-Sumberpitu	S07°50'12.4" E112°48'58.5"
8		Mangga, pisang, jagung, cabai, ubi kayu	Pasrepan - Mangguan	S07°47'47.6" E112°52'05.3"
9	Agroforestri sederhana (Hak Milik)	Sengon, mangga, pisang	Pasrepan - Mangguan	S07°47'44.0" E112°52'03.2"
10		Durian, rumput gajah, singkong, pisang	Tutur - Tempuran	S07°49'18.1" E112°49'45.2"
<b>Jenis tanah: Andisol</b>				
11	Hutan produksi (Perhutani)	Pinus-rumput gajah	Puspo - Puspo	S07°50'34.3" E112°52'14.8"
12		Pinus- tanaman sayuran	Tosari - Baledono	S07°51'02.5" E112°53'10.1"
13	Agroforestri sederhana (Hak Milik)	Cemara- bunga edelweiss	Tosari-Wonokitri	S07°51'55.3" E112°53'57.2"
14		Cemara-tanaman sayuran	Tosari-Wonokitri	S07°53'38.4" E112°54'33.0"

Struktur agroforestri di DAS Rejoso relatif beragam. Bila ditinjau dari sudut pandang penggunaan lahan “ramah infiltrasi”, konsep stabilitas agroforestri dapat dinilai dari perannya dalam mempertahankan fungsi hidrologi hutan. Fungsi hidrologi hutan dapat dianalisis melalui peran “hutan” dalam tiga hal: (a) mengubah pola aliran air hujan di sistem pertanaman, (b) relief mikro di bentang lahan dan (c) perbaikan sifat tanah, secara skematis disajikan di Gambar 6.4.3.

Fungsi hidrologi hutan di tingkat lanskap (bentang alam) dapat dinilai melalui perannya dalam menjaga stabilitas hidrologi hutan, yang meliputi:

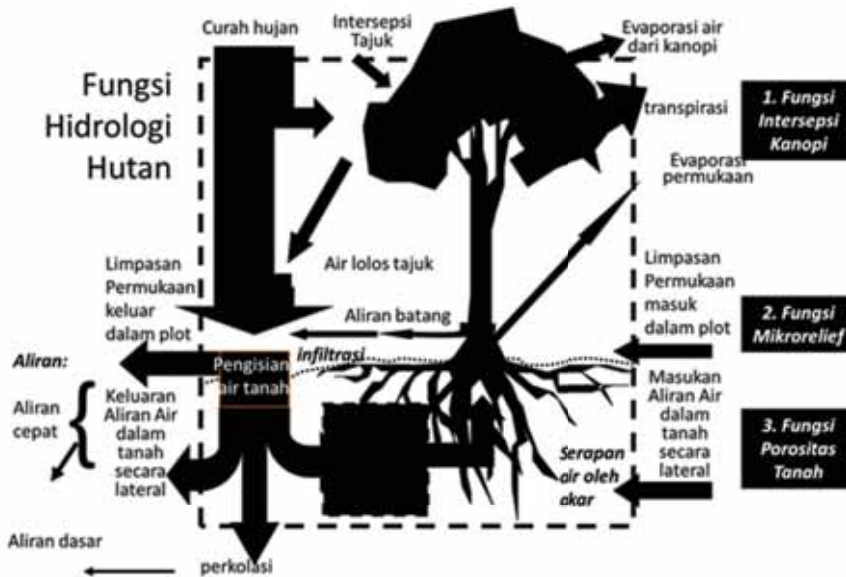
### 1 Zona di atas tanah

Fungsi “hutan” di zona atas tanah dibagi menjadi dua yaitu tutupan biomasa dan tutupan coklat (nekromasa dan seresah).

- a. Tutupan biomasa. Fungsi biomasa diberikan oleh kanopi pohon dan tumbuhan bawah yang mengintersepsi (menahan) air hujan yang langsung jatuh ke permukaan tanah. Intersepsi air hujan ini berperan untuk: (1) mengurangi daya hancur air hujan terhadap permukaan tanah, (2) meningkatkan infiltrasi air hujan ke dalam tanah secara perlahan-lahan, (3) mempertahankan iklim mikro kawasan setempat. Keberadaan lapisan air tipis (*waterfilm*) yang tertinggal di permukaan daun dan batang selanjutnya akan menguap (evaporasi), sehingga melalui mekanisme tersebut dapat mempertahankan kelembaban udara

#### Prinsip 1. Menjaga stabilitas agroforestri “ramah infiltrasi”

Permukaan tanah harus selalu tertutup, dan mengalirkan air hujan untuk masuk ke dalam pori-pori makro tanah. Bila tidak memungkinkan, air hujan harus dialirkan melalui saluran yang disiapkan dan aman untuk dilewati air agar tidak merusak tanah.



Gambar 6.4.3 Fungsi hidrologi hutan (Dimodifikasi dari: Susswein et al. 2001)

- b. Tutupan coklat (nekromasa dan seresah). Fungsi ini diberikan oleh tutupan seresah yang tebal di permukaan tanah. Seresah merupakan bagian dari tubuh tanaman (berupa daun, cabang, ranting, bunga dan buah) yang mati (gugur ataupun sisa pangkasan) dan masih tinggal di permukaan tanah baik yang masih utuh ataupun telah sebagian mengalami pelapukan. Peran seresah dalam mempertahankan fungsi hidrologi hutan adalah: (1) mempertahankan kegemburan tanah dengan melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung air hujan, sehingga agregat dan pori makro tanah tetap terjaga, (2) menyediakan sumber makanan bagi organisme tanah terutama makroorganisma 'penggali tanah' (misal: cacing tanah), sehingga organisme tersebut dapat hidup dan berkembang di dalam tanah bermanfaat untuk menjaga jumlah pori makro, (3) mempertahankan kualitas air di sungai melalui penyaringan partikel tanah yang terbawa oleh limpasan permukaan sebelum masuk ke sungai. Di samping seresah, tunggul dan akar pohon yang mati akan membentuk lubang atau cekungan dalam tanah yang bermanfaat untuk mengurangi kecepatan limpasan permukaan sehingga memberi kesempatan kepada air untuk meresap ke dalam tanah.

### Prinsip 2. Menjaga stabilitas agroforestri "ramah infiltrasi"

Menjaga kekasaran permukaan tanah yang relatif tinggi di setiap lahan untuk menghambat air mengalir keluar dari sistem lahan dan mempertahankan cadangan karbon dalam tanah.

- c. Serapan air oleh pohon. Persyaratan hidup pohon salah satunya adalah penyediaan air. Pohon menyerap air dari dalam tanah, sehingga menyebabkan sejumlah ruang pori menjadi kosong yang memungkinkan air hujan dapat meresap ke dalam tanah. Bila resapan air cukup cepat, maka tingkat limpasan permukaan akan berkurang. Dalam hal fungsi hidrologi ini, peran pohon tidak tergantikan dengan rekayasa yang lain. Agroforestri dapat memasukan air hujan sebanyak mungkin ke dalam tanah akan memberikan stabilitas dalam menjaga fungsi hidrologi hutan.

### Prinsip 3. Menjaga stabilitas agroforestri “ramah infiltrasi”

Mempertahankan keanekaragaman jenis dan umur tanaman yang ditanam dalam lahan yang sama.

- d. Relief mikro di bentang lahan akan memberikan kondisi kekasaran permukaan di permukaan tanah. Kekasaran permukaan di bentang lahan termasuk adanya cekungan dan rawa, memberi peluang aliran air untuk berhenti lebih lama dan mengalami infiltrasi. Kondisi tersebut juga berfungsi sebagai filter sedimen.

### Prinsip 4. Menjaga stabilitas agroforestri “ramah infiltrasi”

Merekayasa “kantong air” untuk tempat penampungan sementara air hujan yang berlebihan. “Kantong air” dapat berupa cekungan di permukaan tanah atau rawa-rawa / danau-danau di lanskap yang memungkinkan air hujan yang turun berlebihan tertampung, selanjutnya akan mengalami infiltrasi ke dalam tanah

- e. Zona di dalam tanah. Pori makro tanah berperan penting dalam menjaga tingginya laju dan jumlah air hujan yang masuk ke dalam tanah. Perkembangan akar pohon di dalam tanah sangat bermanfaat dalam mempertahankan jumlah pori makro tanah, karena akar pohon yang mati meninggalkan liang (rongga).

### Prinsip 5. Menjaga stabilitas agroforestri “ramah infiltrasi”

Mempertahankan keanekaragaman tanaman yang ditanam dengan keanekaragaman distribusi dan karakteristik kimia dari akar. Akar-akar pohon yang mati meninggalkan liang dalam tanah penting untuk menjaga pori makro dan aerasi tanah.

## 6.5 Manfaat Agroforestri

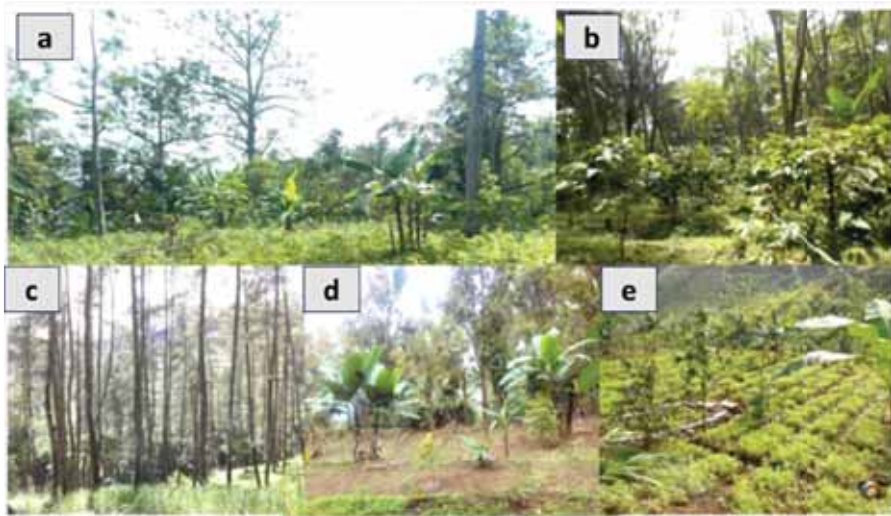
### 6.5.1 Penyediaan

---

Penyediaan (*provisioning*) dan pengaturan (*regulating*) dari agroforestri (AF) di DAS Rejoso sama halnya dengan di pegunungan lainnya yang telah banyak diulas dalam bab-bab sebelumnya. Namun demikian, dalam tulisan AF di Bromo ini ada dua manfaat (jasa) lingkungan yang akan dibahas terutama terkait dengan pengurangan emisi karbon dan konservasi budaya, yaitu: (a) manfaat AF untuk mempertahankan cadangan karbon sebagai upaya mengurangi emisi karbon, dan (b) meningkatkan peluang ekowisata “Taman Edelweiss dalam bingkai agroforestri”.

#### a. Mempertahankan cadangan karbon di tingkat DAS

Pada era perubahan iklim ini, keanekaragaman sistem penggunaan lahan (SPL) dalam lanskap/DAS sangat bermanfaat terutama terkait dengan pengaturan emisi gas rumah kaca (GRK) dan hidrologi DAS. Di DAS Rejoso terdapat lima SPL milik masyarakat lokal, negara ataupun swasta yang tersebar di berbagai kelerengan, yaitu: (A) agroforestri multistrata, (B) agroforestri sederhana, (C) lahan monokultur (hutan produksi), (D) lahan cengkeh monokultur, (E) lahan tanaman semusim (lahan kanopi terbuka) seperti kacang tanah, jagung. Jenis pohon yang ditanam beraneka jenis, umur dan manajemennya, sehingga ukuran biomasanya juga bervariasi antar lahan (Gambar 6.5.1). Hal tersebut penting untuk diketahui terutama untuk menunjang tujuan konservasi karbon di lahan dan DAS.



**Gambar 6.5.1** Berbagai macam SPL di DAS Rejoso: (a) AF multistrata, (b) AF sederhana yang merupakan campuran pohon kopi + berbagai jenis pohon penaung, (c) monokultur pinus/mahoni penghasil kayu, (d) monokultur tanaman cengkeh (*non-timber*), dan (e) tanaman semusim, umumnya tanaman yang ditanam adalah kacang tanah atau jagung

Hutan produksi cemara (*Casuarina*) yang dikelola Perhutani rata-rata sudah cukup tua (umur 30-40 tahun), sehingga lahan didominasi (93%) oleh pohon berukuran besar (DBH > 30 cm). Sebaliknya di lahan monokultur cengkeh, sekitar 93% dari total pohon yang ada adalah pohon berukuran sedang (DBH 5-30 cm). Sementara dalam sistem AF-multistrata dan AF-sederhana hanya terdapat pohon besar sekitar 25% dari total populasi, sisanya adalah pohon berukuran sedang (DBH 5-20 cm). Kerapatan pohon di lahan dapat diekspresikan sebagai luas bidang dasar (LBD) pohon atau *basal area* (BA). Pengukuran LBD tersebut untuk mengestimasi luasan tanah yang tertutup oleh pokok pohon, sehingga satuannya adalah  $m^2 ha^{-1}$ .

Semakin besar LBD suatu lahan, biasanya diikuti oleh peningkatan biomasa pohon dan jumlah serasah di permukaan tanah yang masing-masing bermanfaat untuk meregulasi emisi karbon dan hidrologi tanah.

Di DAS Rejoso, sistem monokultur-*timber* (pinus/mahoni) berumur 30-40 tahun diperoleh LBD sebesar  $28 m^2/ha$  dengan jumlah serasah rata-rata 7 ton/ha, sedangkan di SPL lainnya diperoleh LBD hanya separuhnya saja. Pada SPL tanaman semusim, per ha lahan hanya terdapat serasah rata-rata 1,0 ton/ha saja. Keuntungan lain dari jasa lingkungan lahan AF adalah mempertahankan cadangan karbon yang cukup besar. Total cadangan karbon dari biomasa pohon di SPL monokultur *timber* sebesar 287 ton/ha, sementara di SPL monokultur *non-timber* (cengkeh) hanya terdapat 141 ton/ha. Sistem AF baik multistrata maupun sederhana menyimpan karbon berkisar antara



78-104 ton/ha, dimana sekitar 70% nya berada dalam biomas pohon. Sementara sisanya (30%) berasal dari komponen organik lainnya (tumbuhan bawah, seresah, akar, dan nekromasa).

#### **b. Menselaraskan konservasi tumbuhan endemik dengan perekonomian dan budaya masyarakat**

Di bagian hulu DAS Rejoso, sebagian besar merupakan bagian dari TNBTS (Taman Nasional Bromo Tengger Semeru), yaitu kawasan konservasi pelestarian alam yang sangat kaya akan keanekaragaman flora dan faunanya yang khas dan unik, ditambah lagi dengan adat dan budaya asli Suku Tengger yang menjadi ikon tersendiri dalam sudut pandang pariwisata. Keindahan alam dan budaya yang unik di TNBTS tersebut telah menarik banyak wisatawan untuk berkunjung yang tentu saja telah membuka peluang besar untuk pengembangan perekonomian masyarakat dan pemerintah daerah setempat. Mengingat pentingnya fungsi dan manfaat keanekaragaman hayati sebagai sumber daya penting di tingkat lokal, nasional bahkan global, maka promosi konservasi keanekaragaman hayati terus digalakan. Edelweis (*Anaphalis javanica*) adalah salah satu jenis tumbuhan lokal TNBTS yang jadi buruan wisatawan, yang selalu merasa tidak cukup bila hanya melihat kecantikannya saja. Wisatawan selalu beranggapan “belum ke Bromo bila belum melihat dan membawa pulang bunga edelweis”. Oleh karena itu, bunga edelweis banyak diperdagangkan oleh masyarakat setempat dengan jalan berburu liar dari TNBTS, walaupun telah ada Undang-undang no 5 Tahun 1990 pasal 33 ayat 1 yang melarang pemetikan bunga edelweis. Bila ada pemetik atau perusak tumbuhan edelweis akan dikenakan sanksi paling besar Rp 100 juta rupiah.

Meningkatnya jumlah wisatawan yang berkunjung ke Bromo, maka ancaman kepunahan bunga edelweis semakin kuat. Ancaman tersebut juga menjadi “ancaman hidup” masyarakat Tengger. Bunga edelweis berwarna putih yang dalam Bahasa Sansekerta disebut dengan *tana layu* (artinya tidak layu) menjadi salah satu komponen sesaji yang tidak dapat digantikan oleh bunga lainnya dalam upacara adat seperti leliwet, karo, kesodo, entas-entas (ngaben) dan sebagainya.

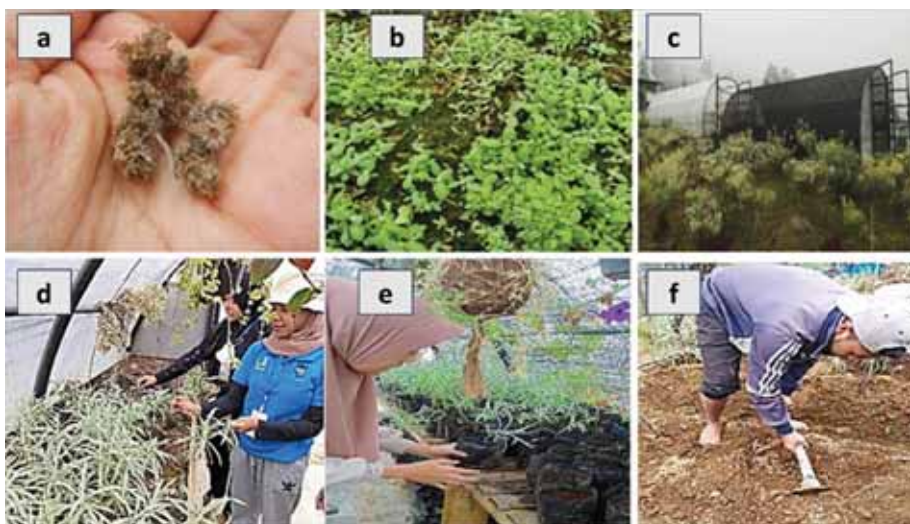
Berdasarkan kondisi tersebut, pada tahun 2017 warga Desa Wonokitri, (Kecamatan Tosari, Kabupaten Pasuruan) membentuk kelompok tani bernama Hulun Hyang (Hamba Sang Hyang Widhi) yang secara resmi memperoleh izin tangkar bunga edelweis (*Anaphalis* spp.) dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui SK Kepala BP2SDM: No. 6361/MENLHK-BP2SDM/LUH/OTL.0/7/2019 tentang “Wanawiyata Widyakarya”. “Wanata Widyakarya” merupakan model usaha di bidang kehutanan dan atau lingkungan hidup yang dimiliki dan dikelola oleh kelompok masyarakat atau perorangan yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai percontohan, serta sebagai tempat pelatihan dan magang bagi masyarakat lainnya. “Wanawiyata Widyakarya” dimaksudkan untuk menyediakan sarana pembelajaran

bagi masyarakat di bidang usaha kehutanan/lingkungan hidup yang berkualitas, serta memberikan apresiasi kepada kelompok masyarakat dan perorangan yang telah berhasil mengembangkan usaha di bidang kehutanan/lingkungan hidup (KEMEN-LHK 2016).

Saat ini Taman Edelweiss yang dikelola oleh Kelompok Tani Hulun Hyang menjadi satu-satunya taman wisata yang memiliki izin resmi dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) untuk budidaya bunga edelweiss (Gambar 6.5.2). Taman Edelweiss diharapkan dapat menjadi wilayah konservasi *ex-situ* bunga edelweiss melalui kegiatan penangkarnya sehingga kepentingan masyarakat adat Tengger dapat terpenuhi. Selain itu ada peningkatan kesejahteraan masyarakat khususnya di Desa Wonokitri melalui pengembangan Desa Wisata Edelweiss. Guna mewujudkan hal tersebut peran masyarakat lokal melalui Kelompok Tani Hulun Hyang dalam manajemen lokasi konservasi *ex-situ* berbasis ekologis menjadi sangat penting.

Pengembangan tersebut perlu ditumbuhkan secara endogenous melalui partisipasi aktif setiap anggota Kelompok Tani Hulun Hyang sehingga mampu membentuk mekanisme yang berakar kuat dan responsif terhadap dinamika lokal yang ada. Sehubungan dengan hal tersebut pendekatan *Asset Based Community Development* (ABCD) dinilai sesuai untuk diterapkan menjadi metodologi pengembangan kapasitas Kelompok Tani Hulun Hyang.

Aset atau modal yang menjadi sumber daya bagi masyarakat, setidaknya ada tujuh aset, yaitu modal fisik (seperti lahan, rumah pembibitan, irigasi dan jaringan listrik serta akses internet), modal finansial (dana-dana hibah, *voucher* masuk, menu café dan sebagainya), modal lingkungan (iklim, topografi, jenis tumbuhan edelweiss), modal teknologi (persemaian benih, persiapan media tanam, penanaman, perawatan, pemanenan dan penanganan pascapanen), sumber daya manusia (keanggotaan, usia, latar belakang pendidikan), modal sosial (hukum adat, hukum negara, upacara adat) dan aset pendukung lainnya dalam bentuk aset spiritual dalam artian nilai-nilai leluhur atau agama. Aset-aset tersebut adalah potensi yang perlu dikembangkan untuk mendukung kesejahteraan masyarakat (Muhtar 2012).



**Gambar 6.5.2** Proses penanaman tanaman edelweiss di lokasi konservasi *ex-situ*: (A) Biji edelweiss siap untuk disebar; (B) tanaman edelweiss umur 1 Bulan Setelah Tanaman (BST); (C) Tempat pembibitan dan penyapihan; (D) Tanaman edelweiss umur 12 Minggu Setelah Tanam (MST), (E) Tanaman edelweiss umur 24 MST dan (F) Pindah tanam bunga edelweiss (Sumber foto: M.J. Rahma 2021)

Modal yang dimiliki kelompok tani merupakan sarana pendukung untuk pengelolaan Taman Edelweiss. Selain di lokasi konservasi *ex-situ*, kegiatan budidaya bunga edelweiss juga dilakukan oleh beberapa masyarakat secara individu di masing-masing lahan budidaya yang mereka miliki. Masyarakat Desa Wonokitri didominasi oleh petani kentang. Tanaman kentang ditanam di bawah tegakan pohon cemara gunung (*Casuarina junghuniana*). Beberapa masyarakat Desa Wonokitri menanam bunga edelweiss sebagai *refugia* di pinggiran lahan kentang. Proses penanaman edelweiss juga hampir sama dengan yang dilakukan di Taman Edelweiss, mulai dari biji bunga edelweiss yang disemai di beberapa *polybag*, kemudian dipindah tanam ke lahan pertanian (Gambar 6.5.3 dan Gambar 6.5.4). Perawatan juga disamakan dengan perawatan tanaman kentang mulai dari pemupukan dan penanganan hama penyakit.

Beberapa masyarakat melakukan budidaya tanaman edelweiss atas dasar keinginan pribadi, karena masyarakat sadar sepenuhnya bahwa kebutuhan adat dalam penggunaan bunga edelweiss cukup banyak. Oleh karena itu mereka memilih menanam sendiri agar tidak repot mengambil di kawasan konservasi yang jaraknya sangat jauh, dan saat ini juga agak jarang ditemui. Upaya pelestarian bunga edelweiss oleh masyarakat Wonokitri dapat menjadi Langkah awal dalam menjaga flora endemik Gunung Bromo dari aspek ekologi, ekonomi dan sosial budaya, sehingga besar harapan agar dapat dikembangkan oleh seluruh masyarakat Tengger secara berkelanjutan.



**Gambar 6.5.3** Budidaya bunga edelweiss di lahan pertanian tumpang Sari kentang dan cemara oleh masyarakat Desa Wonokitri (Sumber foto: M.J. Rahma 2022)

## 6.5.2 Pengaturan

---

Upaya mengevaluasi peran agroforestri dalam meregulasi hidrologi DAS Rejoso tidak terlepas dari faktor dominan yang menentukan lahan 'ramah infiltrasi' di skala plot. Faktor dominan yang menentukan lahan 'ramah infiltrasi' adalah tutupan tajuk pohon, vegetasi bawah, nekromasa seresah, dan kekasaran permukaan tanah. Penelitian Suprayogo *et al.* (2021) di DAS Rejoso menunjukkan bahwa di antara empat faktor yang diuji, tutupan pohon dan nekromasa serta lapisan seresah dapat digunakan untuk menentukan ambang batas khusus zona untuk penggunaan lahan yang ramah infiltrasi, tetapi vegetasi bawah dan kekasaran permukaan tidak dapat digunakan. Lebih lanjut Suprayogo *et al.* (2021) menegaskan bahwa hutan atau agroforestri dengan tingkat tutupan kanopi pohon yang rapat dikonversi menjadi penggunaan lahan lain dengan tingkat tutupan kanopi pohon yang lebih rendah, secara signifikan menurunkan tingkat infiltrasi tanah dan meningkatkan ancaman kekeringan.

## 6.5.3 Pendukung

---

Keberadaan hutan yang dikelola oleh TNBTS dan Perhutani berperan sangat penting dalam mendukung siklus hidrologi dan penyerapan air. Bentuk penggunaan lahan yang dapat mendukung siklus hidrologi antara lain agroforestri, hutan produksi, dan hutan alami. Adanya tutupan lahan yang rapat seperti pada hutan produksi, agroforestri dan hutan alami, maka iklim makro dan mikro dapat terbentuk secara alami pula. Oleh karena itu, pemahaman masyarakat akan pentingnya hutan dan agroforestri untuk mendukung kehidupan flora fauna di daerah sekitar perlu ditanamkan karena, selain memberikan produk, flora dan fauna tersebut dapat memberikan jasa lingkungan lainnya.

Kawasan di zona lereng tengah dan atas Gunung Bromo seharusnya ditetapkan sebagai kawasan konservasi. Upaya konservasi yang dilakukan anatara lain dengan adanya kebijakan lokal yang diterapkan di lereng Gunung Bromo yakni "*cutting one tree, planting 10 trees*". Selain itu, adanya lokasi-lokasi keramat perlu dipertahankan untuk mendukung

upaya konservasi seperti Danyangan, Sanggar Pamujan, dan makam, karena tempat-tempat tersebut masih dipenuhi dengan diversitas pepohonan tua yang dapat menjadi habitat bagus untuk flora fauna. (Batoro *et al.* 2017).

### 6.5.4 Budaya

---

Di hulu DAS Rejoso, tidak dapat terlepas dari keberadaan TNBTS, yang merupakan kawasan konservasi alam, adat dan budaya asli Suku Tengger yang menjadi ikon tersendiri dalam sudut pandang pariwisata. Suku Tengger memiliki kepercayaan campuran antara agama Hindu-Buddha zaman Majapahit dan pemujaan kepada leluhur (Hefner 1985). Oleh karena itu, di kaki Gunung Bromo sering diadakan upacara keagamaan. Gunung Bromo atau disebut juga Gunung Brahma oleh masyarakat Tengger dianggap sebagai tempat suci mereka. Di kaki Gunung Bromo sebelah utara terdapat lautan pasir yang di atasnya dibangun Pura Luhur Poten Bromo (Gambar 6.5.4) yang setiap tahunnya digunakan untuk penyelenggaraan upacara adat Yadnya Kasada (Kasodo) yang sangat ramai dikunjungi wisatawan domestik maupun mancanegara. Penyelenggaraan upacara-upacara adat membutuhkan aneka jenis tanaman bahkan binatang, mineral dan sumber daya lokal lainnya (Gambar 6.5.5).



**Gambar 6.5.4** Pura Luhur Poten Bromo adalah tempat suci untuk penyelenggaraan upacara adat Yadnya Kasada (Kasodo) masyarakat Hindu Tengger (Sumber foto: K. Hairiah 2018)



**Gambar 6.5.5** Prosesi upacara adat Yadnya Kasada sebagai ungkapan rasa syukur masyarakat Tengger yang membutuhkan sarana aneka jenis tanaman yang ada di sekelilingnya (Sumber foto: M.J. Rahma 2022)

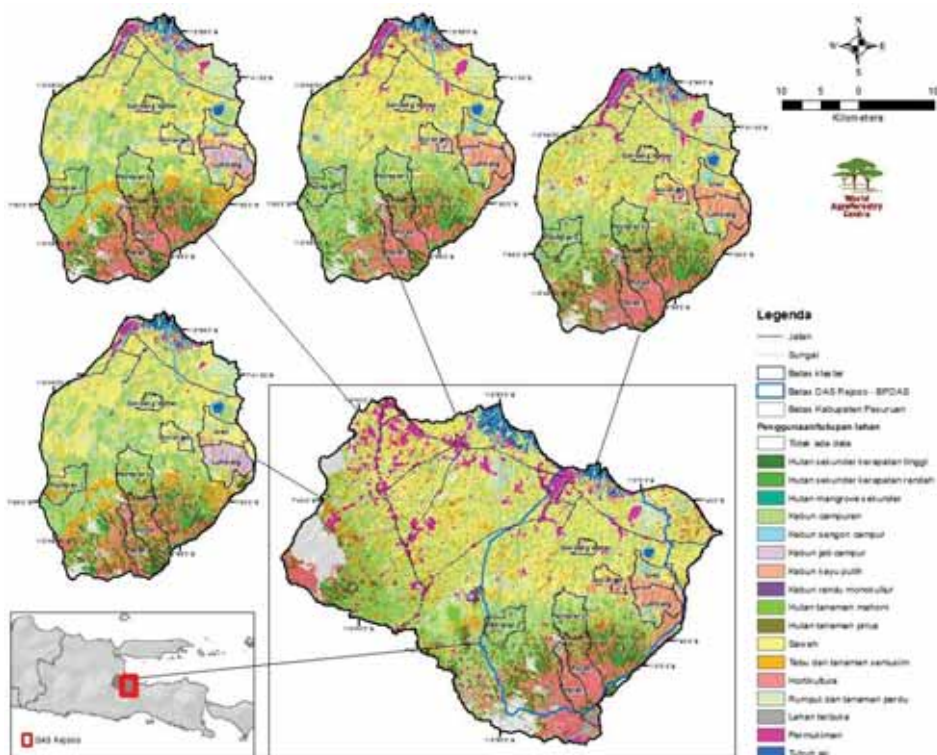
Di wilayah kehidupan masyarakat Tengger, terdapat beberapa areal konservasi yang dikeramatkan, menurut kepercayaan masyarakat Tengger, salah satunya adalah Pedayangan. Pedayangan dipercaya sebagai tempat berkumpulnya roh nenek moyang yang telah berpulang. Pedayangan terdapat di desa Wonotoro, Paitan, Lombok Udel. Pedayangan merupakan tempat ibadah berbentuk suatu hutan dengan pohon-pohon besar yang dianggap keramat. Pepohonan tersebut antara lain cemara gunung (*Casuarina junhuhniana*), danglu (*Engelhardtia spicata*), beringin (*Ficus elastica*), pampung (*Uranthe javanica*), kayu kebek (*Ficus grassulasioides*) (Batoro *et al.* 2017).

Di daerah tengah DAS Rejoso masyarakatnya lebih didominasi oleh Suku Jawa yang mengelola lahan agroforestri, sedangkan di daerah hilir DAS Rejoso masyarakatnya didominasi oleh Suku Madura dan Jawa yang lebih banyak memilih mengelola lahan sawah; dengan demikian wilayah DAS Rejoso juga berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi agroekowisata sawah dan agroforestri.

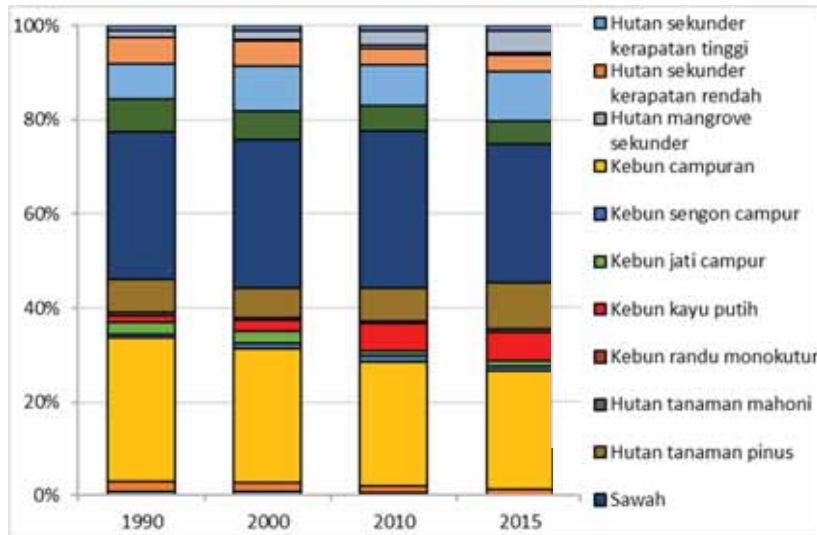
## 6.6 Pengaruh Faktor Luar terhadap Evolusi Agroforestri

### 6.6.1 Penggunaan dan tutupan lahan DAS Rejoso

Analisis dinamika perubahan penggunaan dan tutupan lahan di DAS Rejoso selama kurun waktu 25 tahun terakhir (1990-2015), memberikan gambaran bahwa luasan kebun campur (agroforestri) meningkat sekitar 5% dari luas awal pada tahun 1990, sedangkan luasan sawah menurun sekitar 2% dari luas awal pada tahun 1990 (Gambar 6.6.1 dan 6.6.2.). Pada tahun 2010 muncul penggunaan lahan baru yaitu kebun randu (kapuk) monokultur yang dalam waktu 5 tahun luasannya meningkat 1%. Kebun randu monokultur ini berkembang di bagian barat DAS Rejoso dan hanya sebagian kecil area yang masuk ke dalam batasan DAS Rejoso. Namun demikian berdasarkan informasi data yang ada (1990 - 2015) di Tabel 6.6.1. penggunaan dan tutupan lahan di DAS Rejoso masih tetap didominasi oleh sawah 29% dan agroforestri sebesar 25%.



Gambar 6.6.1 Peta perubahan tutupan lahan di DAS Rejoso dari tahun 1990 - 2015



Gambar 6.6.2 Prosentase tutupan lahan (Y) pada 4 periode waktu yang berbeda (X) (data tahun 1990 – 2015) di DAS Rejoso



Tabel 6.6.1 Luas penggunaan dan tutupan lahan tahun 1990 – 2015

No.	Penggunaan dan tutupan lahan	Perubahan luas tutupan lahan (ha)											
		1990			2000			2010			2015		
		Luas	Urutan	Luas	Urutan	Luas	Urutan	Luas	Urutan	Luas	Urutan	Luas	Urutan
1	Hutan sekunder kerapatan tinggi	448	14	416	14	287	16	32	16	32	16	16	
2	Hutan sekunder kerapatan rendah	1.252	8	1.223	9	853	10	634	12	634	12	12	
3	Hutan mangrove sekunder	39	17	15	17	3	18	3	18	3	18	18	
4	Kebun campuran	19.162	2	17.793	2	16.604	2	15.834	2	15.834	2	2	
5	Kebun sengon campuran	339	15	695	13	758	11	608	13	608	13	13	
6	Kebun jati campuran	1.702	7	1.579	7	637	13	688	11	688	11	11	
7	Kebun kayu putih	838	10	1.515	8	3.563	5	3.786	5	3.786	5	5	
8	Kebun randu monokultur	-	18	-	18	23	17	23	17	23	17	17	
9	Hutan tanaman mahoni	460	13	313	15	343	15	393	14	393	14	14	
10	Hutan tanaman pinus	4.289	5	3.916	4	4.259	4	6.114	4	6.114	4	4	
11	Sawah	19.279	1	19.378	1	20.586	1	18.123	1	18.123	1	1	
12	Tebu dan tanaman semusim	4.315	4	3.715	5	3.414	6	3.112	6	3.112	6	6	
13	Hortikultura	4.664	3	5.941	3	5.333	3	6.506	3	6.506	3	3	
14	Rumput dan perdu	3.452	6	3.401	6	2.227	7	2.149	8	2.149	8	8	
15	Lahan terbuka	75	16	169	16	367	14	301	15	301	15	15	
16	Permukiman	816	11	1.059	10	1.871	8	2.822	7	2.822	7	7	
17	Tubuh air	725	12	725	12	725	12	725	10	725	10	10	
18	Tidak ada data	919	9	919	11	919	9	919	9	919	9	9	
Total		62.773		62.773		62.773		62.773		62.773		62.773	

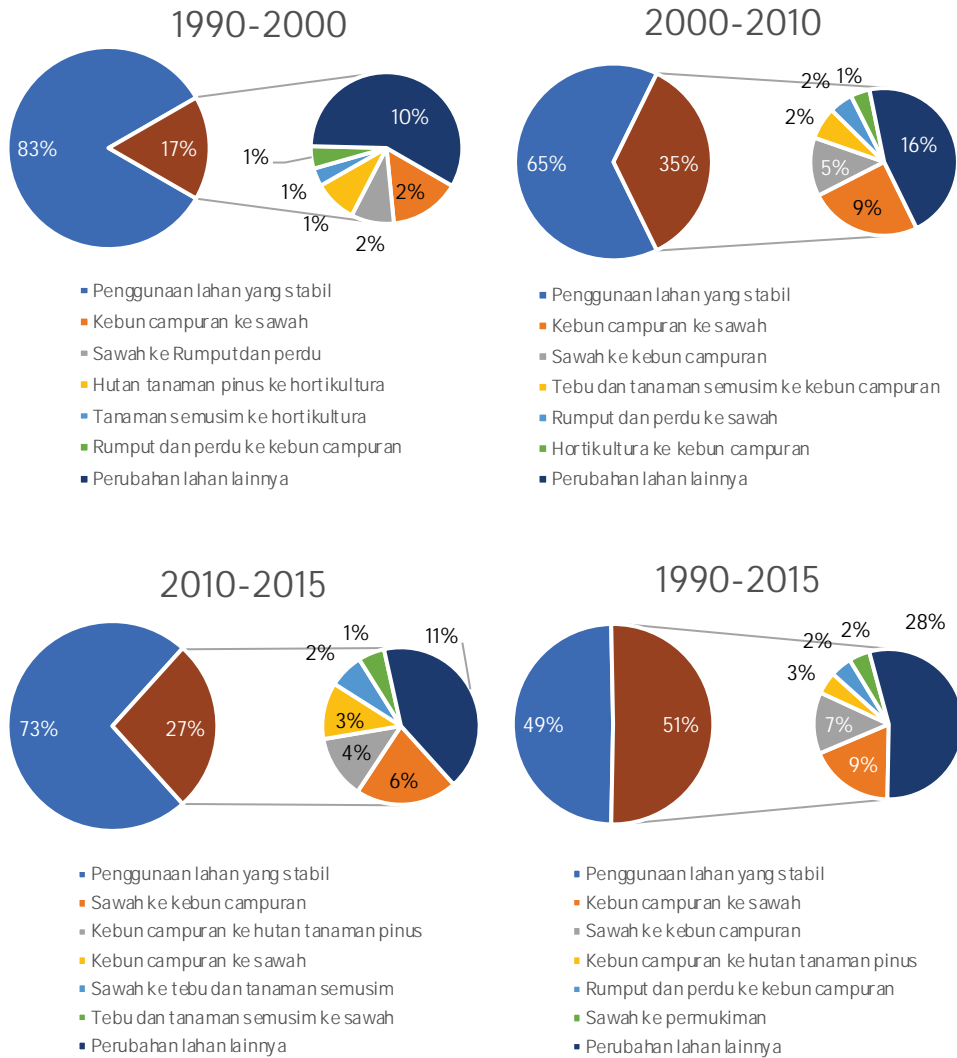
## 6.6.2 Alur alih tutupan lahan beserta pemicunya

---

Di DAS Rejoso, konversi kebun campuran (agroforestri) menjadi lahan sawah terjadi hampir setiap periode, terutama antara tahun 1990-2015. Sementara itu, perubahan lahan sawah menjadi kebun campuran terjadi lebih belakangan, yaitu antara tahun 2010-2015. Tata guna lahan dan tutupan lahan telah mengalami perubahan dinamis yang cukup besar selama 25 tahun terakhir. Hal ini terlihat dalam grafik trayektori alih guna lahan dan tutupan lahan yang dominan selama periode 1990-2015, dimana sekitar 51% wilayah telah mengalami alih guna lahan dan terjadi perubahan tutupan lahan. Semenetera, 49% lainnya tetap stabil (Gambar 6.6.3).

Alih guna lahan yang dominan antara tahun 1990-2015 adalah kebun campuran (agroforestri) dikonversi menjadi sawah (9% dari total luas) dan sebaliknya sawah dikonversi menjadi kebun campuran (7% dari total area). Pada periode yang sama terjadi alih guna lahan sebesar 2-3% dari luas wilayah, yaitu dari sawah menjadi kebun campuran, kebun campuran menjadi lahan pinus, dan sawah menjadi pemukiman. Sementara alih guna lahan lainnya, yang terjadi dalam jumlah kecil (kurang dari 1% dari total luas DAS Rejoso) yaitu lahan pinus menjadi lahan hortikultura, kebun campuran menjadi tebu dan tanaman semusim, dan lahan jati campuran menjadi lahan kayu putih (*Melaleuca* sp.); dengan demikian total alih guna dan tutupan lahan lainnya mencapai 13% dari luas DAS Rejoso.

Salah satu pendorong terjadinya alih guna lahan adalah adanya peningkatan jumlah penduduk yang diikuti dengan peningkatan kebutuhan pangan, pemukiman dan kebutuhan hidup lainnya. Pendorong lainnya yaitu adanya penurunan profitabilitas komoditas tanaman tahunan, sementara kebutuhan sehari-hari meningkat. Di sisi lain pendapatan dari hasil bumi lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan pendapatan rumah tangga. Selain itu, program pemerintah atau swasta yang memberikan insentif untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat menjadi faktor pendorong terjadinya alih guna lahan.



Gambar 6.6.3 Alur alih guna lahan dari tahun 1990 – 2015

## 6.7 Masalah dan Konflik Agroforestri

Saat ini DAS Rejoso menjadi salah satu DAS prioritas untuk dipulihkan fungsinya, mengingat besarnya ancaman yang dihadapi DAS Rejoso, baik di bagian hulu, tengah maupun hilir. Permasalahan lingkungan yang terkait sumber daya air, seperti banjir, kekeringan, erosi, dan longsor, semakin sering terjadi di berbagai wilayah. Untuk itu, kegiatan konservasi DAS Rejoso yang mempertimbangkan penguatan ekonomi dan taraf hidup masyarakat perlu dilaksanakan. Sejalan dengan kesadaran pentingnya melakukan konservasi DAS Rejoso dan penguatan penghidupan masyarakat secara bersamaan, dengan dukungan dari *Danone Ecosystem Fund*(DEF) dan di bawah koordinasi *World Agroforestry*(ICRAF) mengusung program Rejoso Kita. Rejoso Kita merupakan kolaborasi multipihak untuk pelestarian DAS Rejoso-Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, melalui kegiatan berbasis penelitian tentang konservasi lahan. Kegiatan yang dicanangkan adalah penanaman pohon dalam sistem agroforestri melalui skema pembayaran jasa lingkungan, dan pertanian berkelanjutan dengan penerapan praktik budidaya padi ramah lingkungan secara serentak dalam satu blok, efisiensi pemanfaatan air, serta peningkatan kapasitas masyarakat dan penguatan kelembagaan.

Petani dalam melakukan kegiatan budidaya di lahannya dihadapkan pada beberapa tantangan, misalnya cuaca/iklim yang tidak menentu antara lain: intensitas curah hujan yang tinggi yang menyebabkan gagal panen, harga komoditas yang ditentukan oleh tengkulak dan terbatasnya pengetahuan petani akan akses penjualan hasil panennya. Hal ini menyebabkan beberapa petani memperoleh hasil yang kurang maksimal, sehingga harus mencari sumber pendapatan dari sektor lain misalnya beternak. Namun dengan menerapkan agroforestri, hal tersebut bukan merupakan kendala penting bagi petani karena perawatan agroforestri tidak memerlukan terlalu banyak waktu, tenaga dan pupuk yang intensif bila dibandingkan dengan tanaman semusim. Dengan demikian, petani selalu merasa beruntung dengan menerapkan sistem agroforestri.

## 6.8 Pemulihan Menuju Ekologi Hutan

### 6.8.1 Teknik Pemulihan

---

Berdasarkan kondisi saat ini, upaya pemulihan dan konservasi di wilayah DAS Rejoso menjadi hal yang sangat mendesak untuk dilakukan. Melalui proses pemulihan dan konservasi diharapkan fungsi dan daya dukung ekosistem di dalam DAS dapat ditingkatkan kembali, sehingga dapat menjaga keberlanjutan ekosistem di sekitarnya.

DAS Rejoso terbagi menjadi tiga wilayah yaitu hulu, tengah, dan hilir. Dalam pengelolaan kawasan DAS, wilayah hulu dan tengah ditargetkan dapat meningkatkan kerapatan pohon dan meningkatkan laju infiltrasi. Dalam upaya peningkatan kerapatan pohon untuk memulihkan kondisi ekologi lahan, program Rejoso Kita bersama petani melakukan penanaman pohon minimal 300 batang dan membangun sekitar 200 lubang rorak mengikuti kontur tanah. Fungsi pembuatan rorak adalah untuk menangkap dan meresapkan air hujan ke dalam tanah agar tidak terjadi limpasan air dan erosi. Petani di wilayah hulu DAS Rejoso juga sudah menerapkan pembuatan teras-teras di setiap lahannya. Salah satu petani yang mengikuti program tersebut berpendapat bahwa jika tanahnya yang berada di lahan miring itu diolah semua, bukan hasil yang tinggi yang didapatkan melainkan longsor dan resiko gagal panen yang cukup besar. Petani di bagian hulu tepatnya di Desa Baledono memilih menanam pohon kopi, dengan alasan untuk penguat teras di lahannya, dan biji kopi yang dihasilkan dapat dikonsumsi sendiri.

Petani yang ada di bagian tengah tepatnya di Desa Puspo umumnya telah menerapkan agroforestri. Penggunaan lahan berbentuk agroforestri sudah bagus, sehingga tidak memerlukan upaya pemulihan yang besar. Teknik pemulihan yang perlu diterapkan di lahan hanya sedikit saja, misalnya menambahkan pupuk kandang (kotoran sapi).

Kedepannya, di wilayah hulu dan tengah diperlukan upaya konservasi menyeluruh yang tidak hanya mempertahankan tutupan vegetasinya, namun juga mengubah sistem pertanian menjadi lebih ramah lingkungan. Tidak diragukan lagi budidaya kentang di lereng tengah sangat mampu memberikan pendapatan yang bagus, namun saat ini petani tidak menanam seluruh lahannya untuk kentang saja. Petani juga menyisakan lahannya untuk membuat rorak dan tanam pohon, karena petani telah sadar bahwa aspek lingkungan terus mengancam keberlanjutan pertanian di lahannya. Petani di wilayah hulu juga menyadari bahwa dengan menanam tanaman kopi juga bermanfaat untuk menahan tanah agar tidak tererosi maupun longsor. Namun demikian dengan alih komoditi dari kentang, kobis, atau wortel ke kopi tersebut juga harus dipersiapkan pasarnya. Upaya pemulihan (restorasi dan konservasi) memerlukan sinergi dari semua sektor, baik sektor publik, swasta maupun masyarakat untuk melakukan inisiatif strategis dalam pengelolaannya.

Sementara, upaya pemulihan ekosistem di wilayah hilir berfokus pada pengelolaan penggunaan air.

## 6.8.2 Pemulihan Keanekaragaman Hayati

---

Di wilayah DAS bagian hulu dan tengah banyak dijumpai sistem penggunaan lahan agroforestri, baik yang ada di kawasan Perhutani maupun lahan milik masyarakat dengan tingkat kerapatan kanopi pohon yang berbeda-beda. Kerapatan kanopi pohon di sistem

agroforestri yang dijumpai mulai dari tingkat sangat rapat hingga jarang. Kerapatan kanopi pohon yang semakin jarang dapat menyebabkan peningkatan limpasan permukaan dan erosi pada skala plot. Berbeda halnya jika penutupan kanopi/tajuk pohon semakin rapat mendorong peningkatan kegiatan biologi dalam kaitannya dengan pemulihan keanekaragaman hayati di permukaan tanah karena tingginya ketersediaan bahan organik dan perbaikan lingkungan (Masnang *et al.* 2014).

Pemulihan keanekaragaman hayati yang dilakukan oleh petani di wilayah hulu dan tengah adalah dengan cara menanam berbagai jenis tanaman di lahannya. Salah satu petani di Desa Puspo menanam beranekaragam jenis tanaman antara lain: durian (*Durio zibethinus*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), alpukat (*Persea americana*), pisang (*Musa paradisiaca* L), petai (*Parkia speciosa*), dan cabai (*Capsicum annum*). Petani tersebut menjelaskan bahwa dengan semakin beranekaragam jenis tanaman yang ditanam di lahannya akan mengurangi pemberian pupuk, tetapi diperoleh produk yang beragam dan masa pemanenannya beragam pula. Tingkat keanekaragaman tanaman dalam sistem agroforestri cukup tinggi, bermanfaat untuk meningkatkan infiltrasi tanah sehingga mengurangi limpasan permukaan dan erosi. Keanekaragaman dalam tanah juga meningkat, sehingga keutuhan rantai makanan organisma di dalam dan di atas tanah lebih dapat dipertahankan. Hal tersebut sangat bermanfaat untuk mempertahankan organisma bermanfaat (*symbiont, predator, decomposer*) sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia dan pestisida (Barrios *et al.* 2012). Van Noordwijk *et al.* (2004) mengatakan bahwa tutupan lahan oleh pohon dengan segala bentuk dan jenisnya dapat memperkecil tingkat limpasan permukaan dan erosi yang terjadi.

Guna mengetahui profitabilitas dan rantai ekonomi dari produk agroforestri, maka wawancara dilakukan di wilayah hulu DAS Rejoso (Kecamatan Tosari), tengah (Kecamatan Puspo), dan hilir (Kecamatan Pasrepan). Beberapa petani agroforestri di Kecamatan Tosari menyampaikan bahwa mempertahankan berbagai jenis pohon dan bambu di lahan-lahan miring miliknya bertujuan untuk mengurangi resiko terjadinya kemungkinan longsor. Namun demikian, untuk mendapatkan keuntungan yang memadai, petani memanfaatkan sebagian lahannya untuk budidaya sayuran seperti kentang, kubis, wortel, dan sawi. Di lahan pekarangan miliknya, petani menggunakannya untuk budidaya manisa (labu siam) dan parsley, walaupun petani tidak tahu bagaimana mengolah parsley untuk makanan. Komoditi-komoditi yang ditanam petani di Kecamatan Tosari memberikan produksi yang baik dan dapat diperjualbelikan di supermarket di kota.

Kecamatan Puspo (di lereng tengah Pegunungan Bromo), merupakan salah satu sentra durian yang merupakan hasil utama dari lahan agroforestri milik masyarakat. Selain durian, petani juga menanam jenis pohon lainnya seperti cengkeh, pete, pisang, dan jahe dalam satu lahan yang sama. Durian diperjualbelikan hingga keluar provinsi, sedangkan daun dan buah pisang diperjualbelikan hingga ke Bali, untuk bungkus makanan dan keperluan adat (sesajen).

Di bagian hilir DAS Rejoso (Kecamatan Pasrepan) terdapat desa yang didominasi oleh Suku Madura yang mayoritas pengelolaannya lahannya berbasis agroforestri, lahan tegalan (jagung), dan sawah. Komoditas yang ditanam dalam agroforestri adalah mangga, pisang, randu, dan pete. Beberapa petani menyampaikan banyak petani di desa tersebut mempertahankan pohon mangga di lahannya karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan berbuah banyak. Selain itu, masyarakat telah memiliki kesadaran yang tinggi akan pentingnya menanam pepohonan besar di bagian hilir DAS Rejoso untuk konservasi tanah dan air. Pasar buah yang ada di Kecamatan Pasrepan (Kabupaten Pasuruan) merupakan sentra buah mangga terutama pada saat musim buah mangga yaitu Bulan September – November. Ada beberapa varietas mangga yang ditanam di daerah Pasuruan antara lain mangga arum manis, lalijiwo, madu, golek, dan gadung.

### 6.8.3 Masalah persepsi dan status agroforestri

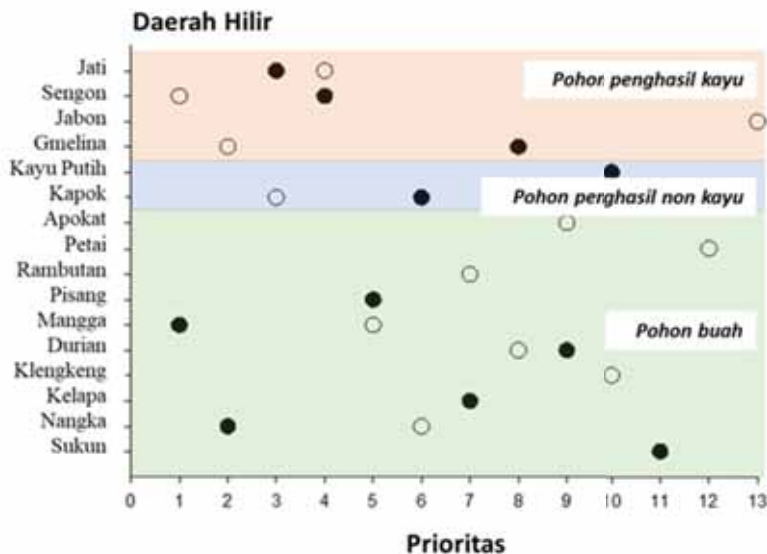
---

Persepsi masyarakat akan pilihan jenis pohon yang ditanam bervariasi antara laki-laki dan perempuan. Komoditas yang dipilih kelompok laki-laki dan perempuan di tiga lanskap berbeda cukup beragam (Gambar 6.8.1, Gambar 6.8.2 dan Gambar 6.8.3). Di daerah hilir, kelompok laki-laki memilih pohon kayu (*Paraserianthes falcataria* dan *Gmelina* sp.) sebagai prioritas utama, karena harga jualnya yang tinggi, perawatannya mudah, fungsinya sebagai tabungan jangka menengah, dan daya jual yang baik. Sementara kelompok perempuan lebih suka menanam manga (*Mangifera indica*) atau nangka (*Artocarpus hererophyllus*). Hasil buah-buahan yang diperoleh berkontribusi cukup besar untuk pendapatan rumah tangga sehari-hari, karena buah mangga relatif mudah dijual di pasar. Pohon kayu jati (*Tectona grandis*) terdaftar sebagai pohon prioritas ketiga dari kelompok perempuan.

Di daerah tengah DAS Rejoso, kelompok laki-laki dan perempuan memilih pohon buah dan kayu yaitu pisang (*Musa* sp.), durian (*Durio zibethinus*) dan cengkeh (*Syzigium aromaticum*) dipilih oleh kelompok laki-laki. Durian, sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan mangga (*Mangifera indica*) dipilih oleh kelompok perempuan sebagai prioritas utama mereka. Durian, mangga dan *Paraserianthes* dipilih sebagai komoditas prioritas karena harga pasarnya yang tinggi, produktivitas yang tinggi, tahan terhadap kekeringan dan dapat digunakan untuk 'tabungan dan investasi'. Pisang dan cengkeh dianggap sebagai komoditas dengan daya jual yang baik dan hasil yang cepat.

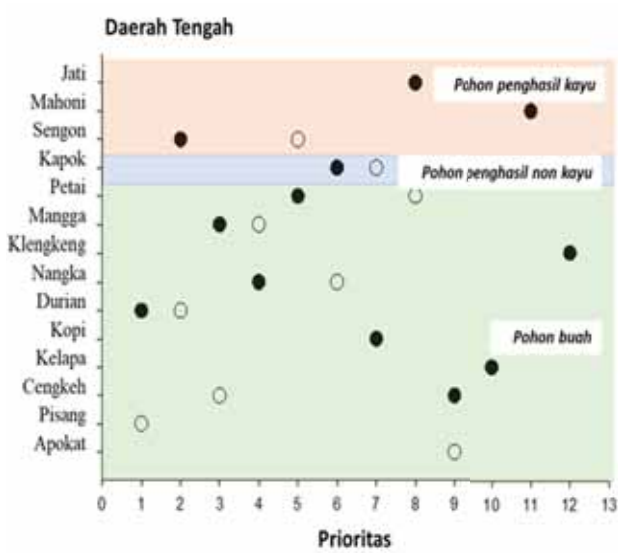
Di daerah hulu, kelompok laki-laki dan perempuan memilih spesies pohon asli yaitu pohon cemara (*Casuarina junghuhniana*) sebagai prioritas utama mereka. Kelompok laki-laki menempatkan pohon cemara sebagai prioritas 1, sedangkan kelompok perempuan menempatkannya sebagai prioritas 2. Manfaat cemara adalah untuk pencegahan longsor, kayu bakar dan tata batas lahan, selain juga memiliki nilai budaya masyarakat Tengger.

Kelompok perempuan menempatkan pohon kopi dan cengkeh sebagai pohon prioritas 1 dan 3, sedangkan kelompok laki-laki menempatkan pohon bambu dan kopi sebagai pohon prioritas 2 dan 3. Bambu dipilih oleh kelompok laki-laki karena fungsinya untuk kegiatan ritual dalam upacara budaya, sebagai sumber pendapatan (pasar yang baik), perawatannya mudah dan sebagai pencegah longsor. Kopi dapat digunakan untuk konsumsi sendiri dan dijual (bila harga pasar baik). Cengkeh dipilih karena harga jual dan daya jualnya yang tinggi, meskipun pemeliharaan cengkeh relatif lebih sulit dan rentan terhadap penyakit.

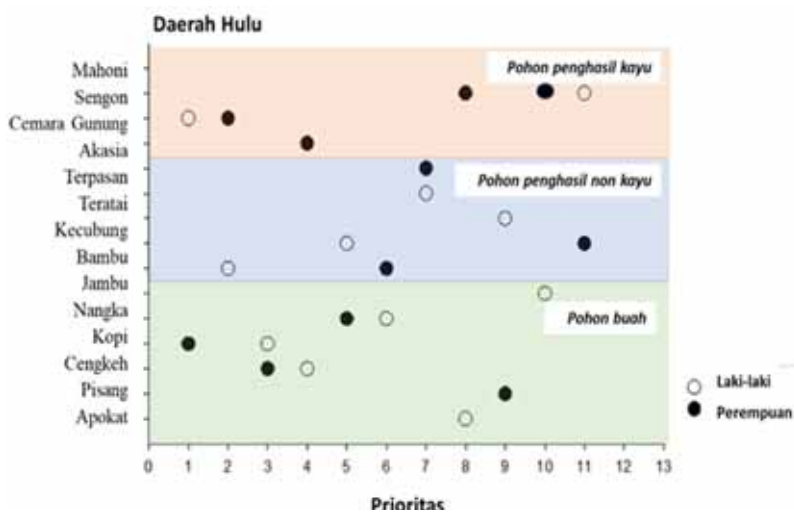


Gambar 6.8.1 Peringkat prioritas komoditas pohon yang disukai di daerah hilir DAS Rejoso





Gambar 6.8.2 Peringkat prioritas komoditas pohon yang disukai di daerah tengah DAS Rejoso



Gambar 6.8.3 Peringkat prioritas komoditas pohon yang disukai di daerah hulu DAS Rejoso

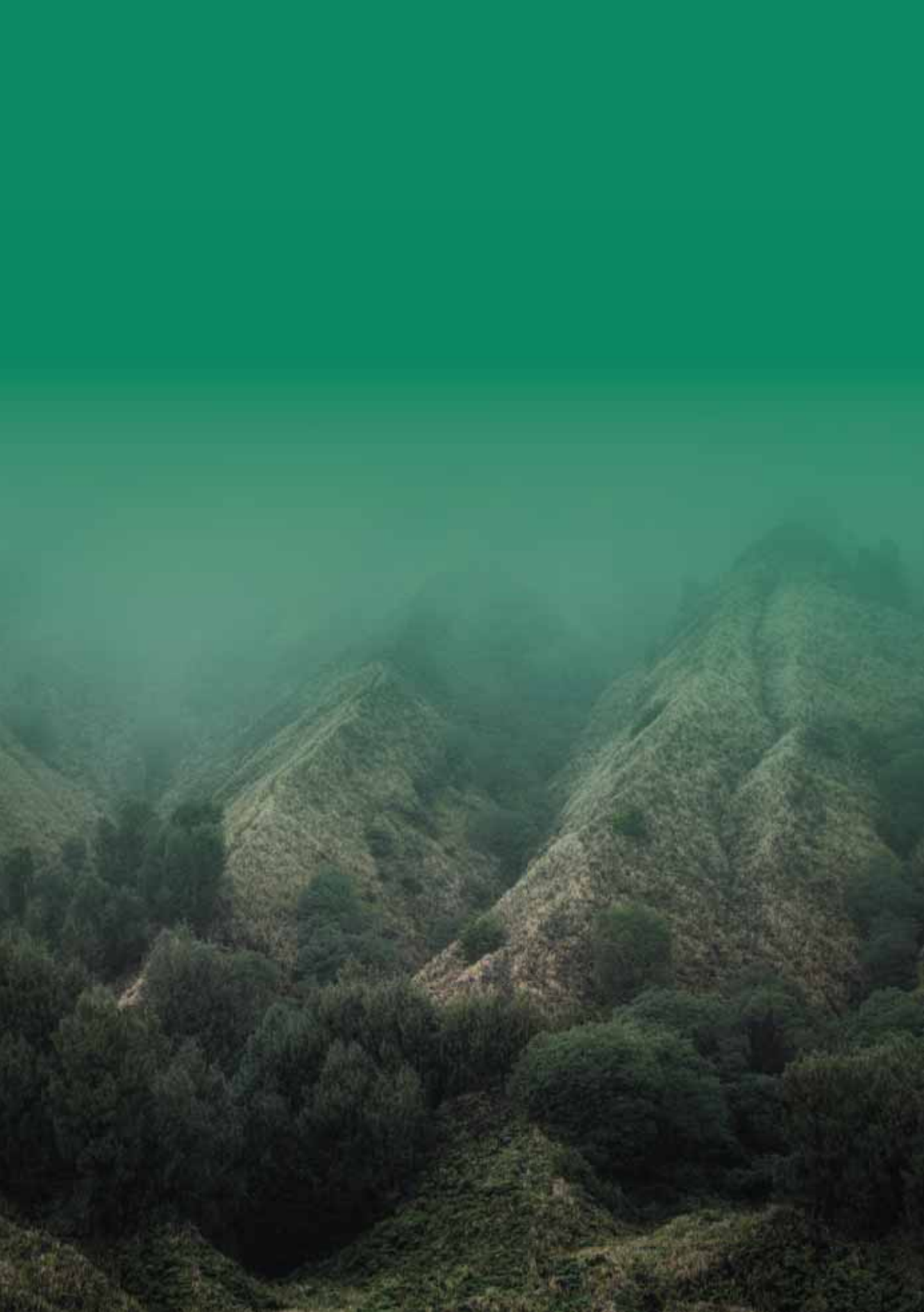
## 6.8.4 Strategi Pemulihan

---

Di masa mendatang, dalam membangun agroforestri yang ramah infiltrasi, Hellin & Ridaura (2016) merekomendasikan alternatif pengelolaan lanskap yang kemungkinan akan lebih berhasil dalam hal partisipasi, adopsi, dan adaptasi petani dan masyarakat. Ada lima hal yang direkomendasikan meliputi: (1) lebih menekankan pentingnya tutupan tanah dalam menjalankan fungsi hidrologi hutan dengan **teknologi manajemen lahan berkelanjutan**; (2) lebih fokus terhadap **kualitas tanah** di lahan dibanding kuantifikasi tanah yang tererosi; (3) memfasilitasi partisipasi aktif petani dengan bergeser dari penyuluhan "*top-down*" menjadi pendampingan inovasi pertanian melalui **sekolah lapangan DAS mikro**; (4) Insentif KTA melalui mekanisme **jasa lingkungan**; dan (5) melihat sistem pertanian secara keseluruhan dalam konteks sosio-ekonomi dan ekologi dengan pendekatan lanskap untuk **penerapan manajemen DAS berkelanjutan**.

## 6.9 Kesimpulan

Di DAS Rejoso, agroforestri yang menunjukkan sebagai tutupan lahan ramah infiltrasi yang memadai ditemukan di bagian tengah dan hulu DAS. Meskipun demikian, pada daerah berlereng curam dan tutupan pohon rendah yang ada di DAS hulu Rejoso, membutuhkan transformasi dari lahan sayuran menjadi agroforestri dengan tutupan tajuk pohon sekitar 55% dikombinasikan dengan tanaman sayuran. Perbaikan tutupan lahan ini bertujuan agar dapat mempertahankan infiltrasi dan menjaga erosi pada tingkat yang dapat diterima. Di bagian tengah DAS Rejoso, meskipun lereng landai di bawah teras bangku, penggunaan lahan yang ramah infiltrasi membutuhkan tutupan kanopi sebesar 80%, baik dalam bentuk agroforestri atau hutan produksi. Di lanskap DAS Rejoso, tutupan kanopi pohon dan nekromasa lapisan serasah ditemukan sebagai indikator laju infiltrasi yang baik dan mudah diamati, sedangkan vegetasi lapisan bawah dan kekasaran permukaan dapat mendukung infiltrasi, tetapi bukan merupakan indikator yang cukup kuat.



## Bab 7.

# AGROFORESTRI KHAS GUNUNG ANJASMORO

Rika Ratna Sari, Irma Ardi Kusumawati, Mila Oktavia Mardiani, Danny Dwi Saputra, Betha Lusiana, dan Kurniatun Hairiah

### 7.1 Pengantar

Agroforestri merupakan salah satu sistem penggunaan lahan pertanian yang telah lama dipraktikkan di Indonesia. Meskipun istilah agroforestri bisa dikatakan baru dikenal dalam beberapa dekade terakhir, namun praktik pengkombinasian beranekaragam tanaman, baik di lahan tegalan maupun di pekarangan sekitar rumah cukup sering dijumpai di berbagai daerah di Nusantara. Jenis dan kombinasi dalam sistem agroforestri sangat beragam dan setiap daerah memiliki kekhasannya masing-masing, karena pengelolaan sistem agroforestri ini sangat terkait erat dengan kondisi abiotik (iklim, topografi, tanah, lingkungan) dan biotik (jenis tanaman, ternak, *pollinator*, *decomposer*). Faktor external lainnya adalah faktor sosial ekonomi (permintaan pasar, dukungan kebijakan pemerintah yang ada) dan faktor budaya serta kepercayaan yang ada. Pengetahuan dan pengalaman petani serta ketrampilan yang diperoleh secara turun temurun dalam mengelola lahan, adanya tekanan dan gangguan yang kadang-kadang muncul di lahannya sangat menentukan macam pengembangan agroforestri di suatu wilayah. Salah satu wilayah yang akan dikaji tentang kondisi agroforestrinya adalah wilayah sekitar Gunung Anjasmoro.

Gunung Anjasmoro merupakan gunung yang terletak di lima kabupaten/kota di Jawa Timur yaitu Kabupaten Malang, Mojokerto, Jombang, Kediri, dan Batu. Kawasan lereng pegunungan Anjasmoro merupakan daerah pertanian yang subur karena tanahnya terbentuk dari sisa-sisa aktivitas vulkanik tertua di daerah ini.

Sistem agroforestri di kawasan Gunung Anjasmoro telah dipraktikkan oleh masyarakat sejak lama, bahkan sejak masa kolonial Belanda. Tanaman kopi telah lama dibudidayakan di lereng Gunung Anjasmoro dan tidak dapat lepas dari kondisi sosial-budaya yang telah lama melekat dan mempengaruhi pengelolaan dan perkembangannya. Dalam bab ini, kekhasan sistem agroforestri di lereng Gunung Anjasmoro akan dibahas yang mengacu pada studi kasus di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang mulai dari sejarah perkembangan agroforestri, sistem dan struktur yang dikembangkan termasuk produk utama yang dihasilkan, manfaat serta prospek pengembangan di masa depan.

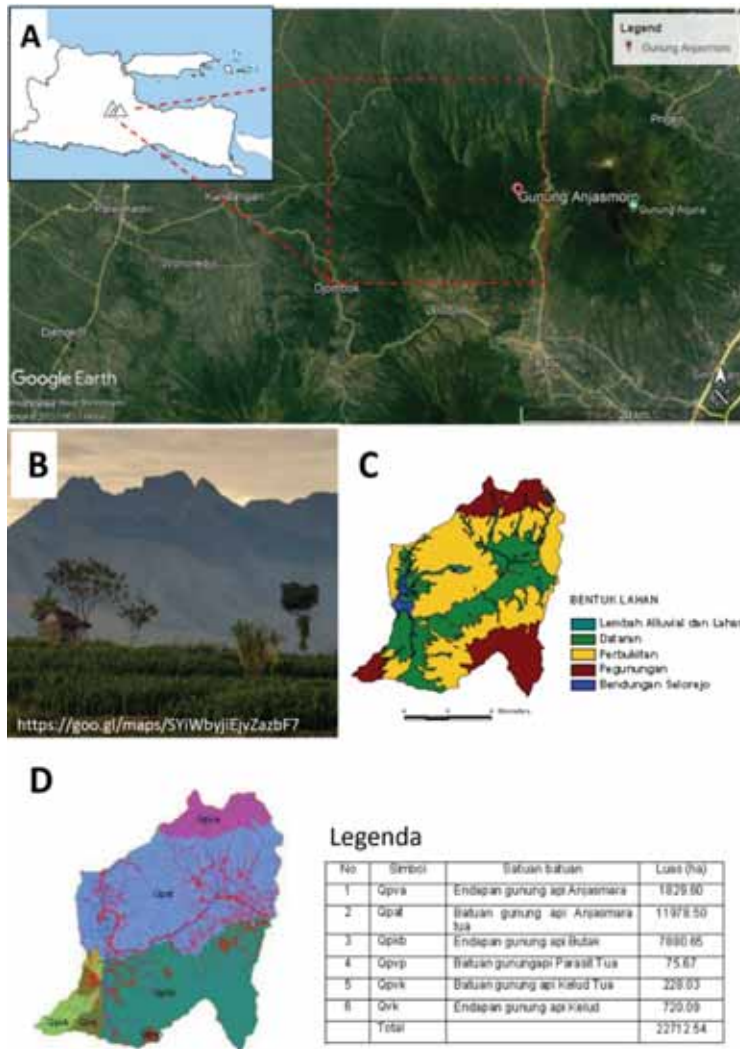
## 7.2 Karakteristik Wilayah

### 7.2.1 Topografi dan geologi

---

Gunung Anjasmoro merupakan bagian dari kluster Pegunungan Argowayang yang terletak sebelah barat Gunung Arjuno-Welirang dan termasuk dalam lima wilayah di Jawa Timur, yakni Kabupaten Malang, Kabupaten Kediri (Gambar 7.2.1), Kabupaten Jombang, Kabupaten Mojokerto, dan Kota Batu. Pegunungan Anjasmoro merupakan sisa-sisa aktivitas vulkanik tertua di daerah ini yang sebelumnya merupakan gunung berbentuk kubah tunggal dengan ketinggian sekitar 1.500-1.700 mdpl di titik tertingginya (Proyek-Kali-Konto 1984). Kawasan Pegunungan Anjasmoro memiliki peranan yang sangat penting karena merupakan bagian dari sub-daerah aliran sungai (DAS) Kali Konto dan merupakan kawasan hulu DAS Brantas yang menjadi sumber penghidupan sebagian besar masyarakat di Jawa Timur. Topografi kawasan Pegunungan Anjasmoro didominasi daerah bergelombang hingga bergunung, dengan bentukan lahan (*landform*) yang beragam, yakni dataran, perbukitan, pegunungan, dan lembah alluvial dan lahar (Putra *et al.* 2014).

Secara umum, kawasan Pegunungan Anjasmoro terbentuk dari aktivitas vulkanik sehingga dimungkinkan adanya bahan dominan tertentu yang terkandung di dalam batuan induk yang berasal dari jenis bahan piroklastik dari hasil letusan (Proyek-Kali-Konto 1984). Jenis batuan induk yang terdapat di Pegunungan Anjasmoro terbagi atas batuan gunung api Anjasmoro muda (Qpva) dan batuan gunung api Anjasmoro tua (Qpat). Qpva yang terletak di bagian utara Pegunungan Anjasmoro merupakan batuan gunung api kuartar bawah yang tersusun atas bahan breksi gunung api, tuf, tuf breksi, lava dan aglomerat. Batuan tersebut diperkirakan berumur plistosen tengah, yang didasarkan atas kedudukan stratigrafinya yang tertindih oleh batuan gunung api kuartar tengah (Kurniawan *et al.* 2010). Sementara, Qpat yang terletak di bagian utama (timur, selatan dan barat) Pegunungan Anjasmoro terdiri atas bahan breksi gunung api, tuf breksi, tuf dan lava. Satuan batuan tersebut diduga sebagai alas dari batuan gunung api Kuartar Bawah dan diperkirakan berumur plistosen awal – tengah karena adanya singkapan dari batuan gunung api Anjasmoro tua yang tertindih, tidak selaras dengan batuan gunung api Arjuno-Welirang yang berumur plistosen akhir. Batuan gunung api ini tertindih oleh batuan gunung api Anjasmoro muda dan batuan gunung api Panderman (Kurniawan *et al.* 2010). Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang yang terletak di bagian barat daya lereng Pegunungan Anjasmoro, dengan bentukan lahan dataran intervulkanik yang memiliki jenis batuan induk Qpat dengan relief bergelombang. Kawasan ini terletak di ketinggian antara 620-1.400 mdpl.



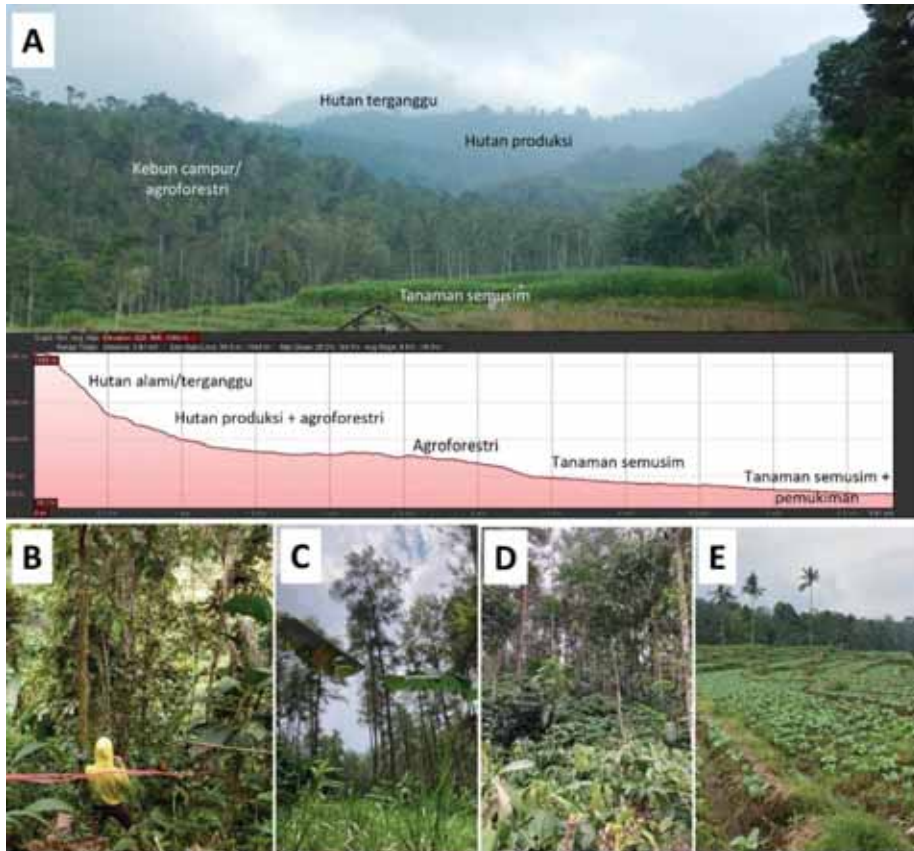
**Gambar 7.2.1** (A). Lokasi gugusan Pengunungan Anjasmoro di Jawa Timur; (B). Foto kawasan Pengunungan Anjasmoro; (C). Peta sebaran bentukan lahan (landform) DAS Kali Konto; (D). Peta sebaran geologi DAS Kali Konto – bagian utara dan tengah merupakan bagian lereng Gunung Anjasmoro (Kurniawan et al. 2010).

## 7.2.2 Kondisi tutupan lahan

---

Secara umum, tutupan lahan yang ada di kawasan Pengunungan Anjasmoro terdiri atas hutan alami, hutan produksi, perkebunan, kebun campuran atau agroforestri, tanaman semusim dan pemukiman. Hutan alami dijumpai di lereng atas Pengunungan Anjasmoro dengan tingkat kecuraman cukup tinggi, dan terletak di ketinggian lebih dari 1.000 mdpl. Kawasan hutan alami sepenuhnya berada di bawah pengelolaan Tahura R. Soerjo yang sebagian besar wilayahnya masuk dalam kategori hutan konservasi. Vegetasi alami di kawasan hutan rimba didominasi oleh pohon kukrup (*Engelhardia spicata*), tutup (*Macaranga tanarius*), pasang (*Lithocarpus sundaicus*), trete (*Microcos tomentosa*), kebek (*Ficus padana*), bambu, dan cemara (*Casuarina junghuhnia*) (Hairiah *et al.* 2010). Namun demikian beberapa kawasan merupakan kawasan terganggu yang didominasi oleh semak belukar dan tumbuhan bawah karena sering terjadi kebakaran hutan.

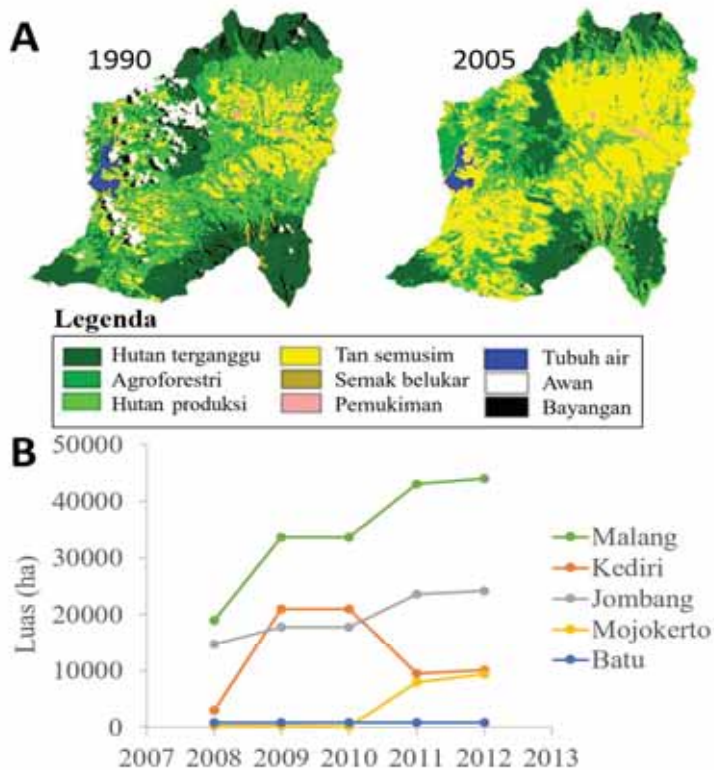
Di kawasan lereng Gunung Anjasmoro di Kecamatan Ngantang, hutan alami yang tersisa hanya dapat ditemui di lereng atas. Kondisi hutan alami yang tersisa telah mengalami kerusakan berat akibat aktivitas manusia, seperti penebangan pohon dan perburuan liar sehingga tingkat tutupannya telah terbuka. Di lereng tengah tutupan lahan yang ada berupa hutan produksi yang dikelola oleh Perhutani, yaitu kawasan hutan yang berfungsi untuk melindungi tanah dan air yang bermanfaat untuk mengatur siklus air dan hara. Selain itu, juga bermanfaat untuk mendapatkan keuntungan ekonomi dalam jumlah besar dari hasil hutan utama (kayu dan getah). Jenis pohon yang ditanam adalah pinus (*Pinus merkusii*), mahoni (*Swietenia mahagony*) dan damar (*Agathis* sp.) yang ditanam secara monokultur. Ada pula sengon (*Paraserianthes falcataria*) atau jenis tanaman penghasil kayu lainnya dibudidayakan di lahan milik rakyat, yang ditanam dengan jarak tanam teratur secara bersamaan (umur sama). Di lereng tengah tersebut terdapat pula sistem penggunaan lahan campuran/tumpang Sari (agroforestri) milik rakyat/petani. Lahan didominasi oleh tanaman kopi (baik robusta maupun arabika) yang dikombinasikan dengan berbagai macam tanaman penayang dari jenis buah-buahan, *timber*, dan legume. Beberapa tanaman bawah seperti vanili, talas dan tanaman toga sering ditanam bersamaan dalam sistem kebun campuran. Di lereng yang lebih bawah terdapat budidaya tanaman semusim baik sawah maupun sayuran merupakan wilayah pertanian intensif. Jenis tanaman yang sering ditanam adalah padi, cabai, jagung, tomat, kobis dan rumput gajah (Gambar 7.2.2).



**Gambar 7.2.2** (A) Lanskap dan transek penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang dan (B-E) kondisi tutupan lahan di lereng Gunung Anjasmoro, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang; (B= Hutan tersisa (terganggu); C = Hutan produksi pinus milik Perhutani, D = agroforestri berbasis kopi; E = tanaman semusim) (Sumber foto: R.R Sari dan E. Purnamasari 2017)

Kurniawan *et al.* (2010) melaporkan bahwa dari tahun 1990 ke 2005 luasan tutupan lahan hutan terganggu dan agroforestri di DAS Kali Konto (Kabupaten Malang) telah menurun, diikuti oleh peningkatan luasan tanaman semusim dan pemukiman. Namun demikian pada tahun 2008-2012, di wilayah tersebut telah terjadi peningkatan luasan hutan rakyat (kebun campur/agroforestri) yang cukup signifikan (Gambar 7.2.3). Peningkatan ini terjadi seiring dengan adanya program restorasi hutan dan lahan serta meningkatnya permintaan kayu rakyat untuk pemenuhan industri primer.

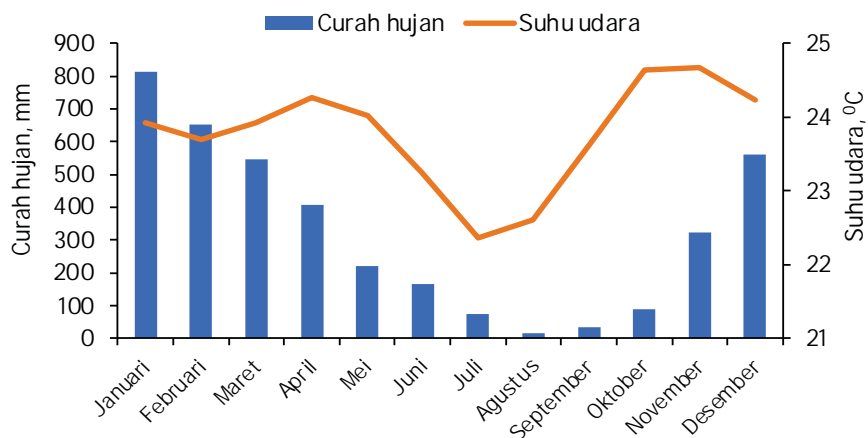




Gambar 7.2.3 (A) Peta tutupan lahan DAS Kali Konto tahun 1990 dan 2005 (Kurniawan et al. 2010); (B) Luas hutan rakyat di kawasan Pegunungan Anjasmoro, Jawa Timur tahun 2008-2012 (Dinas-Kehutanan-Kabupaten/Kota 2013)

### 7.2.3 Iklim

Secara umum kawasan jajaran Pegunungan Anjasmoro termasuk dalam kategori iklim muson tropis, yang dicirikan oleh adanya musim hujan dan musim kemarau yang tegas dan suhu udara yang selalu panas sepanjang tahun. Berdasarkan data iklim yang diperoleh dari stasiun Selorejo, Kecamatan Ngantang dalam sepuluh tahun terakhir, bahwa di wilayah Kecamatan Ngantang termasuk dalam kawasan basah dengan curah hujan tahunan berkisar antara 3.000 mm sampai 4.838 mm dan rata-rata 3.732 mm per tahun (Gambar 7.2.4). Musim hujan berlangsung pada Bulan November hingga Maret. Apabila dibandingkan dengan data 10 tahun lalu yang dilaporkan oleh Kurniawan *et al.* (2010), curah hujan rata-rata tahunan di Kecamatan Ngantang meningkat sekitar 700 mm dengan kisaran yang lebih tinggi. Rata-rata suhu udara berkisar antara 24-25 °C dan relatif konstan sepanjang tahun (BPS 2022). Namun demikian, suhu udara dapat bervariasi antar daerah tergantung dari topografinya.



**Gambar 7.2.4** Rata-rata curah hujan Kecamatan Ngantang dan suhu udara bulanan Kabupaten Malang tahun 2015–2019 (BPS 2022)

## 7.2.4 Tanah

Sebagian besar tanah secara umum berkembang dari bahan piroklastik seperti abu vulkanik yang merupakan tanah-tanah muda. Tanah yang berada dalam jajaran Pegunungan Anjasmoro terdiri atas: Andisols, Inceptisols, Entisols, Mollisols dan Alfisols.

- a. Andisols merupakan tanah yang paling dominan di kawasan ini dan memiliki solum tanah yang dalam (> 120 cm). Tanah Andisols tersebar di daerah sekitar kawasan pegunungan dan perbukitan vulkanik di sekitar pegunungan dan berkembang dari bahan abu vulkanik yang terdapat di lereng Gunung Anjasmoro. Tanah ordo Andisols memiliki ciri utama memenuhi sifat tanah andik, yang ditunjukkan oleh bobot isi yang relatif ringan ( $\leq 0,90 \text{ g/cm}^3$ ), bertekstur debu dengan variasi berbatu atau berkerikil, kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 1/2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \geq 2,0\%$ , retensi fosfat  $\geq 85\%$ , dan menunjukkan perkembangan horizon penciri kambik.
- b. Tanah Entisols ditemukan pada lereng-lereng terjal dimana tanah tidak sempat terbentuk di lereng Gunung Anjasmoro karena selalu terangkut oleh aliran air hujan. Tanah tersebut tersebar di lereng curam pegunungan, daerah endapan atau luapan sungai, dan aliran lembah lahar. Tanah yang termasuk dalam ordo Entisols merupakan tanah muda yang belum berkembang dan memiliki solum tanah yang dangkal (<60 cm) hingga agak dalam (60–90 cm).

- c. Tanah Inceptisols dijumpai di kaki perbukitan dan dataran antar gunung api dengan solum tanah yang cukup bervariasi (60-120 cm). Secara umum, Inceptisols yang ditemukan di kawasan tersebut merupakan tanah yang telah mengalami perkembangan dengan ditemukannya horizon kambik di penampang profil tanah (Kurniawan *et al.* 2010). Sebaran ordo tanah yang terdapat di Kecamatan Ngantang sebagian besar adalah ordo Inceptisols yang merupakan tanah-tanah muda dan mengalami perkembangan. Karakteristik tanah yang cenderung baik karena memiliki berat isi tanah yang rendah dan berasal dari batuan induk vulkan, maka tanah di kawasan Gunung Anjasmoro dapat dikategorikan sebagai tanah yang cukup subur dan berpotensi untuk budidaya pertanian.

## 7.3 Riwayat Perkembangan Agroforestri

### 7.3.1 Sejarah sumberdaya lahan dan agroforestri

---

Berdasarkan informasi dari beberapa masyarakat lokal, sebagian besar kawasan di Kecamatan Ngantang khususnya bagian lereng tengah dan atas awalnya merupakan kawasan hutan rimba. Pada tahun 1990an, terjadi konversi hutan menjadi lahan pertanian intensif dengan menggunakan sistem tebang dan bakar dengan luasan yang cukup besar (Gambar 7.3.1). Setelah tebang dan bakar, lahan ditanami tanaman palawija. Namun demikian, setelah terjadi banjir bandang di kawasan tersebut, petani mulai menanam tanaman kopi di lahan-lahan yang sebelumnya merupakan lahan pertanian intensif. Pada saat itu, kopi menjadi komoditas utama yang ditanam secara tumpangsari dengan bibit pohon buah-buahan dan tanaman legume seperti gamal. Beberapa petani menanam jagung, ketela pohon dan buncis di sela-sela pohon kopi hingga tahun 2005.



**Gambar 7.3.1** Transformasi sistem penggunaan lahan di wilayah Gunung Anjasmoro: sistem agroforestri terbentuk dari lahan bekas hutan alam (1), hutan produksi (2), atau semak belukar (3) (Sumber foto: A.N. Putra 2020)

Beberapa kawasan lain yang saat ini digunakan untuk agroforestri berasal dari lahan semak belukar yang didominasi oleh tanaman tropis seperti tepus (*Etlingera coccinea*), kecubung (*Datura metel*), waung/singkil (*Premna foetida*), dan beberapa pohon jabon (*Neolamarckia cadamba*). Pada tahun 2000-an, lahan belukar ditebas dan dibersihkan, kemudian dijadikan lahan pertanaman kopi dan dadap (*Erythrina variegata*) sebagai penanungnya hingga saat ini. Namun demikian, cukup banyak pula lahan agroforestri khususnya agroforestri kompleks yang terbentuk dari bekas hutan produksi. Pada tahun 1970-an, beberapa kawasan hutan produksi (tanaman jabon) dialihgunakan menjadi tanaman semusim untuk palawija. Pada tahun 1977, lahan diubah dan ditanami tanaman kopi dengan pohon buah-buahan secara tumpang sari. Meskipun awalnya sempat ditelantarkan (*bongkor*), kemudian sistem ini tetap bertahan dan mulai dirawat kembali pada tahun 2004 hingga saat ini.

### 7.3.2 Sejarah budidaya agroforestri

Budidaya agroforestri di wilayah Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang telah dilaksanakan secara turun temurun sejak masa kolonial (Nurdiyansyah *et al.* 2018), namun masyarakat lebih mengenal budidaya agroforestri sebagai 'wanatani', 'lodenan', atau 'kebun'. Pada tahun 1832, komoditas kopi mulai ditanam di kawasan tersebut yang ditandai dengan dibukanya afdeling (*afdeeling* setingkat dengan kabupaten) Malang oleh pemerintah kolonial Hindia Belanda, sebagai respon terhadap meningkatnya komoditas kopi menjadi komoditas primadona dalam perdagangan internasional (Widianto 2020).

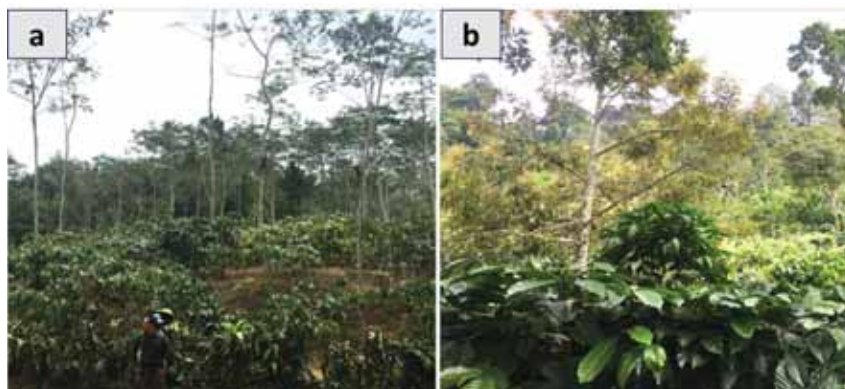
Afdeling Malang menjadi penghasil kopi terbesar di Provinsi Jawa Timur hingga tahun 1889 karena lokasi yang strategis dan tanahnya yang subur. Perkebunan kopi saat itu didominasi oleh jenis robusta, arabika, dan liberika (Sardjono 1954 dalam Widiyanto 2020) yang dikombinasikan dengan beberapa jenis pohon penaung (Gambar 7.3.2).



**Gambar 7.3.2** Perkebunan kopi di Jawa pada masa kolonial Hindia-Belanda: tanaman kopi ditanam bersamaan dengan beberapa pohon penaung (Sumber foto: KIVTL dalam Widiyanto 2020)

Sejak saat itu, tanaman kopi menyebar di berbagai kawasan sekitar dan juga sering dijumpai di lereng Pegunungan Anjasmoro, terutama di kawasan bagian barat daya (Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang), bagian barat (Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang) hingga Kabupaten Mojokerto. Budidaya tanaman kopi telah dilakukan sejak masa kolonial (Nurdiyansyah *et al.* 2018). Selain tanaman kopi, kakao merupakan jenis tanaman yang cukup banyak ditemukan di Ngantang, yang ditanam secara tumpangsari dengan berbagai macam jenis pohon penaung seperti tanaman buah-buahan bernilai ekonomi tinggi seperti durian (*Durio zibethinus*), alpukat (*Persea americana*), juga tanaman legume seperti gamal (*Gliricidia sepium*) dan dadap (*Erythrina variegata*). Di beberapa lokasi, kopi ditanam bersamaan dengan kakao dan pohon penaung lainnya. Pada awal tahun 2010, tanaman kakao di Kecamatan Ngantang berangsur menurun dan pada tahun 2015 kakao sepenuhnya diganti dengan tanaman kopi. Berdasarkan informasi dari petani, serangan tupai menjadi alasan utama petani mengganti tanaman kakao dengan tanaman kopi. Serangan tupai yang memakan hampir seluruh bagian buah/biji kakao menyebabkan penurunan produksi kakao yang sangat merugikan petani. Penyebab lainnya adalah harga jual yang tidak stabil, akses pasar yang terbatas, dan terbatasnya luasan lahan yang berimbas pada rendahnya produksi

biji kakao. Kompleksitas dan keanekaragaman jenis pohon di dalam sistem agroforestri di kawasan ini semakin meningkat (Gambar 7.3.3) hingga sekarang, bahkan luasannya menjadi bertambah seiring dengan peningkatan permintaan kayu rakyat dan program pemerintah dalam upaya reboisasi.



**Gambar 7.3.3** Budidaya tanaman kopi di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang: (A) Tanaman kopi ditanam secara tumpangsari dengan satu jenis pohon penaung; (B) Kopi ditanam dengan berbagai macam pohon penaung bernilai ekonomi tinggi (Sumber foto: M.O. Mardiani 2022)

Sebagian besar sistem agroforestri di Kecamatan Ngantang tergolong ke dalam praktik agroforestri tradisional yang mementingkan pemenuhan kebutuhan skala rumah tangga (subsisten) daripada komersial. Kegiatan manajemen lahan agroforestri sebagian besar dilakukan berdasarkan pengetahuan lokal yang dimiliki petani yang diperoleh secara turun temurun, sedangkan pemilihan komposisi spesies banyak dipengaruhi oleh berbagai macam faktor seperti kondisi iklim yang terjadi di beberapa tahun terakhir dan permintaan pasar.

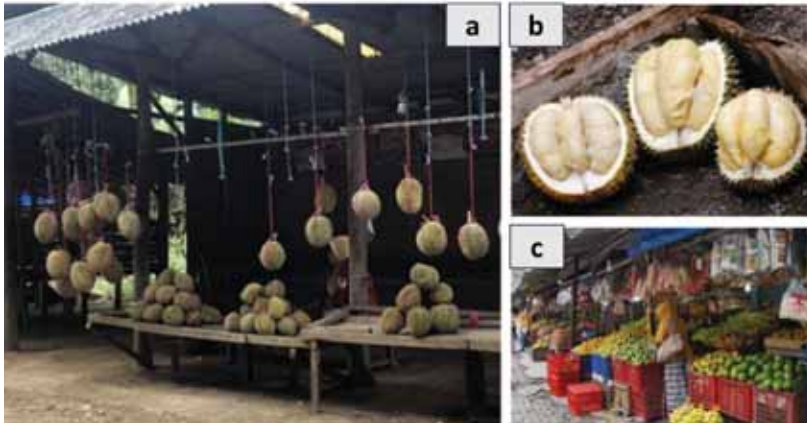
### 7.3.3 Sejarah produk agroforestri yang dikembangkan

---

Tanaman kopi menjadi salah satu produk komoditas primadona dari agroforestri di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang sejak jaman pemerintah kolonial Hindia Belanda. Bahkan, hingga saat ini kopi telah menyebar di beberapa kawasan lereng Gunung Anjasmoro lainnya. Jenis kopi yang umum ditanam adalah kopi jenis robusta dan arabika. Selain kopi, kakao juga merupakan salah satu produk agroforestri di Kecamatan Ngantang sebelumnya, tetapi akhirnya diganti sepenuhnya menjadi kopi.

Durian 'Ngantang' merupakan produk agroforestri lain yang saat ini cukup terkenal di Indonesia (Gambar 7.3.4). Durian Ngantang dikenal memiliki cita rasa yang berbeda dengan durian lainnya. Varietas durian yang ditanam di Kecamatan Ngantang adalah

vodka, tarum, jingga, manalagi, dan klementing putih serta kuning. Menurut beberapa petani, rasa durian lokal Ngantang seperti makan selai '*pulen*' dalam kantong selaput. Peralnya, terdapat selaput tipis yang membungkus tiap daging buah pada durian lokal Ngantang tersebut. Saat ini petani agroforestri menjadikan pohon durian sebagai pohon penaung utama tanaman kopi karena memiliki keuntungan ekonomi yang menjanjikan (Box 7.4.2). Selain durian, buah-buahan lainnya seperti alpukat, pisang, dan langsung menjadi beberapa produk agroforestri yang sering ditemukan bahkan dijual di sepanjang jalan di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang.

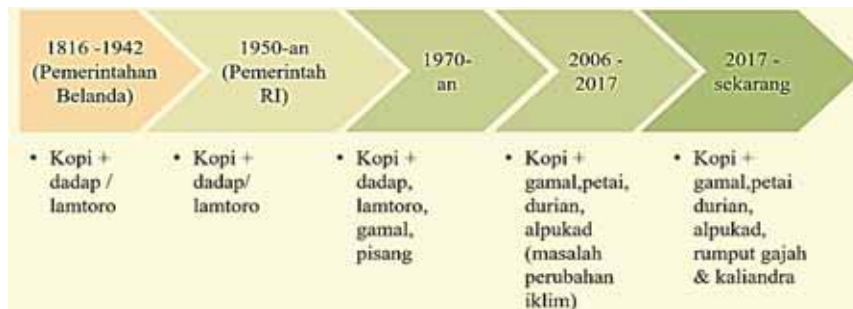


**Gambar 7.3.4** Durian dan produk 'buah-buahan' lain dari sistem agroforestri di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang (a & b). Durian Ngantang yang dijual di sepanjang jalan raya Ngantang (sumber: edukasi.okezone.com); (c). Produk alpukat Ngantang yang dijual di daerah wisata terdekat (Dewi Sri) (sumber: pingpoint.co.id)

### 7.3.4 Proyeksi pengembangan agroforestri di masa depan

---

Sebagian petani memilih sistem agroforestri sebagai salah satu sistem penggunaan lahan yang dikehendaki karena cukup mudah dikelola dan tidak memerlukan perawatan lahan yang intensif dan menuntut waktu dan energi banyak. Saat ini, sebagian besar sistem agroforestri di Kecamatan Ngantang dapat dikategorikan sebagai agroforestri tradisional yang mengutamakan pemenuhan kebutuhan skala rumah tangga (subsisten). Transformasi jenis tanaman penaung kopi dapat dilihat dalam Gambar 7.3.5.



**Gambar 7.3.5** Transformasi jenis tanaman penayang pohon kopi yang ada di Kecamatan Ngantang

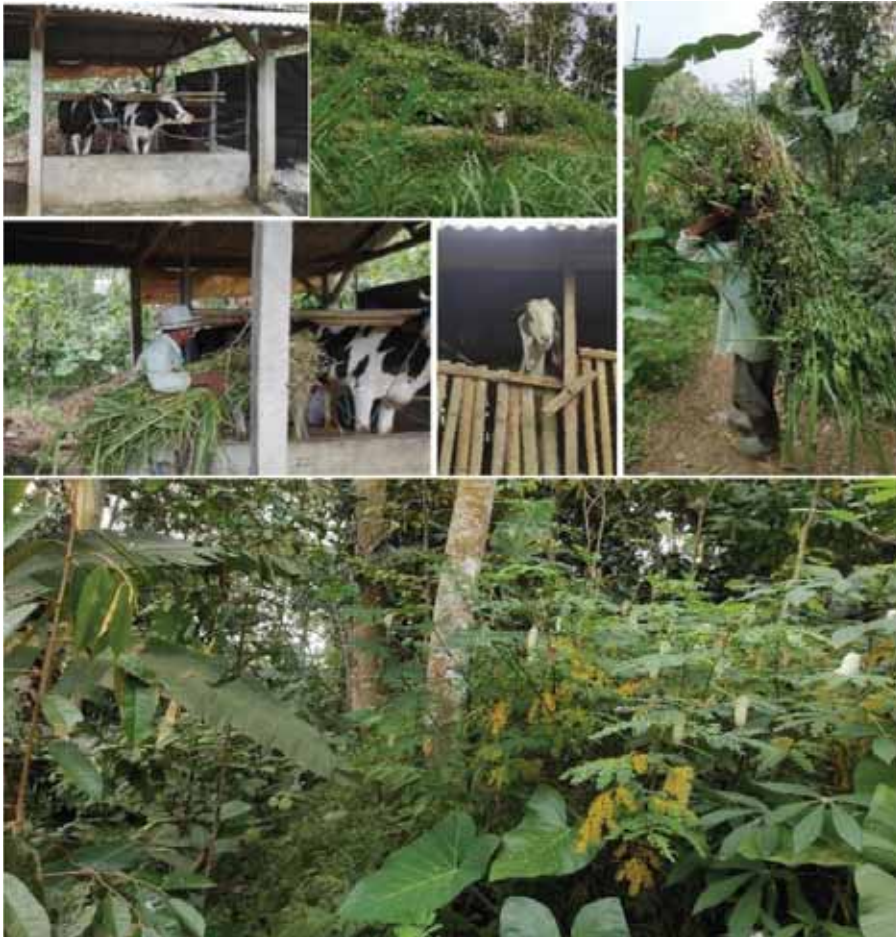
Kusumawati *et al.* (2022) melaporkan bahwa masyarakat lokal di Kecamatan Ngantang sangat bergantung pada hutan dan sistem agroforestri untuk pemenuhan kebutuhan hidupnya. Kopi merupakan komoditas utama yang diminati petani, sedangkan durian dan alpukat merupakan pohon penayang yang umum dibudidayakan dalam sistem agroforestri dan memiliki manfaat ekonomi yang lebih menjanjikan dari pada jenis penayang lainnya. Pengembangan sistem agroforestri tidak bisa lepas dari pengelolaan petani yang didasarkan atas berbagai macam faktor seperti permintaan pasar, stabilitas produksi dan harga produk agroforestri, serta kebijakan dan program pemerintah khususnya pada sektor pertanian dan perkebunan.

Di lain sisi, perubahan iklim yang menyebabkan tidak menentukannya musim dan intensitas hujan dapat mempengaruhi proses penyerbukan dan pembentukan bakal buah komoditas dalam sistem agroforestri, seperti kopi dan durian (Wolkovich *et al.* 2012, Chemura *et al.* 2015) sehingga produksi menurun. Dalam kondisi demikian, petani kemungkinan besar akan mempertimbangkan untuk melakukan diversifikasi produk guna mengamankan pendapatannya dengan meningkatkan keanekaragaman jenis tanaman. Sari *et al.* (in review) melaporkan bahwa dalam kurun waktu 10 tahun (2006-2017), keanekaragaman tanaman dalam sistem agroforestri di Kecamatan Ngantang meningkat yang ditandai dengan semakin bervariasinya pohon penayang yang sebelumnya lebih didominasi gamal (*Gliricidia sepium*), namun saat ini banyak ditanam pohon legume dan jenis pohon pertumbuhan cepat seperti petai (*Parkia speciosa*), sengon (*Falcataria moluccana*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan dadap (*Erythrina indica*). Hal ini mengindikasikan adanya upaya adaptasi petani dalam menentukan strategi diversifikasi pendapatan untuk menghadapi perubahan yang terjadi baik disebabkan oleh perubahan iklim, kondisi ekstrim tak terduga seperti Covid-19 yang lalu atau adanya permintaan pasar yang meningkat.

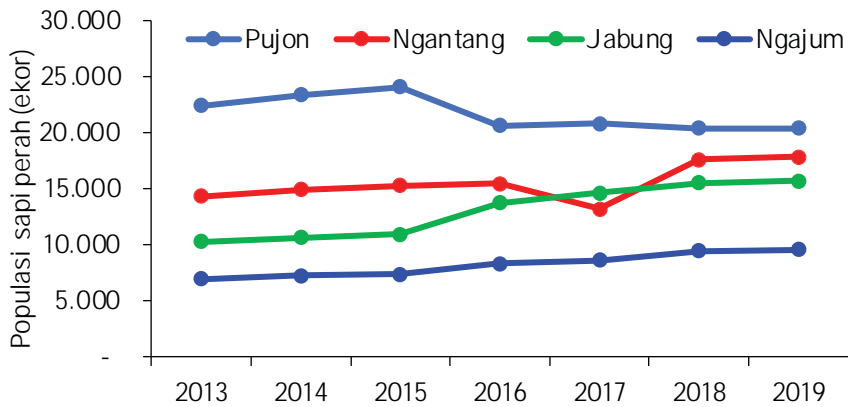
Kusumawati *et al.* (2022) melaporkan bahwa petani agroforestri kopi saat ini mulai membudidayakan spesies penghasil pakan ternak dan memelihara ternak (sapi dan kambing) untuk memperoleh pendapatan tambahan melalui penanaman pohon



penghasil pakan ternak maupun semak dalam sistem agrosilvopastura (Gambar 7.3.6). Saat ini Kecamatan Ngantang menempati urutan kedua sebagai wilayah yang memiliki populasi sapi perah terbanyak di Kabupaten Malang (Gambar 7.3.7). Mengingat semakin meningkatnya permintaan pakan ternak di Kabupaten Malang sebagai akibat jumlah populasi ternak yang terus bertambah (Lusiana *et al.* 2012), maka variasi jenis tanaman (kayu dan non-kayu) penghasil pakan ternak dalam sistem agroforestri diprediksi akan terus meningkat.



**Gambar 7.3.6** Petani menanam tanaman penghasil pakan ternak dalam sistem agroforestri untuk menambah pendapatan melalui sistem agrosilvopastura 'tebang dan angkut' (Sumber foto: I.A. Kusumawati 2021)

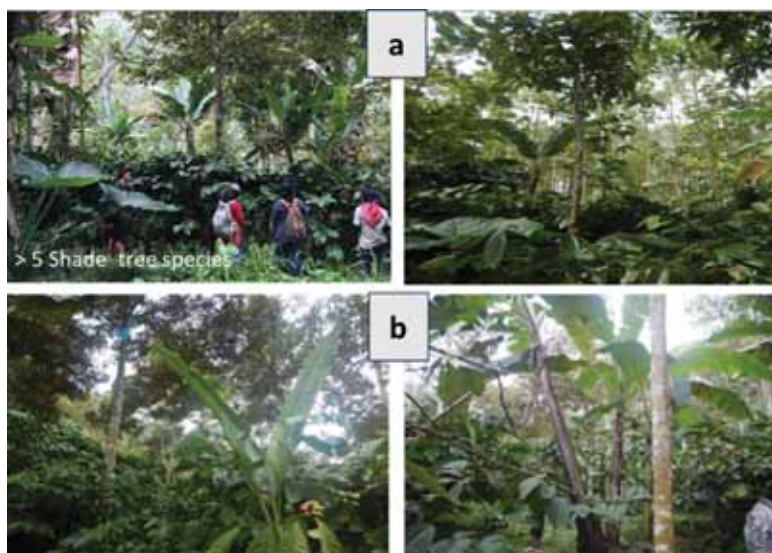


Gambar 7.3.7 Populasi ternak sapi perah Tahun 2013 – 2019 di Kabupaten Malang (BPS 2022)

## 7.4 Struktur dan Fungsi Agroforestri

Sistem agroforestri di lereng Gunung Anjasmoro, khususnya di Kecamatan Ngantang tersusun atas beberapa kombinasi pepohonan berbasis kopi dengan beragam kompleksitas (sederhana hingga kompleks); kombinasi pepohonan dengan tanaman semusim; serta kombinasi pepohonan, tanaman semusim, dan ternak (Kurniawan *et al.* 2010, Hairiah *et al.* 2017, Sari *et al.* 2018b). Agroforestri berbasis kopi menjadi salah satu sistem penggunaan lahan yang paling umum diterapkan oleh masyarakat lokal Kecamatan Ngantang dengan berbagai macam pohon penayang. Sebagian besar sistem agroforestri berada di lahan milik perseorangan, namun sebagian berada di lahan milik negara yang dikelola oleh Perhutani melalui mekanisme Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat (PHBM). Perum Perhutani merupakan institusi yang berwenang dalam mengelola sebagian sumber daya hutan di Pulau Jawa berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 53 tahun 1999 sebagai dasar yuridis bagi Perum Perhutani dan Surat Keputusan No. 268/KPTS/DIR/2007 mengenai PHBM. Kebijakan PHBM dikeluarkan dan digunakan untuk kepentingan masyarakat sekitar hutan terutama dalam mengelola sumber daya hutan. Keselarasan kebijakan PHBM dengan kegiatan pembangunan wilayah oleh pemerintah daerah disesuaikan dengan kondisi dan dinamika sosial masyarakat yang tinggal di sekitar hutan. Tujuan kebijakan PHBM berdasarkan SK No. 268/KPTS/DIR/2007 adalah perencanaan dan pelaksanaan kegiatan yang fleksibel, meningkatkan tanggung jawab terhadap keberlanjutan fungsi dan manfaat sumber daya hutan. Kontribusi pengelolaan hutan terhadap peningkatan pendapatan masyarakat diperoleh melalui pemungutan hasil non kayu seperti rumput gajah dan tanaman pakan ternak lain, pohon buah-buahan dan tanaman palawija (Perum Perhutani 2016).

Sistem agroforestri kompleks berbasis kopi di lahan milik merupakan sistem campuran antara tanaman kopi dan lebih dari 5 jenis tanaman penayang seperti durian (*Durio ziberthinus*), kakao (*Theobroma cacao*), langsung (*Lansium domesticum*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), jabon (*Neolamarckia cadamba*) dan pisang (*Musa sp.*) dengan tutupan kanopi yang cukup rapat mencapai 80%. Sementara, agroforestri sederhana berbasis kopi didominasi oleh tanaman kopi dengan jumlah jenis pohon penayang kurang dari 5 jenis seperti tanaman durian (*Durio zibethinus*), langsung (*Lansium domesticum*), angka (*Artocarpus heterophyllus*), dan gamal/gliciridia (*Gliricidia sepium*) dengan tutupan kanopi antara 50-70% (Gambar 7.4.1). Luasan lahan agroforestri yang dikelola oleh petani kecil berkisar antara 0,25 – 2 ha.



**Gambar 7.4.1** Kondisi tutupan sistem penggunaan lahan (A). Agroforestri kompleks berbasis kopi dan (B). Agroforestri sederhana berbasis kopi (Sumber foto: R.R. Sari 2017)

Petani agroforestri yang memanfaatkan wilayah Perhutani untuk kegiatan pertanian menyisipkan tanaman lain di bawah tegakan pohon penghasil kayu yang ada, seperti pinus (*Pinus merkusii*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), suren (*Toona sinensis*), atau damar (*Agathis dammara*). Tanaman yang disisipkan di antaranya adalah kopi (*Coffea sp.*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), dan tanaman sayuran seperti cabai (*Capsium annum*), tomat (*Solanum lycopersicum*), talas (*Colocasia esculenta*), maupun 'empon-empon' seperti jahe (*Zingiber officinale*), temulawak (*Curcuma zanthorriza*), temuireng (*Curcuma aeruginosa*), kunyit (*Curcuma longa*) dan 'temu kunci' (*Boesenbergia rotunda*) dalam sistem tumpangsari atau agroforestri (Gambar 7.4.2). Tanaman kopi menjadi komoditas yang diunggulkan di daerah Ngantang karena iklim dan wilayah yang sesuai untuk syarat tumbuh tanaman kopi, dan didukung dengan harga kopi yang cukup stabil. Petani memilih pohon penayang kopi yang bernilai ekonomi tinggi seperti durian (*Durio*

*zibethinus*), petai (*Parkia speciosa*), alpukat (*Persea americana*), dan pohon yang daunnya dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak misalnya lamtoro (*Leucaena leucocephala*) maupun gamal (*Gliricidia sepium*). Menurut Priyadarshini *et al.* (2011) gamal merupakan pohon penayang yang disukai oleh petani, diikuti oleh alpukat, pisang dan durian. Preferensi petani akan jenis pohon penayang dalam agroforestri di Desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang disajikan dalam Box 7.4.1.



**Gambar 7.4.2** Sistem agroforestri di lahan milik negara yang dikelola oleh Perhutani dan masyarakat lokal (Sumber foto: M.O. Mardiani 2020)

Sejak tahun 2020 hingga 2022 petani agroforestri mengalami gagal panen untuk tanaman kopi dan durian karena curah hujan yang tinggi sehingga mempengaruhi proses pembungaan yang menyebabkan gagalnya bakal buah. Sebagai bentuk adaptasi untuk mempertahankan pendapatan, petani mulai mempertimbangkan menanam pohon penayang lain dalam sistem agroforestri yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Masyarakat lokal mulai cenderung membudidayakan pohon penayang kopi yang menghasilkan pakan ternak seperti kaliandra (*Calliandra tetragona*) dan gamal (*Gliricidia sepium*) serta tumbuhan bawah berupa rumput gajah (*Pennisetum purpureum* Schum. cv King) dan rumput odot (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) dalam praktik agroforestri (Kusumawati *et al.* 2022)(Gambar 7.4.3).

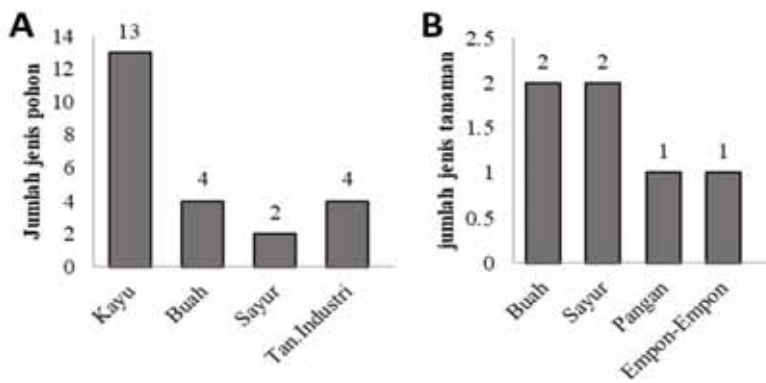


**Gambar 7.4.3** Pengayaan sistem agroforestri kopi dengan menanam tanaman penghasil pakan ternak di Kecamatan Ngantang: (A) Petani menanam kaliandra sebagai pagar, (B) Penanaman rumput gajah terpisah dari pohon sengon walaupun dalam lahan yang sama, (C) Tumpangsari kaliandra dan rumput gajah dalam sistem budidaya pagar (Sumber foto: K. Hairiah 2022)

Petani agroforestri bergantung penuh pada sistem “agroforestri yang diperkaya” dengan pakan ternak untuk pemenuhan kebutuhan hidupnya. Produk agroforestri yang berasal dari berbagai jenis pohon digunakan untuk bahan makanan, konstruksi ringan, pakan ternak, rempah-rempah, obat, dan kerajinan (Priyadarshini 2012, Sari *et al.* 2018b, Kusumawati *et al.* 2022). Petani agroforestri memanfaatkan hampir seluruh bagian tanaman yang tumbuh (daun, batang, buah, akar), baik yang tumbuh liar maupun yang dibudidayakan. Sari *et al.* (2018b) melaporkan bahwa fungsi dan nilai penting agroforestri bagi petani di Kecamatan Ngantang akan semakin meningkat pada masa yang akan datang, karena sistem tersebut mampu memenuhi kebutuhan hidup petani meskipun pendapatan yang diterima tidak sebesar pendapatan dari praktik pertanian intensif tanaman semusim. Diakui oleh petani bahwa sistem agroforestri mampu memberikan pendapatan yang cukup secara terus menerus dari produk yang beragam.

**Box 7.4.1** Preferensi petani agroforestri Desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang dalam menentukan jenis penangun pohon kopi (Sari et al. 2018b)

Pengambilan keputusan oleh petani tentang pemilihan jenis pohon untuk dibudidayakan di lahannya dipengaruhi oleh banyak pertimbangan. Berdasarkan hasil penggalian informasi manfaat pohon yang dikehendaki petani di Kecamatan Ngantang, terdapat 23 jenis pohon dan 5 jenis tanaman semusim yang dipilih dalam sistem agroforestri yang tergolong dalam penghasil *timber*, pohon buah-buahan, pohon penghasil sayuran, tanaman industri, dan umbi-umbian (Gambar 7.4.4). Tingkat prioritas jenis pohon utama yang dipilih adalah tanaman kopi, diikuti oleh pohon penangun yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dan mampu menyimpan air (Tabel 7.4.1). Berdasarkan hasil *interview*, ada 10 macam tanaman (pohon buah-buahan dan legume), yang produknya bisa dijual dan digunakan untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari dan dikonsumsi sendiri, sedangkan jenis *timber* dapat dijadikan investasi atau tabungan pendidikan bagi anak-anak mereka.



**Gambar 7.4.4** Jenis dan kegunaan (A) pohon; dan (B) tanaman semusim menurut informasi dari petani (n=35)

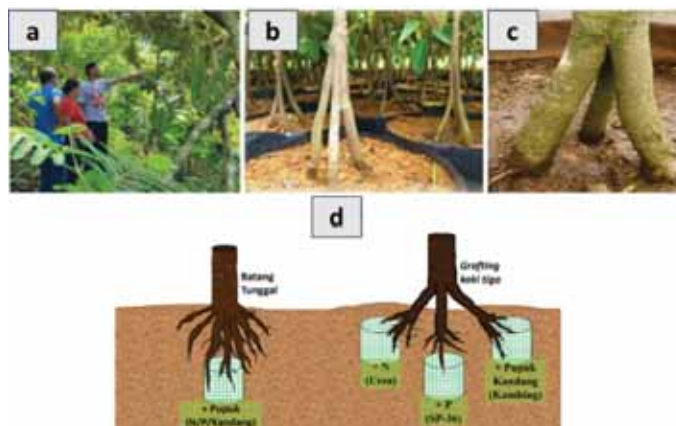
Tabel 7.4.1 Sepuluh jenis tanaman utama yang dibutuhkan menurut kelompok wanita dan pria di Desa Tulungrejo, Ngantang

Nama lokal	Nama ilmiah	Nomor urut prioritas	
		Kelompok pria	Kelompok wanita
Kopi	<i>Coffea</i> sp.	1	1
Durian	<i>Durio zibethinus</i>	2	2
Alpukat	<i>Persea americana</i>	3	3
Sengon	<i>Paraserianthes falcataria</i>	4	8
Cengkeh	<i>Syzygium aromaticum</i>	5	9
Vanili	<i>Vanilla planifolia</i>	6	7
Langsat	<i>Lansium domesticum</i>	7	10
Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	8	6
Petai	<i>Parkia speciosa</i>	9	5
Pisang	<i>Musa</i> spp.	10	4

Adanya pergeseran pilihan pohon penaung kopi oleh petani dari jenis leguminose ke jenis buah-buahan, maka peningkatan pertumbuhan pohon penaung kopi terus diupayakan oleh petani agar diperoleh produksi yang optimal. Sebagai contoh kasus perbaikan pertumbuhan tanaman oleh petani dapat dilihat dalam Box 7.4.2.

**Box 7.4.2** Perbaikan akar pohon durian dengan teknik "grafting kaki tiga" menurut pengetahuan ekologi lokal dan pengetahuan ekologi ilmiah. Studi kasus di sistem agroforestri Desa Sumber-agung, Kecamatan Ngantang (Sumber: K. Hairiah 2022)

Durian telah menjadi pohon penaung yang disukai oleh masyarakat lokal (Saputra *et al.* 2022). Dalam kurun waktu 5 tahun, dari tahun 2013 sampai 2018, terjadi pergeseran minat masyarakat lokal terhadap pohon penaung pohon kopi dari gliricidia ke durian (Gambar 7.4.5). Perawatan pohon durianpun tergolong mudah seperti yang dinyatakan oleh salah satu petani durian di Ngantang, Pak Ahmad. Pak Ahmad mengatakan, "Karena resek'nya banyak jadi tidak perlu banyak pupuk, perawatan pohon durian juga tidak rewel, sehingga tidak perlu tiap hari pergi ke lahan. Ketika tidak dipupuk, pohon durian tetap menghasilkan asalkan curah hujan tidak tinggi. Satu pohon durian bisa mencapai 40-75 buah dalam sekali panen"(sumber: hasil wawancara dengan petani lokal). Banyak petani yang melakukan perbaikan bibit pohon durian dengan tujuan meningkatkan serapan air dan hara serta ketahanan terhadap kekeringan saat musim kemarau tiba dengan jalan menggunakan teknik 'grafting kaki tiga'(Gambar 7.4.5). Peningkatan kerapatan akar pohon merupakan strategi yang ideal saat ini untuk meningkatkan daya adaptasi tanaman terhadap kekeringan.



**Gambar 7.4.5** (a) Grafting "kaki tiga" pohon durian di lahan milik petani (Pak Ahmad) di Ngantang, (b, c, dan d) peningkatan jumlah akar durian dari tambahan batang tanaman bermanfaat untuk beradaptasi terhadap kekeringan (Sumber ilustrasi: K. Hairiah 2022)

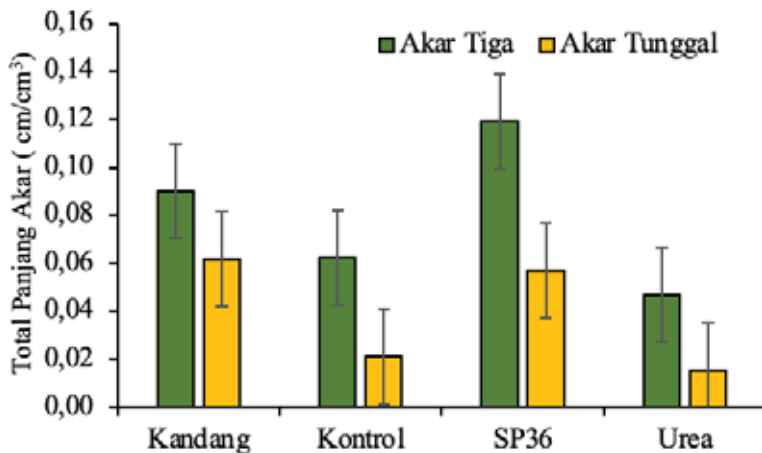


Selanjutnya Pak Ahmad melakukan percobaan di lahannya tentang kemampuan pohon durian untuk beradaptasi terhadap fluktuasi cuaca, dengan mengoptimalkan serapan air dan hara, dengan jalan menambah 'kaki' pohon (*grafting kaki tiga*). Hasilnya durian tetap berbuah hingga 2 kali dalam setahun, demikian dituturkan lebih lanjut oleh Pak Ahmad. Umur pohon durian sekitar 3 tahun yang cocok untuk dilakukan *grafting*, dengan varietas yang digunakan adalah durian lokal seperti 'vodka', 'ranti' ataupun 'lei' (dari Kalimantan). Teknik pembibitan *grafting kaki tiga* tersebut telah banyak dilakukan di desa tetangga lainnya seperti di Desa Kandangan dan Pait. Namun demikian, masih ada pertanyaan baru dari petani yaitu "seberapa banyak peningkatan akar yang diperoleh dari teknik *grafting kaki tiga* dan jenis hara apa yang membatasi pertumbuhan tanaman?"

Berdasarkan hasil penelitian perbaikan kerapatan perakaran durian oleh Wardani (2022) di lahan Pak Ahmad di Ngantang (Gambar 7.4.6), menunjukkan bahwa dengan penambahan 3 batang baru yang ditempel ke batang durian utama (*grafting kaki tiga*) diperoleh kerapatan perakaran 2 kali lebih besar dari pada sistem akar tunggal. Pertumbuhan akar-akar baru dari pohon durian tambahan tersebut lebih banyak di dalam tanah yang dipupuk P (SP36) dari pada yang dipupuk N (urea), hasil pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 7.4.7.



**Gambar 7.4.6** (a) "*Grafting* kaki tiga" pohon durian di lahan milik petani (Pak Ahmad) di Ngantang (Sumber foto: K. Hairiah 2022), (b dan c) peningkatan jumlah akar durian untuk dapat beradaptasi terhadap kekeringan (Sumber: <https://youtu.be/vRjirtTz3>)



Gambar 7.4.7 Total panjang akar pohon durian dari sistem *grafting* kaki tiga dibandingkan dengan batang tunggal dengan perlakuan penambahan pupuk (urea, SP36 dan pupuk kandang kotoran kambing (s.e.d = 0,03963))((Sumber data: A. Wardani 2022)

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ke bibit durian *grafting kaki tiga* dapat memberikan efek yang lebih menguntungkan untuk jangka panjang dari pada dengan pemberian pupuk buatan. Nampaknya pelepasan hara dari hasil mineralisasi pupuk kandang terjadi secara bertahap dan langsung diserap oleh akar durian, sehingga dapat mengurangi resiko kehilangan hara. Teknik pemberian pupuk kandang kepada bibit durian sistem *grafting kaki tiga* akan lebih efisien dan ramah lingkungan.

## 7.5 Manfaat Agroforestri

Terlepas dari adanya peningkatan luas kawasan agroforestri dan hutan rakyat dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, di Kabupaten Malang bermunculan masalah lingkungan seperti banjir, longsor, erosi yang dapat dirasakan hingga kini. Bencana tersebut terjadi sebagai akibat dari adanya alih fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian yang intensif dengan pengelolaan lahan yang kurang tepat. Limpasan permukaan dan erosi di beberapa tempat di Kecamatan Ngantang yang menjadi bagian dari DAS Kali Konto masih kerap terjadi (Andriyanto *et al.* 2015) sehingga berdampak terhadap kualitas air di waduk Selorejo yang saat ini dikategorikan dalam kondisi “tercemar” (Ambong & Sayekti 2018). Tingginya jumlah polutan  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan fosfat yang ditemukan dalam contoh air waduk Selorejo, mengindikasikan bahwa pupuk yang diaplikasikan di kawasan pertanian di atasnya telah terangkut oleh air limpasan dan masuk ke dalam waduk karena tingkat penutupan tanah yang rendah.

Melalui penerapan sistem agroforestri yang merupakan suatu sistem penggunaan lahan campuran antara tanaman berkayu dan tanaman semusim, sistem ini dipercaya dapat memberikan manfaat berganda baik dari aspek ekologi, ekonomi, sosial dan budaya. Secara fisik agroforestri yang tersusun atas aneka jenis pohon mempunyai susunan kanopi tajuk berlapis dan berjenjang dengan karakteristik dan kedalaman perakaran yang beragam, sehingga agroforestri memiliki kemampuan untuk mencegah longsor, menekan limpasan permukaan dan erosi, mengurangi kehilangan hara lewat pencucian dan mempertahankan biodiversitas flora dan fauna tanah (Hairiah *et al.* 2006). Keberadaan jenis pohon yang beragam merupakan kunci utama sistem agroforestri dalam menyediakan berbagai bentuk layanan (*services*) yang memberikan manfaat bagi kehidupan manusia dan lingkungan (penyediaan, pengaturan, pendukung, dan budaya) serta memiliki kemampuan yang baik untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim serta gangguan lainnya.

### 7.5.1 Penyediaan

---

Ekosistem memberikan layanan penyediaan (*provisioning service*) misalnya dalam penyediaan air, makanan, kayu, obat-obatan dan sebagainya. Layanan penyediaan ini sebagian besar dapat diperdagangkan di pasar. Namun demikian masyarakat masih sangat bergantung pada layanan penyediaan ekosistem untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka terutama bagi petani subsisten. Dalam hal ini, nilai layanan ekosistem lainnya mungkin jauh lebih penting dari pada pendapatan yang mereka peroleh ketika menjual produk tersebut di pasar lokal.

Layanan penyediaan sangat terganggu dari jenis sistem penggunaan lahannya. Sebagian besar sistem agroforestri kompleks berbasis kopi di Kecamatan Ngantang memiliki keanekaragaman jenis pohon yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan tersisa. Hal ini mengindikasikan bahwa produk agroforestri yang dihasilkan cukup beragam yang dapat digunakan sebagai bahan makanan, konstruksi ringan, pakan ternak, rempah-rempah, obat, dan kerajinan (Priyadarshini 2012, Sari *et al.* 2018b, Kusumawati *et al.* 2022).

Manfaat produk agroforestri di Ngantang dibagi dalam sembilan kategori seperti telah dilaporkan oleh Kusumawati *et al.* (2022)(

Tabel 7.5.1). Sistem agroforestri berbasis kopi di Kecamatan Ngantang merupakan sistem pangan tradisional yang telah diadaptasi dari generasi ke generasi dan telah dipengaruhi oleh kondisi ekologi setempat. Pemanfaatan spesies tanaman sebagai bahan-bahan pelengkap ritual menjadi nilai tertinggi kedua, hal tersebut menggambarkan bahwa masyarakat lokal masih bergantung kepada sistem agroforestri untuk pelaksanaan ritual budaya.

**Tabel 7.5.1** Kategori guna dan Informant Consensus Factor (ICF) produk agroforestri di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang (Kusumawati et al. 2022)

Kategori guna	Jumlah laporan kegunaan ( $N_{ur}$ )	Jumlah species ( $N_t$ )	ICF
Makanan	1366	36	1
Makanan (rempah, perasa)	385	11	0,97
Makanan (pembungkus)	106	4	0,97
Pakan ternak	1310	50	0,96
Obat-obatan	727	35	0,95
Bahan bangunan	706	21	0,97
Tanaman pagar/hias	129	10	0,93
Kerajinan tangan	93	9	0,91
Upacara/ritual	195	5	0,98
Total	5017	181	
Informan	104,5		
Species		2,18	
Rerata ICF			0,964

Keterangan: ICF=indikator yang menunjukkan tingginya tingkat kesepakatan antara responden tentang jenis penggunaan dari spesies tanaman tertentu yang dihitung dengan persamaan  $ICF = (N_{ur} - N_t) / (N_{ur} - 1)$ , dimana  $N_{ur}$  = Jumlah informan yang mengetahui dan menggunakan spesies tumbuhan/tanaman tertentu,  $N_t$  = jumlah spesies dalam kategori penggunaan. Nilai ICF mendekati 1 atau sama dengan 1 artinya penyebaran informasi semakin merata, keseragaman menunjukkan kearifan lokal yang tinggi/kuat di wilayah tersebut.

Petani kopi Ngantang menjual hasil panen kopi dalam bentuk 'biji gelondong' atau biji segar (baru panen, berwarna merah/hijau kemerahan), 'biji kering' atau 'ose' (biji kopi yang dikeringkan) (Gambar 7.5.1) dan dalam bentuk bubuk siap seduh. Harga biji kopi gelondong (biji segar) berkisar Rp6.000 - Rp7.500/kg, sedangkan harga biji kering kopi/ 'ose' sekitar Rp25.000 - Rp32.500/kg. Bagi petani yang berpengalaman bertani cukup lama (>30 tahun) cenderung menjual hasil panen kopi dalam keadaan biji kering/ 'ose', dengan alasan harga yang lebih mahal dan bisa dijual sewaktu-waktu saat harga kopi sedang mahal. Saat musim panen raya kopi, harga kopi tidak mencapai batas maksimal sehingga petani cenderung menyimpan biji kopi kering untuk dijual ketika harga sudah tinggi. Namun, petani kopi lainnya memilih 'jalan praktis' menjual dalam bentuk gelondongan dan sudah dijual seluruhnya ke tengkulak. Biasanya petani kopi menyisakan untuk dikonsumsi sendiri sekitar 50-100 kg biji basah atau setara 10-25 kg biji kering. Petani menjual hasil panen (biji kering maupun gelondong) ke tengkulak kopi, sedangkan petani yang menjual kopi dalam bentuk siap seduh dijual langsung ke pedagang di pasar sehingga memperoleh harga yang cukup tinggi (tidak melalui

tengkulak). Mayoritas petani kopi memiliki hewan ternak seperti sapi perah atau kambing sehingga ketika harga kopi anjlok, petani memiliki *income* tambahan dari hasil susu sapi perah yang ditekuninya. Adanya dukungan dari KUD Ngantang berupa peningkatan kualitas susu sapi perah melalui program penyediaan rumput hijau, konsentrat dan kesehatan hewan (KUD Sumber Makmur 2018) dirasa sangat membantu peningkatan ekonomi masyarakat setempat.

Sama halnya dengan kopi, sistem penjualan buah durian, alpukat maupun petai adalah sistem borongan atau dibeli langsung oleh tengkulak, bahkan ketika pohon durian/ alpukat masih belum berbuah tengkulak sudah banyak berdatangan. Sistem borongan yang dimaksud adalah tenaga kerja untuk panen maupun pengangkutan durian ataupun alpukat dilakukan oleh pihak tengkulak, sehingga petani mendapatkan harga bersih. Hal tersebut memudahkan para petani, karena tidak harus mengeluarkan upah tenaga kerja untuk panen, dan transportasi untuk akses ke lahan.

Selain hasil dari pepohonan yang menghasilkan buah, petani menyisipkan tanaman penghasil pakan ternak untuk kebutuhan ternaknya sendiri. Namun, beberapa petani juga menjual rumput gajah/’odot’ yang dipanen di lahannya dengan harga berkisar Rp7.000 - Rp15.000 per ikatnya. Petani menjual hasil panen rumput gajah kepada petani maupun peternak lain (masyarakat lokal) yang tidak memiliki lahan luas sehingga kebutuhan pakan ternak belum dapat dipenuhi dari lahannya sendiri.



**Gambar 7.5.1** Macam-macam produk biji kopi: (a) Buah kopi merah dan hijau; (b) Panen buah kopi matang sempurna (merah); (c) Proses pengeringan hasil panen biji kopi yang dilakukan di depan rumah petani; (d) kopi kering tanpa kulit buah (ose); (e) persiapan penjualan kopi bubuk; (f) kopi bubuk kemasan milik UMK setempat (Sumber foto: M.O. Mardiani & I.A. Kusumawati 2021)

## 7.5.2 Pengaturan

---

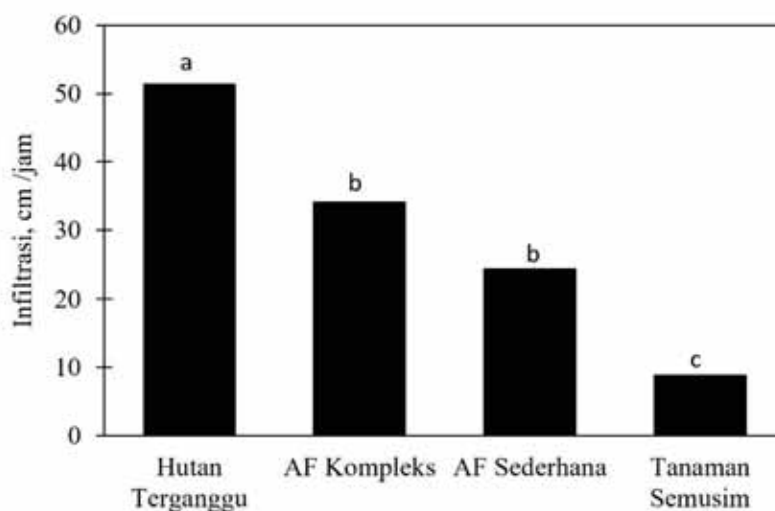
Layanan agroforestri berupa pengaturan (*regulation service*) yang diberikan oleh agroforestri tidak terlihat secara langsung, sehingga seringkali tidak diperhitungkan samasekali bahkan cenderung diabaikan oleh masyarakat. Ketika layanan tersebut berkurang atau rusak akan menimbulkan kerugian yang cukup besar dan sulit untuk dipulihkan. Beberapa jasa pengaturan yang disediakan oleh sistem agroforestri antara lain: mempertahankan siklus air dan hara, kualitas udara dan tanah, pengendalian banjir dan penyakit, emisi/sequestrasi karbon, penyerbukan tanaman, dan kemampuan bertahan dari kejadian ekstrim.

Penanaman beragam jenis pohon penabung dalam agroforestri memberikan manfaat antara lain: (1) mengurangi intensitas cahaya matahari yang masuk sehingga suhu, kelembaban udara dan tanah dapat terjaga, karena tutupan kanopi pohon yang rapat terutama hingga mencapai 80% seperti dalam sistem yang lebih kompleks (Yulistyarini 2013, Sari *et al.* 2018a); (2) mempertahankan masukan seresah yang beragam kualitasnya, karena diproduksi oleh berbagai jenis pohon penabung. Hal tersebut dapat mempertahankan multifungsi dari lapisan seresah, yakni sebagai pelindung permukaan tanah dari paparan sinar matahari langsung dan pukulan air hujan sehingga mengurangi evaporasi yang berlebihan, limpasan permukaan dan erosi, serta mempertahankan rantai makanan organisma tanah (Hairiah *et al.* 2006). Keberadaan pohon berumur panjang dan berukuran besar dalam sistem agroforestri kopi merupakan kunci penting dalam penyerapan dan penyimpanan cadangan karbon di lahan (Hairiah *et al.* 2011, Sari & Hairiah 2013). Berdasarkan pengukuran pada tahun 2007, sistem agroforestri sederhana dan kompleks berbasis kopi di Ngantang mampu menyimpan karbon sekitar 34 – 42 ton/ha (Kurniawan *et al.* 2010, Priyadarshini *et al.* 2011) dan pada tahun 2017 dilaporkan meningkat menjadi 40-70 ton/ha karena adanya peningkatan diversitas dan komposisi pohon dengan kerapatan kayu yang tinggi (Sari *et al. in review*). Adanya proyeksi peningkatan agroforestri dan hutan rakyat di lereng Gunung Anjasmoro, maka cadangan karbon akan meningkat sehingga dapat berkontribusi terhadap penurunan emisi di tingkat provinsi untuk masa yang akan datang.

Tingginya keanekaragaman pohon dalam sistem agroforestri di Kecamatan Ngantang dapat bermanfaat untuk meningkatkan stabilitas sistem yang mendukung lingkungan bagi *pollinator* sehingga serangan ataupun ledakan hama dapat dihindari. Sari *et al. (in review)* melaporkan bahwa peningkatan keanekaragaman dalam sistem agroforestri kopi dapat meningkatkan ketahanan sistem dan kapasitas penyangga untuk menstabilkan fluktuasi terhadap guncangan eksternal dan meningkatkan ketahanan pangan serta pendapatan petani.

### 7.5.3 Pendukung

Layanan pendukung (*supporting service*) merupakan layanan yang menjadi produk dari semua layanan ekosistem lainnya, sebagai contoh, dalam kaitannya dengan menjaga siklus air dan hara untuk mempertahankan kesuburan tanah yang bermanfaat bagi tanaman dan organisme tanah. Pohon penayang dalam sistem agroforestri memiliki fungsi beragam. Selain dapat menjaga kestabilan iklim mikro (fungsi pengatur/*regulating*) melalui tutupan kanopi pohon, pohon penayang juga merupakan sumber masukan seresah. Seresah dan akar merupakan sumber bahan organik tanah dan penyuplai unsur hara bagi tanaman apabila telah terdekomposisi (Purnamasari *et al.* 2021, Sari *et al.* 2022). Selain penyuplai unsur hara bagi tanaman, lapisan seresah yang tebal di dalam sistem agroforestri juga dapat meningkatkan aktivitas organisme tanah. Peningkatan aktivitas organisme tanah, terutama para *ecosystem engineer* (cacing tanah, semut, rayap, akar) dapat membantu pembentukan pori makro dan stabilitas agregat tanah. Tingginya jumlah pori makro tanah, apabila diikuti dengan stabilitas agregat yang kuat akan menghasilkan laju infiltrasi air yang tinggi. Saputra *et al.* (2022) mengungkapkan bahwa laju infiltrasi di sistem agroforestri tiga kali lipat lebih cepat dibandingkan dengan tanaman semusim monokultur, meskipun kondisi tutupan kanopi sistem agroforestri masih separuh dari kondisi tutupan hutan (Gambar 7.5.2).



Gambar 7.5.2 Laju infiltrasi tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang. (Data olah: Saputra *et al.* 2022)

Priyadarshini *et al.* (2011) menambahkan bahwa menanam beranekaragam jenis pohon di antara pohon kopi merupakan salah satu cara untuk mengurangi N melalui pencucian, yang dibuktikan dengan meningkatnya kadar hara secara kontinyu dengan meningkatnya kekayaan spesies dalam ekosistem. Melalui sistem perakaran yang sebarannya beragam, sistem agroforestri kopi dapat berperan sebagai “jaring penyelamat hara” (Hairiah *et al.* 2020), sehingga lingkungan tanah lebih dapat terjaga.

#### 7.5.4 Budaya

---

Pengelolaan sistem agroforestri tidak bisa lepas dari budaya, kepercayaan dan adat istiadat lokal. Masyarakat lokal sangat bergantung pada sistem agroforestri dan sumber daya hutan dalam seluruh aspek kehidupannya termasuk perekonomian, sosial masyarakat, kelestarian lingkungan dan kebudayaan. Hutan alam dan hutan rakyat tidak hanya berperan dalam pemenuhan kebutuhan skala rumah tangga, namun juga menjadi identitas bagi masyarakat lokal. Masyarakat lokal di Kecamatan Ngantang terkait erat dengan nilai-nilai hubungan leluhur (*ancestor*), saudara kandung (*siblings*) dan keturunan (*offspring*) (Kusumawati 2022). Nilai hubungan terhadap penilaian lingkungan berkaitan dengan perkembangan pengetahuan, perubahan biofisik, spiritualitas, mata pencaharian, kebutuhan, kekerabatan, dan keindahan alam (Arias-Arévalo *et al.* 2017). Dalam sistem agroforestri, hubungan dan interaksi yang menjadi fokus utama adalah antara pohon dan manusia. Pohon memiliki peran simbolis yang terdiri dari ‘pohon kehidupan’ hingga ‘ritual budaya dan kedamaian’ sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan dan konflik lokal (van Noordwijk 2021).

Di lokasi penelitian ini, keberadaan pohon sangat dihormati dan dilestarikan oleh para leluhur dan diteruskan secara turun temurun sehingga agroforestri memiliki nilai hubungan ‘*ancestor*’ bagi masyarakat. Penghormatan dari masyarakat lokal dilakukan dalam bentuk tindakan dan spiritual, sebagai contoh, masyarakat melakukan pelestarian dan tidak merusak pohon besar sebagai wujud tindakan menghormati pohon. Penghormatan secara spritual dilakukan masyarakat melalui ritual pada saat panen raya dan ‘bersih desa’ setiap tahun. Bersih desa yang dimaksud dalam kegiatan ini adalah upaya membersihkan diri baik jasmani maupun rohani, dan menyampaikan rasa syukur kepada Tuhan YME serta alam semesta atas berkah yang telah diperoleh dalam satu tahun, serta memohon kesejahteraan dan keselamatan untuk satu tahun yang akan datang.

Berbagai produk agroforestri hingga kini masih digunakan untuk bahan pelengkap ritual, seperti sesajen/ *ubo rampel jok bakal* yang disiapkan pada awal masa tanam padi dan saat panen menurut adat budaya Jawa (Gambar 7.5.3C). *Ubo rampe* pada dasarnya terdiri dari dua jenis yakni jenis *ubo rampe* pangan dan *ubo rampe* non pangan (Sartini 2021). Persiapan *ubo rampe* non pangan dilakukan oleh sesepuh wanita yang telah mengalami



masa menopause (wanita yang tidak lagi mengalami menstruasi). Pelaksanaan ritual dibantu oleh 'pendoa' yaitu seorang kamituwo atau sesepuh di wilayah setempat (Gambar 7.5.3). Pelaksanaan ritual antara panen padi dan kopi terdapat perbedaan. Pada saat panen kopi, petani tidak menggunakan *ubo rampe* dan rangkaian ritual di lahan, melainkan hanya melakukan doa dan makan bersama (syukuran) di rumah pemilik lahan dengan jalan membuat nasi tumpeng beserta lauk pauknya.



**Gambar 7.5.3** Ritual wiwit panen padi: (A) Proses pemanenan padi; (B) Kamituwo/sesepuh sedang melaksanakan ritual; (C) Sesaji dikenal sebagai *ubo rampe* atau *jok bakal* (Sumber foto: M.O. Mardiani 2022)

## 7.6 Pengaruh Faktor Luar terhadap Evolusi Agroforestri

Perkembangan sistem dan struktur agroforestri suatu kawasan tidak bisa lepas dari pengaruh faktor internal, aktor yang terlibat (petani) seperti sosial, ekologi, dan budaya; dan faktor eksternal. Di wilayah Kecamatan Ngantang, tingginya permintaan pemenuhan kebutuhan pakan ternak untuk menunjang produksi susu perah di Kabupaten Malang menjadi salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi perkembangan komposisi sistem agroforestri di wilayah ini, seperti halnya yang telah ditunjukkan oleh beberapa hasil penelitian dalam sub-bab sebelumnya.

Perubahan iklim dan gangguan ekstrim lain seperti erupsi Gunung Kelud yang memberikan masukan abu vulkanik secara berkala pada sistem agroforestri di kawasan ini turut berperan dalam menentukan evolusi sistem agroforestri (lihat Bab 4). Setelah adanya erupsi Gunung Kelud pada tahun 2014 yang mengendapkan abu vulkanik setebal 5-15 cm di Kecamatan Ngantang, produksi kopi dan beberapa tanaman buah-buahan lain dilaporkan menurun untuk jangka waktu 3 tahun pertama, karena turunnya abu vulkanik menimbulkan kerusakan ringan hingga tingkat sedang di bagian kanopi dan ranting tanaman berkayu dalam sistem agroforestri; dan kerusakan lebih berat dalam tanaman semusim. Kejadian ini menyebabkan beberapa jenis pohon, contohnya pohon kelapa mengalami rusak parah (mati), namun sebagian besar pohon di agroforestri masih bisa tetap bertahan. Hal ini akan memicu petani untuk melakukan upaya adaptif dalam meminimalkan efek merugikan yang mungkin akan terjadi lagi di masa depan, seperti menanam beberapa jenis tanaman yang lebih toleran terhadap gangguan. Sari *et al.* (in review) melaporkan bahwa tanaman *Parasponia rigida* mulai sering ditemukan di beberapa plot agroforestri di Kecamatan Ngantang setelah erupsi. *Parasponia* merupakan tanaman pioner yang dapat tumbuh pada kondisi miskin nutrisi di bagian lereng atas Gunung Kelud (Ishaq *et al.* 2020). Beberapa petani Ngantang nampaknya mulai memanfaatkan jenis tanaman ini menjadi salah satu pohon penayang kopi karena lebih toleran terhadap kondisi miskin hara, penjelasan lebih lengkap dapat dilihat dalam bab 3 Agroforestri Khas Gunung Kelud.

## 7.7 Masalah dan Konflik Agroforestri

Hubungan antar individu petani dan atau antar kelompok tani di Kecamatan Ngantang dikatakan cukup baik karena telah mengelola lahan dalam kurun waktu yang cukup lama. Masalah dan konflik dalam sistem agroforestri sangat terbatas, termasuk hubungan petani atau kelompok tani dengan pihak Perum Perhutani juga cukup baik. Sejak tahun 1974 masyarakat setempat telah bekerjasama dengan Perum Perhutani dalam program tumpangsari pinus/mahoni sebagai penghasil *timber* yang dapat menguntungkan kedua

belah pihak. Terlebih lagi, petani diizinkan menyisipkan tanaman semusim seperti ubi kayu atau diizinkan untuk menanam kopi, bahkan durian, rumput gajah, pisang dan pepaya.

Tantangan utama petani agroforestri di Kecamatan Ngantang dalam mengelola lahannya adalah: (1) adanya perubahan iklim dengan panjangnya musim yang tidak menentu, juga adanya intensitas curah hujan yang tinggi sehingga menyebabkan gagal panen; (2) fluktuasi harga komoditas yang sebagian besar ditentukan oleh tengkulak; (3) keterbatasan pengetahuan petani akan akses penjualan hasil panen. Tantangan inilah yang menyebabkan beberapa petani memperoleh hasil yang kurang maksimal sehingga harus mencari sumber pendapatan dari sektor lain misalnya beternak. Namun, hal tersebut tidak menjadi kendala bagi petani karena perawatan dari sistem agroforestri yang relatif mudah, tidak menuntut petani harus setiap hari berada di lahannya, hemat tenaga dan pupuk dibandingkan dengan sistem pertanian intensif seperti tanaman semusim. Petani agroforestri selalu merasa untung dari sistem agroforestri yang dibudidayakannya.

## 7.8 Pemulihan Menuju Ekologi Hutan

Peningkatan kerapatan dan keanekaragaman pohon dalam sistem agroforestri merupakan salah satu cara yang dapat membantu memulihkan sistem dalam mencapai fungsi ekologi yang optimal. Penyediaan bibit unggul masing-masing komoditas dalam sistem agroforestri menjadi upaya yang penting untuk memastikan penyediaan fungsi ekonomi dan ekologi tetap seimbang sehingga petani tetap menjaga dan mempertahankan sistem agroforestri dalam kurun waktu yang lama. Petani agroforestri skala kecil di Kecamatan Ngantang mengandalkan sumber bibit tanaman dari tanaman yang dibudidayakan dalam lahan agroforestri berbasis kopi miliknya. Dalam hal ini, pengalaman, *skill* dan keterampilan petani dibutuhkan dalam memilih pola tanam yang sesuai, teknik menanam dan merawat bibit yang tepat. Pada fase awal lahan agroforestri atau agroforestri muda, penanaman bibit dapat dilakukan sekaligus dengan pemanfaatan ruang kosong lebih dari 50% untuk jenis tanaman lainnya, memanfaatkan area yang tidak ternaungi oleh bibit pohon. Pada umumnya, pohon yang ditanam masih berumur muda atau dalam bentuk bibit sehingga alokasi bidang untuk tanaman semusim masih cukup luas (Pranoto *et al.* 2013). Program kebun bibit rakyat yang difasilitasi oleh pemerintah melalui fasilitasi alat, bahan dan ketrampilan melalui training dan pendampingan masyarakat dapat mendukung upaya pemulihan kawasan ini.

Keanekaragaman hayati di Kecamatan Ngantang khususnya pada sistem agroforestri dilaporkan semakin meningkat dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (Sari *et al.*, in review). Bahkan beberapa kawasan sistem agroforestri kompleks memiliki

keanekaragaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan yang tersisa (terganggu). Peningkatan keanekaragaman pohon di kawasan tersebut merupakan indikasi dari adanya upaya adaptasi petani lokal dalam memastikan dan memperoleh pendapatan ekonomi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Beberapa jenis pohon penabung dan tanaman bawah lain dalam sistem agroforestri yang dulunya jarang ditanam dan saat ini sering ditanam di lahan masyarakat sangat terkait erat dengan permintaan pasar. Di lain sisi, peningkatan keanekaragaman hayati akan memberikan manfaat ekologis dalam penyediaan jasa lingkungan yang berkelanjutan.

## 7.9 Kesimpulan

Agroforestri merupakan sistem penggunaan lahan yang dapat diterima oleh masyarakat yang tercermin dari masih dipertahankannya praktek agroforestri kopi di lereng Gunung Anjasmoro, khususnya di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang hingga saat ini. Bahkan, masih terus berkembang dengan keanekaragaman yang semakin meningkat sesuai dengan kebutuhan, pasar dan perubahan lingkungan. Sistem agroforestri dapat memberikan berbagai manfaat, baik secara ekonomi, ekologi, dan sosial-budaya. Perubahan komposisi agroforestri di kawasan ini mengindikasikan bahwa petani dapat dengan mudah mengganti atau menambah jenis dan kombinasi pohon dapat disesuaikan dengan kondisi dan situasi saat itu. Hal ini menunjukkan bahwa sistem agroforestri dipertahankan karena memiliki fleksibilitas yang cukup tinggi dan mampu mempertahankan pendapatan secara berkelanjutan. Untuk mengoptimalkan pengembangan agroforestri di masa depan, koordinasi dan sinergi berbagai pihak (masyarakat lokal/petani, pemerintah, NGO, dan universitas) sangat diperlukan untuk meningkatkan potensi agroforestri menjadi sistem penggunaan lahan yang berkelanjutan.



## Bab 8.

# AGROFORESTRI KHAS LERENG GUNUNG ARJUNO-WELIRANG

Agroforestri Khas Lereng Gunung Arjuno-Welirang: Menjaga kestabilan Ekosistem dan Produktivitas Sistem Agroforestri di Kawasan Hutan Produksi dan KDTK

*Cahyo Prayogo, Mila Oktavia Mardiani, Khanza Amaladewi Sudharta, Irma Ardi, Kusumawati, Aqmal Nur Jihad*

## 8.1 Pengantar

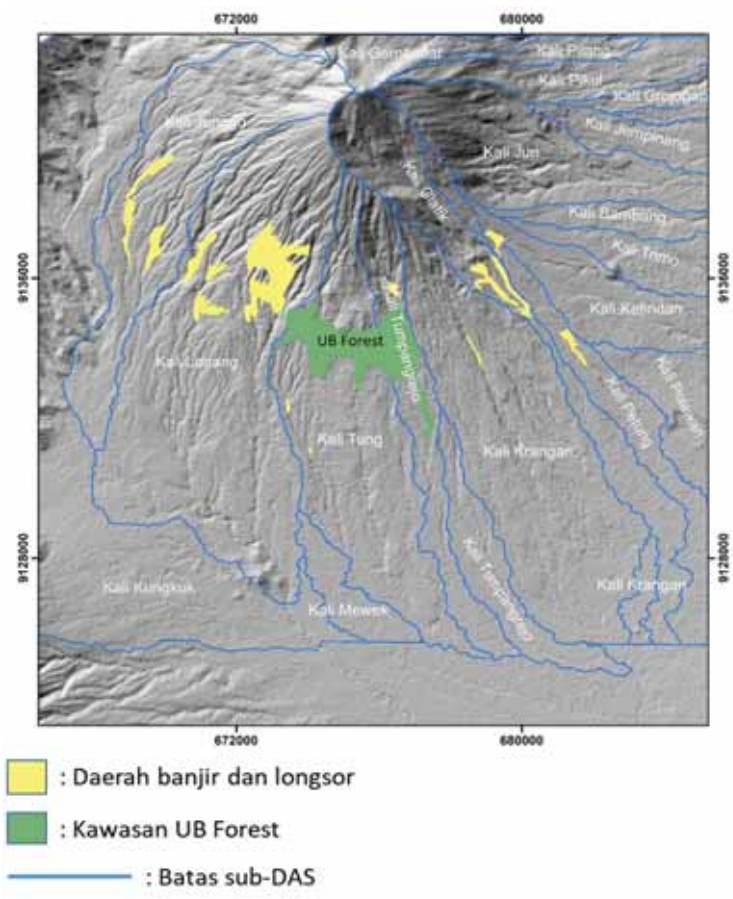
Wilayah Gunung Arjuno merupakan kawasan yang didominasi oleh tanah yang berkembang dari bahan vulkan dan memiliki sifat andik, dengan tingkat kesuburan tanah yang tinggi. Namun demikian, kawasan ini juga rawan terhadap erosi karena partikel tanahnya lepas (granular) maka kondisi tutupan lahannya harus dipertahankan. Di lereng atas sampai lereng tengah kawasan Gunung Arjuno merupakan kawasan hutan produksi dan hutan lindung. Kawasan hutan produksi didominasi oleh tegakan pinus atau mahoni milik Perum Perhutani, sedangkan ruang di bawah tegakan disisipi jenis tanaman lain (tanaman sela) yang dibudidayakan oleh masyarakat setempat. Jenis tanaman yang umum ditanam adalah sayuran, jahe, kunyit, talas dan porang; sedangkan kawasan lindung atau Kawasan Pelestarian Alam (KPA) lebih didominasi spesies alami di bawah pengelolaan Tahura Raden Soerjo.

Permasalahan utama di wilayah Gunung Arjuno adalah tingkat kerawanan terhadap bahaya banjir dan longsor. Pada tahun 2021 silam, telah terjadi banjir bandang yang meluluh lantakan pemukiman masyarakat dan lahan-lahan pertanian (Gambar 8.1.1). Bencana tersebut terjadi di wilayah Batu di kaki Gunung Arjuno-Welirang, tepatnya di DAS mikro Kali Sari (Kabupaten Malang).



**Gambar 8.1.1** Kondisi pasca banjir bandang di Kota Batu tahun 2021 (Sumber foto: Medco.id dan Liputan 6.com dan BNPB/M.A. Dwiatmodjo)

Banjir bandang tersebut terjadi pada Hari Kamis, 4 November 2021 sekitar pukul 14.00 WIB, melanda 3 (tiga) kecamatan di wilayah Kota Batu. Wilayah yang terdampak di daerah Sumberbrantas adalah Desa Bulukerto, Tulungrejo, Sumbergondo, Giripurno dan Punten. Di Kecamatan Batu Kota, wilayah terdampak di Desa Sidomulyo dan Kelurahan Temas. Sementara, di Kecamatan Junrejo wilayah yang terdampak adalah Desa Pendem. Sebagian besar wilayah terdampak merupakan pemukiman di sempadan Kali Brantas. Wilayah yang cukup banyak terdampak adalah pemukiman di Desa Bulukerto, Kecamatan Bumiaji. Wilayah Gunung Arjuno terutama bagian selatan dan timur yang rawan terhadap bencana banjir bandang dan kebakaran tersebut di atas terletak di wilayah Sub-DAS Kali Lanang dan Sub-DAS Kali Sari (Gambar 8.1.2).



Gambar 8.1.2 Peta batas Sub Das Kali Lanang dan Kalisari

Pada musim kemarau tahun 2019, wilayah tersebut terjadi kebakaran hutan yang meninggalkan tonggak-tonggak pohon mati. Pada musim penghujan berikutnya tonggak-tonggak tersebut hanyut dan terdorong aliran air deras dari lereng atas, dan terangkut ke sungai di bawahnya sehingga menyumbat aliran air sungai dan memicu terjadinya banjir bandang. Kebakaran hutan dan lahan lainnya di kaki Gunung Arjuno sudah sering terjadi yang menghancurkan ribuan pohon yang ada, sehingga sangat merugikan bagi lingkungan dan kehidupan di sekitarnya. Dilaporkan oleh Tim Pelaksana Teknis Tahura Raden Soerjo bahwa luasan area yang terdampak kebakaran hutan dan lahan tahun 2019 di wilayah Gunung Arjuno mencapai 3000 ha.

## 8.2 Karakteristik Wilayah

### 8.2.1 Topografi dan geologi

Gunung Arjuno secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Malang, Pasuruan, dan Mojokerto. Gunung Arjuno berdekatan dengan gunung besar lainnya seperti Gunung Welirang yang berada pada ketinggian 3265 mdpl, Gunung Kembar I di ketinggian 3051 mdpl, Gunung Kembar II yang berada di ketinggian 3.126 mdpl, dan Gunung Arjuno sendiri berada pada ketinggian 3339 mdpl. Secara geografis, Gunung Arjuno termasuk kategori gunung stratovolcano tipe A yang masih aktif (Indriyanto, 2005), terletak di  $7^{\circ} 40' - 7^{\circ} 53' \text{ LS}$  dan  $112^{\circ} 31' 7'' - 112^{\circ} 42,52'' \text{ BT}$ .



Gambar 8.2.1 Lokasi Pegunungan Arjuno di Jawa Timur



Kompleks Gunung Arjuno-Welirang mempunyai beberapa kerucut di puncaknya yaitu: Kerucut Gunung Arjuno (3339 mdpl, kerucut tertua), Kerucut Gunung Bakal (2960 mdpl), Kerucut Gunung Kembar II (3.126 mdpl), Kerucut Gunung Kembar I (3030 mdpl), dan Kerucut Gunung Welirang (3156 mdpl). Kerucut-kerucut tersebut terbentuk akibat perpindahan titik erupsi yang membentuk kelurusan berarah tenggara-barat laut dan dikontrol oleh sesar normal. Selain kerucut-kerucut tersebut terdapat pula beberapa kerucut parasit yang merupakan hasil letusan samping pada tubuh kompleks Gunung Arjuno-Welirang. Kerucut parasit tersebut adalah Gunung Ringgit (2477 mdpl) di bagian timur laut, Gunung Pundak (1544 mdpl) dan Gunung Butak (1207 mdpl) di bagian utara, serta dua buah kerucut lainnya yaitu Gunung Wadon dan Gunung Princi yang terdapat di tubuh bagian timur.

Batuan penyusun kompleks Gunung Arjuno-Welirang dihasilkan oleh tiga buah erupsi pusat dari Gunung Arjuno Tua, Gunung Arjuno Muda dan Gunung Welirang berupa aliran lava, aliran piroklastik, jatuhnya piroklastik dan lahar yang sebarannya ke arah utara dan barat (Berita Berkala Vulkanologi, Edisi Khusus: Gunung Arjuno -Welirang 1992).

Gunung Arjuno tergolong ke dalam formasi geologi batuan Gunung Api Anjasmoro Tua (Qpat). Formasi Qpat tersusun atas bahan breksi gunung api, tuf breksi, tuf, dan lava. Formasi ini diduga sebagai alas dari batuan Gunung api kuartar bawah dan diperkirakan berumur plistosen awal sampai tengah. Hal itu berdasarkan adanya singkapan batuan Gunung Anjasmoro tua yang tertindih langsung oleh batuan Gunung Arjuno-Welirang yang berumur plistosen akhir. Batuan Qpat tertindih oleh batuan Gunung api Anjasmoro muda dan batuan Gunung api Panderman.

Lava yang dihasilkan oleh Gunung Arjuno terdiri dari basalt olivin dan andesit pyroksen, sedangkan dari Gunung Welirang adalah andesit augit hyperstein (Verbeek-Fennema (1896) dalam *Catalogue of the active volcanoes of the World Including Solfatara Fields*, Part 1). Mata air panas yang terdapat di sekitar Gunung Arjuno-Welirang terdiri dari empat kelompok sumber mata air panas, yaitu: (1) Kelompok mata air panas Padusan, Tretes Kecamatan Trawas, (2) Kelompok mata air panas Cangar, Jurang Kwali, Kecamatan Batu, (3) Kelompok sumber mata air panas Songoriti, Kecamatan Batu, (4) Kelompok sumber mata air Kasinan, di bawah kaki Gunung Panderman. Mata air tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda, pH air berkisar antara 6,5 hingga 7,0, debit air 1-20 liter/detik, suhu air berkisar antara 32-47°C (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2023). Dinginnya suhu udara di daerah Batu maupun Malang menjadi daya tarik tersendiri bagi wisatawan untuk mencoba pemandian sumber mata air panas yang ada.

## 8.2.2 Kondisi Iklim

Rata-rata curah hujan dalam 10 tahun terakhir (2012 – 2021) di kawasan Gunung Arjuno sebesar 2004 mm/tahun, dimana pada Bulan Mei hingga Oktober merupakan musim kemarau, dan November hingga April merupakan musim penghujan (Gambar 8.2.2). Curah hujan tertinggi ditunjukkan pada Bulan Februari sebesar 371 mm/bulan dan terendah pada Bulan September sebesar 21,5 mm/bulan. Bulan kering (<100 mm) dimulai pada Bulan Mei hingga Oktober, sedangkan bulan basah (>200 mm) mulai Bulan November sampai April. Suhu udara terendah terjadi pada Bulan Juli sampai dengan Agustus dan tertinggi pada Bulan November. Rata-rata suhu udara tahunan kawasan Gunung Arjuno adalah 23°C.



Gambar 8.2.2. Distribusi curah hujan dan suhu udara di sekitar kawasan Gunung Arjuno (Sumber data BMKG tahun 2012-2021)

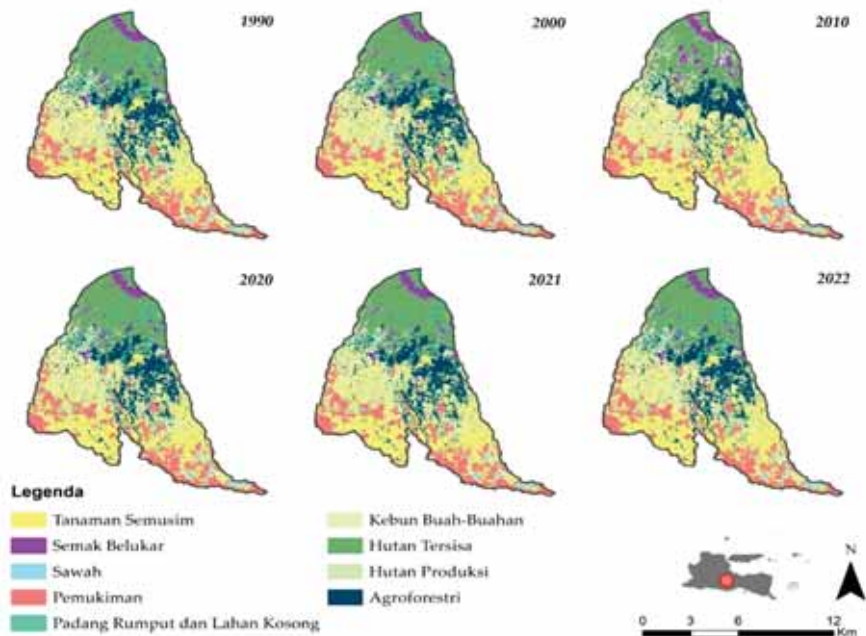
## 8.2.3 Kondisi tutupan lahan Gunung Arjuno

Secara umum tutupan lahan yang ada di kawasan Pegunungan Arjuno terdiri dari hutan alami, hutan produksi, perkebunan, kebun campuran/agroforestri, tanaman semusim dan pemukiman. Hutan alami dijumpai di bagian lereng atas Pegunungan Arjuno di bawah pengelolaan Tahura R. Soerjo, dimana sebagian besar wilayahnya termasuk dalam hutan konservasi.

Penggunaan dan tutupan lahan (*land use land cover/LULC*) di Sub DAS Kali Lanang dan Sub DAS Kali Sari (lokasi yang terkena bencana banjir bandang) digolongkan menjadi sembilan (9) kategori, yaitu: hutan (alami) tersisa, hutan produksi, agroforestri, kebun buah-buahan, tanaman semusim, semak belukar, sawah, pemukiman, padang rumput dan lahan kosong. Namun demikian, kondisi tutupan lahan tersebut mengalami perubahan dari tahun ke tahun, sehingga berdampak terhadap hilangnya beberapa fungsi dan layanan hutan. Nugraha et al. (2023) melaporkan hasil analisis perubahan LULC di bagian lereng Gn. Arjuno yang terdampak banjir bandang tahun 2022, menggunakan data tahun 1990, 2000, 2010 hingga 2022 di DAS Kali Lanang dan Kali Sari ditunjukkan dalam Gambar 8.2.3 dengan luasan masing-masing penggunaan lahan ditunjukkan dalam Tabel 8.2.1, sehingga dapat diketahui laju perubahan penggunaan lahan yang terjadi.

**Tabel 8.2.1 Luas penggunaan lahan di kawasan DAS Kali Lanang dan Kali Sari dari tahun 1990 – 2022 (Nugraha 2023)**

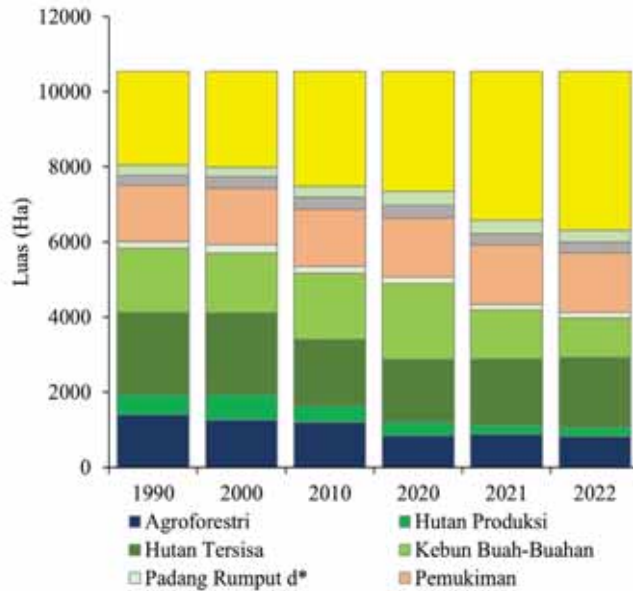
Penggunaan lahan	Luas (ha)					
	1990	2000	2010	2020	2021	2022
Agroforestri	1403	1263	1200	849	886	830
Hutan produksi	540	674	447	370	240	244
Hutan tersisa	2183	2183	1770	1665	1769	1862
Kebun	1714	1590	1764	2019	1293	1039
Padang rumput	165	220	181	165	155	155
Pemukiman	1502	1511	1511	1568	1585	1592
Sawah	276	298	322	346	291	274
Semak belukar	264	254	284	374	369	327
Tanaman semusim	2498	2551	3067	3189	3956	4221



**Gambar 8.2.3** Distribusi spasial penggunaan lahan di Sub DAS Kali Lanang dan Sub DAS Kali Sari (yang terdampak banjir bandang) berdasarkan citra satelite tahun 1990, 2000, 2010, 2020, 2021, dan 2022 (Sumber data: A.N. Putra 2023)

Berdasarkan Gambar 8.2.3 tersebut diketahui bahwa setiap 10 tahun telah terjadi penurunan luasan penggunaan lahan hutan produksi (2,5% per tahun) dan agroforestri (1,8 % per tahun) yang diikuti dengan peningkatan luasan tanaman semusim yang sangat besar (3,1% per tahun). Sejak tahun 1990 luasan hutan tersisa dan pemukiman secara umum lebih stabil dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya, meskipun peningkatan tetap terjadi.

Selama kurun waktu 22 tahun, lahan hutan produksi dan hutan tersisa hanya berkurang seluas ± 300 ha (Gambar 8.2.4). Pada tahun 1990 total luasan hutan produksi dan hutan tersisa masing-masing adalah 540 ha dan 2.183 ha, kemudian pada tahun 2022 turun menjadi 244 ha dan 1.862 ha. Lahan agroforestri pada tahun 1990 tercatat 1.403 ha dan berkurang hingga 830 ha pada tahun 2022. Tipe penggunaan lahan yang mengalami peningkatan dan penurunan dalam kurun waktu 12 tahun terjadi pada kebun buah-buahan, padang rumput, sawah dan semak belukar.



**Gambar 8.2.4** Luas tutupan lahan di Sub DAS Kali Lanang dan Kali Sari dari tahun 1990 hingga 2022 (Sumber data: A.N. Putra 2023)

Dalam kurun waktu 12 tahun, perubahan luas lahan yang paling mencolok terjadi pada lahan tanaman semusim (sayuran), dimana setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan terbanyak dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya. Pada tahun 1990, total luasan lahan tanaman semusim adalah 2.498 ha meningkat menjadi 2.551 ha pada tahun 2000; menjadi 3067 ha pada tahun 2010 dan menjadi 3189 ha pada tahun 2020. Pada tahun 2021, lahan tanaman semusim mengalami peningkatan yang cukup besar mencapai 3956 ha dan pada tahun 2022 menjadi 4221 ha.

Perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk diduga menjadi faktor pemicu alih guna lahan yang ada di kawasan Sub-DAS Kali Lanang dan Kali Sari. Konversi lahan awal menjadi penggunaan lahan yang baru itulah yang disebut sebagai alih guna lahan (Christian *et al.* 2021). Dalam kasus alih guna lahan, terdapat perspektif bahwa perubahan tersebut mengakomodasi adanya pertumbuhan kawasan yang didorong oleh pertumbuhan penduduk dan ekspansi ekonomi. Terdapat empat faktor penting yang perlu dipertimbangkan, yaitu faktor fisik lahan, ekonomi, dan kelembagaan (Umar *et al.* 2018).

Definisi lahan menurut Adhitama *et al.* (2020) merupakan suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, hidrologi, relief dan ekologi lainnya dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi penggunaan lahan, termasuk di dalamnya adalah akibat-akibat dari kegiatan manusia baik pada masa yang lalu maupun sekarang. Dinamika sosial ekonomi

yang terjadi dalam masyarakat akan berdampak terhadap penggunaan lahan. Faktor dominan yang paling kuat dapat mengubah suatu tutupan/penggunaan lahan adalah ekonomi.

Peningkatan penggunaan lahan tanaman semusim diduga karena meningkatnya permintaan pasar ataupun minat petani dalam mengelola lahan tanaman semusim. Tanaman semusim yang sering dijumpai di kawasan DAS Kali Lanang dan Kali Sari adalah jenis komoditas hortikultura (sayuran) dengan masa tanam hanya berkisar 4 bulan. Masa tanam yang singkat diduga menjadi alasan petani memilih tanaman semusim untuk ditanam di lahannya sehingga proses pengembalian modal produksi lebih cepat dibandingkan dengan komoditas non-semusim atau tahunan (Febriyandra dan Amri 2017). Selain itu, produk tanaman semusim lebih mudah untuk dipasarkan dan akan tetap banyak peminatnya karena merupakan konsumsi masyarakat sehari-hari.

### 8.3 Pergeseran dari Hutan Produksi ke Sistem Agroforestri

Luasan hutan produksi (HP) di Jawa Timur mencapai 782.772 hektar atau sekitar 2,7% dari total luasan HP di Indonesia (BPS 2021). Hutan produksi ini merupakan kawasan hutan yang dikelola untuk menghasilkan kayu maupun non kayu misalnya getah damar sebagai bahan turpentine. Selain sebagai penghasil kayu dan non kayu, hutan produksi juga berfungsi dalam konservasi tanah dan air, terutama di daerah-daerah berlereng (Nawir *et al.* 2008). Namun, upaya konservasi tanah dan air di lahan yang berlereng akan berhasil apabila memperoleh dukungan dari masyarakat lokal. Mengacu pada hal tersebut, maka masyarakat diizinkan untuk menanam tanaman sela (tanaman semusim atau tahunan) yang disisipkan di bawah tegakan pinus, suren, mahoni atau damar milik Perhutani, sehingga membentuk sistem tumpangsari atau agroforestri sederhana. Pilihan petani terhadap jenis tanaman pertanian yang ditanam di bawah tegakan dipengaruhi oleh pengalaman petani secara turun temurun. Budidaya tanaman semusim dilakukan di lahan-lahan yang agak terbuka dengan jumlah pohon yang berumur tua relatif lebih jarang, dan ada beberapa pohon yang sudah lapuk. Pada kondisi tersebut, cahaya matahari bisa masuk ke permukaan tanah dalam jumlah lebih banyak sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman pangan/sayuran. Meskipun demikian produktivitasnya tidak dapat menyamai produksi tanaman yang diperoleh dalam kondisi lebih terbuka.

Seperti disebutkan oleh de Foresta *et al.* (2000) bahwa agroforestri adalah sistem penggunaan lahan yang terbentuk dengan cara menanam pohon di lahan pertanian. Hal sebaliknya yang terjadi di kawasan hutan produksi seperti tersebut di atas adalah

menanam tanaman pertanian di lahan kehutanan. Kedua hal tersebut secara bertahap akan terjadi penggabungan komponen kehutanan, tanaman pertanian, bahkan peternakan (Hairiah *et al.* 2003, van Noordwijk 2021).

Di daerah pegunungan, agroforestri berbasis kopi menjadi pilihan petani. Kopi ditanam di bawah tegakan pohon penghasil kayu seperti pinus (*Pinus merkusii*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), suren (*Toona sinensis*) atau damar (*Agathis dammara*) di kawasan hutan produksi. Aktivitas masyarakat menanam kopi di lahan hutan produksi inilah yang dapat mendukung upaya konservasi tanah dan air karena adanya peran partisipasi masyarakat.

Selain skema kemitraan antara Perhutani dengan masyarakat, terjadi perubahan ke skema pengelolaan kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) yang dapat dijadikan contoh implementasi konsep multifungsi agroforestri yaitu sebagai penyedia area konservasi, penelitian dan pengembangan, pendidikan dan latihan, hutan produksi, dan hutan ekonomi (hutan yang mampu mendukung ketahanan pangan, dan secara bersamaan juga dapat menggerakkan geliat ekonomi lokal). Salah satu KHDTK yang dikelola secara bersama-sama antara masyarakat dan perguruan tinggi adalah Universitas Brawijaya Forest (UB Forest).

KHDTK UB Forest sebelumnya dikelola oleh Perhutani bersama masyarakat sekitarnya. Lahan tersebut sebagian besar ditanami pohon pinus dan mahoni (berumur sekitar 35 tahun pada saat pengamatan dilakukan). Selama lebih dari empat dekade, petani telah menanam berbagai tanaman komersial di bawah pohon pinus dan mahoni di lahan hutan produksi (Gambar 8.3.1) dalam program pengelolaan hutan rakyat bersama masyarakat. Universitas Brawijaya memanfaatkan lokasi ini sebagai kegiatan riset/penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Pengelolaan KHDTK UB Forest secara rinci disajikan dalam Box 8.3.1.



**Gambar 8.3.1** Model budidaya tanaman pangan/sayuran di bawah tegakan pinus di kawasan hutan produksi (Sumber foto: R.M. Ishaq)

### *Box 8.3.1 Pengelolaan KHDTK di UB Forest, Kabupaten Malang*

Visi dan misi Universitas Brawijaya dalam mengelola KHDTK UB Forest sedikit berbeda dengan Perum Perhutani yang lebih mengedepankan aspek hasil kayu. Perum Perhutani menggarap hutan sebagai perusahaan yang berorientasi profit, sedangkan UB Forest saat ini adalah hutan pendidikan, penelitian, pelatihan dan pengabdian. Strategi pengelolaan UB Forest yang telah dikembangkan yaitu: (a) mengoptimalkan kewenangan dan posisi tawar KHDTK UB Forest untuk pengelolaan hutan dan lingkungan, (b) pengelolaan KHDTK UB Forest harus fokus pada penguatan kerjasama nasional dan internasional dengan sasaran pendidikan, penelitian, dan pengembangan masyarakat (Tridharma Perguruan Tinggi), selain mengembangkan industri hasil hutan dan lingkungan, (c) peningkatan dukungan dari pemerintah daerah dan pusat, dan dari pemangku kepentingan lainnya untuk penggalangan dana dan pengelolaan yang berkelanjutan, (d) peningkatan teknologi dan informasi, (e) pengelolaan UB Forest mengikutsertakan peran masyarakat di dalam dan sekitar hutan. (f) pemberdayaan masyarakat. Aktivitas petani selama bekerja di hutan berbeda antara perusahaan hutan negara/Perum Perhutani dan KHDTK UB Forest. Pada masa Perum Perhutani, para petani yang terlibat dalam hutan menggarap lahan hutan, sedangkan pada pengelolaan KHDTK UB Forest lebih banyak ditekankan pada peningkatan pemberdayaan masyarakat dan dalam penelitian (Kustanti 2010). Jumlah petani yang terlibat dalam pengelolaan KHDTK UB Forest saat ini sebanyak 824 orang.

Pengalihan pengelola KHDTK UB Forest dari Perum Perhutani ke Universitas Brawijaya menyiratkan adanya perbedaan visi dan misi. Namun demikian, keterlibatan petani tetap berjalan dalam UB Forest sebagai pengelola baru dan mendapatkan keuntungan dari hasil hutan bukan kayu (HHBK) seperti pisang, kopi, talas, sayur-sayuran, alpukat, jeruk dan sebagainya.

## **8.3.1 Sejarah Pengelolaan Hutan KHDTK UB Forest**

Hutan yang terdapat di Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang telah ada dan dikelola oleh Belanda pada zaman penjajahan Belanda (1800-1942), yang menamakan pengelolanya dengan sebutan 'jawatan' (Gambar 8.3.2). 'Jawatan' telah lama berperan di Indonesia hingga akhirnya tidak beroperasi lagi ketika Indonesia menyatakan merdeka pada tahun 1945. Pasca kemerdekaan, tahun 1961 Indonesia mendirikan Perhutani sebagai perusahaan milik negara yang khusus mengelola wilayah hutan. Perhutani kala itu membutuhkan waktu yang lama untuk mengeksplorasi hutan yang ada di Indonesia. Tahun 1960an, Perhutani masuk daerah Kabupaten Malang di bawah koordinasi dari



Kesatuan Pemangku Hutan (KPH) Malang, hingga akhirnya masyarakat menyadari bahwa pada tahun itulah mulai ada pihak pengelola hutan yang baru. Tanaman-tanaman yang dibudidayakan pada awal mula masa kepengurusan Perhutani berupa akasia (*Acacia* sp.) sebagai tanaman utama. Hingga akhirnya pada tahun 1970-an Perhutani memutuskan untuk mengganti tanaman tegakan pokok dari akasia (*Acacia* sp.) menjadi pinus (*Pinus merkusii*) dan mahoni (*Swietenia mahagoni*). Di sela-sela pinus tersebut masyarakat memanfaatkan lahan dengan menanam tanaman sayur atau yang lainnya sesuai dengan daya dukung lahan yang ada.



**Gambar 8.3.2** Sejarah pengelolaan kawasan hutan produksi di kaki Gunung Arjuno-Welirang

Pada tahun 2015–2016, sebagian kawasan hutan produksi (544 ha) mulai diajukan untuk beralih status menjadi KHDTK. Pada tahun 2019 kawasan tersebut secara resmi dikelola oleh Universitas Brawijaya dengan SK penetapan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), yang selanjutnya lebih dikenal dengan UB Forest. KHDTK UB Forest terletak di lereng Gunung Arjuno, pada posisi geografis  $7^{\circ}49'300'' - 7^{\circ}51'363''$  LS dan  $112^{\circ}34'378'' - 112^{\circ}36'526''$  BT, di ketinggian tempat berkisar antara 800–1.200 mdpl. Lokasi ini dapat dicapai dengan perjalanan darat dari Kota Malang ke arah barat menuju Kota Batu lebih kurang 45 menit. Wilayah ini dibagi menjadi tiga wilayah desa yaitu Tawangargo, Donowarih dan Bocek/Ngenep. KHDTK UB Forest termasuk dalam DAS Kali Sari dan berada di lereng tengah Gunung Arjuno bagian selatan. Kawasan UB Forest dibagi menjadi: kawasan hutan lindung dan kawasan hutan produksi

### 1 Kawasan hutan lindung

Di dalam hutan lindung yang berada di UB Forest terdapat jenis pohon dan semak endemik, antara lain:

- a. Kelompok pohon: gintungan (*Bischoffia javanica*), dadap (*Erythrina litosperma*), anggrung (*Trema orientalis*), beringin (*Ficus benjamina*), kersen (*Muntingia calabura*), gondang (*Ficus variegata*), tepus (*Etlingera solaris*), puspa (*Schima wallicii*), eukaliptus (*Eucalyptus* spp.), durian (*Durio zibethinus*), alpukat (*Persea americana*), sukun (*Artocarpus altilis*);

- b. Kelompok rumput dan semak/perdu seperti: bambu (*Bambusa* spp.), pakis (*Cycas* spp.), dan kaliandra (*Calliandra calothyrsus*).

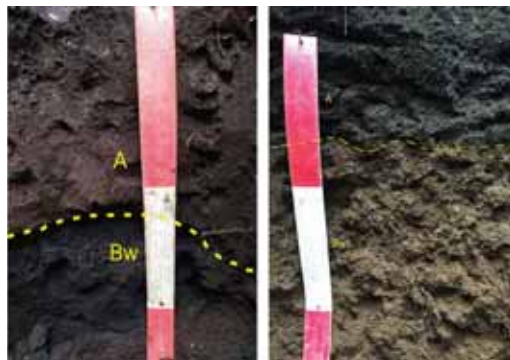
## 2 Hutan produksi

Kawasan hutan produksi memiliki formasi vegetasi yang berbeda, antara lain jenis pohon industri kayu, perkebunan dan pertanian. Jenis kayu yang dikelola oleh UB Forest yaitu pinus (*Pinus merkusii*) dan mahoni (*Swietenia macrophylla*) dalam sistem agroforestri yang dikombinasikan dengan tanaman pertanian/perkebunan yang dikelola oleh petani, seperti kopi (*Coffee robusta*, *Coffee arabica*), talas (*Colocasia esculenta*), singkong (*Manihot esculenta*), wortel (*Daucus carota*), cabai (*Capsicum annum*), labu siam/manisah (*Sechium edule*), pisang (*Musa parasidica*), temulawak (*Curcuma longa*), jahe (*Zingiber officinale*), dan sebagainya.

### 8.3.2 Karakteristik Tanah di Kawasan KHDTK

---

Ordo tanah di lahan agroforestri UB Forest yang terletak di lereng selatan Gunung Arjuno tergolong Inceptisol (terindikasi tanah muda dan baru berkembang), dicirikan oleh horizon kambik dengan sub kelompok dominan Andic Humudept. Sekitar 74% dari seluruh lahan UB Forest termasuk dalam sub kelompok Andic Humudepts (Kurniawan *et al.* 2019) (Gambar 8.3.3). Tekstur tanah didominasi oleh partikel debu dengan kelas tekstur tanah lempung berdebu 55% di kedalaman 0-0,5 m, sedangkan pada kedalaman 0,5 - 1,0 m sebesar 40%.

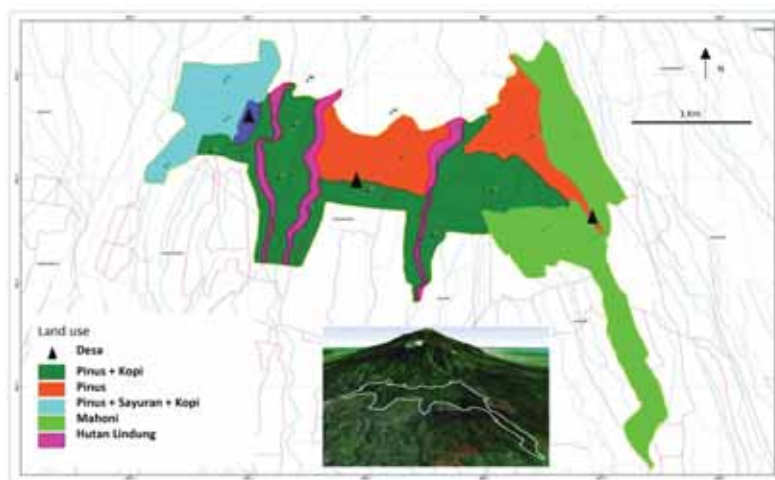


Gambar 8.3.3 Kondisi profil tanah di KHDTK UB Forest (A = topsoil- BW= sub soil) (Sumber foto: A.N. Putra 2016)

Tanah yang terbentuk dari bahan andik atau abu vulkanik umumnya memiliki kandungan debu yang tinggi dengan kandungan C organik dan N total yang tinggi, masing-masing sebanyak 5-10% C dan 0,3-0,7% N. Tanah yang terbentuk dari abu vulkanik di wilayah tersebut juga dicirikan oleh berat isi tanah yang rendah ( $< 1 \text{ g/cm}^3$ ). Kurniawan *et al.* (2019) melaporkan bahwa tanah di sebagian besar lokasi UB Forest memiliki BI rendah (rata-rata  $0,6 - 0,9 \text{ g/cm}^3$ ) pada kedalaman 0 hingga 0,3 m. Reaksi tanah di kedalaman 0-10 cm termasuk agak masam sampai masam, dengan kisaran pH antara 5,4 sampai dengan 6,3. Rendahnya nilai pH tanah telah membatasi ketersediaan P ( $0,8 - 2,1 \text{ mg/kg}$ ) bagi tanaman di setiap kedalaman. Rendahnya kandungan P tanah di UB Forest tidak hanya karena pH tanah rendah, tetapi juga dikarenakan tanah memiliki sifat andik yang mampu mengikat P di dalam tanah sehingga menjadi tidak tersedia karena adanya mineral alofan.

## 8.4 Struktur dan Permasalahan di Kawasan Agroforestri KHDTK UB Forest

Masyarakat yang tinggal di sekitar KHDTK UB Forest bergantung pada hasil hutan dari tanaman pangan/sayur yang ditanam di bawah tegakan kayu milik Perhutani seperti halnya masyarakat yang tinggal di lereng Gunung Arjuno. Petani menyisipkan tanaman atau pohon di bawah tegakan kayu milik Perhutani seperti pinus (*Pinus merkusii*) maupun mahoni (*Swietenia mahagoni*). Petani cenderung menyisipkan tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti kopi, jahe, kunyit, talas, maupun sayuran seperti sawi, kubis, wortel, maupun labu siam, sehingga struktur agroforestri yang berada di kawasan Gunung Arjuno merupakan agroforestri sederhana. Sebaran spasial sistem agroforestri di KHDTK UB Forest ditampilkan dalam Gambar 8.4.1.



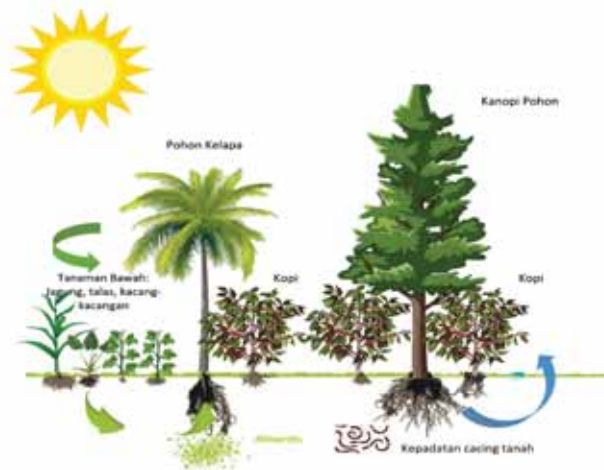
**Gambar 8.4.1** Sebaran sistem agroforestri dan hutan lindung di UB Forest di kaki Gunung Arjuno (Sumber data: Sudarto *et al.* 2016)

Permasalahan agronomi yang muncul di kawasan UB Forest adalah: kondisi naungan dari pohon penghasil kayu (*timber*) yang terlalu rapat menyebabkan produksi kopi terus menurun. Produksi biji kopi berkisar 0,2- 0,4 ton/ha, sementara produksi biji kopi nasional berkisar antara 0,8 hingga 1,2 ton/ha (Tania *et al.* 2019). Tingkat pencahayaan yang masuk ke lahan sangat dipengaruhi oleh umur pohon pinus terkait dengan tingkat naungannya. Semakin tua umur pinus, tinggi pohon semakin menjulang dengan kerapatan kanopi pinus sangat besar, sehingga kondisi lahan semakin gelap. Akibatnya, banyak lahan kopi yang tidak terawat karena tidak dikelola dengan baik, terutama di lahan dengan umur tanaman pinus di atas 25 tahun (Gambar 8.4.2).



**Gambar 8.4.2** Kondisi lahan agroforestri kopi yang gelap di UB Forest dengan umur tegakan pinus > 25 tahun (Sumber foto: R.M. Ishaq)

Tanaman kopi memerlukan cahaya sekitar 50% agar menghasilkan produksi kopi yang optimal. Oleh karena itu, pada penanaman kombinasi pohon kopi dengan pinus masih bisa disisipkan jenis tanaman lain seperti pisang, kelapa ataupun tanaman bermanfaat lainnya sehingga membentuk sistem agroforestri yang lebih kompleks (Gambar 8.4.3). Semakin beragam jenis tanaman dalam sistem agroforestri maka akan bermanfaat untuk menjaga diversitas dan fungsi organisme tanah beserta jasa lingkungannya serta meningkatkan efisiensi serapan air dan hara dan mengatur emisi karbon.



**Gambar 8.4.3** Konsep agroforestri kopi dengan tanaman penanang yang sesuai

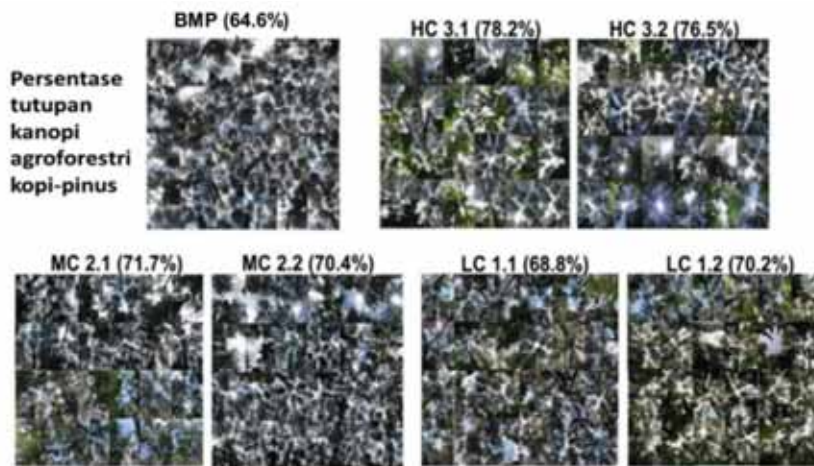
Guna meningkatkan pendapatan petani dari hasil kopi maka perlu dilakukan manajemen cahaya yang masuk sekitar 50%, sehingga diharapkan jumlah pembungaan kopi meningkat, prosentasi *fruit set* naik dengan ukuran biji kopi menjadi lebih besar dan berat. Demikian pula biomasa pohon kopi (diameter batang, jumlah daun, dll) juga meningkat sehingga berpotensi meningkatkan produktivitas kopi per luasan lahan yang ada, karena proses fotosintesis berlangsung lebih optimal. Salah satu contoh hasil penelitian tentang manajemen cahaya di UB Forest ditampilkan dalam Box 8.4.1.

#### Box 8.4.1. Manajemen kanopi pohon penanang kopi dalam sistem agroforestri di UB Forest

Manajemen lahan yang dilakukan oleh petani di area UB Forest berbeda-beda karena pengetahuan ekologi lokal yang dimiliki maupun pengalaman bertani yang berbeda pula. Tegakan yang telah ada adalah pinus berumur > 35 tahun, sedangkan pohon kopi baru berumur 3–4 tahun. Jumlah pohon pinus berkisar 30% – 50% dari total pohon kopi yang ada (1500 – 2500 pohon/ha). Berdasarkan kerapatan kanopi pohon dan manajemen lahan agroforestri pinus + kopi yang dilakukan oleh petani terbagi dalam 3 kategori: (1) tingkat manajemen rendah (LC = *low management*), (2) sedang (MC = *medium management*), dan (3) tinggi (HC = *high management*). Kategori LC tidak dikelola sama sekali (jumlah tanaman kopi 1610 pohon/ha dengan jumlah pinus separuhnya, tidak ada usaha pemupukan maupun pemangkasan sehingga pohon tumbuh menjulang tinggi/etiolasi), MC (jumlah kopi 1490 pohon/ha dengan jumlah pinus separuhnya, pemangkasan pohon kopi hanya dilakukan sekali saat kopi umur

3-4 tahun saja, lahan tidak pernah dipupuk), sedangkan HC ada perawatan (dilakukan pemangkasan sudah 2 x, pemupukan dilakukan rutin setiap tahunnya). Sebagai unit percontohan/plot kontrol terdapat plot *best management practices* (BMP) dimana kanopi pohon penayang tidak terlalu rapat karena ada penjarangan (jumlah pinus 383 pohon/ha jumlah pohon kopi 2454 pohon/ha, pemupukan dan pemangkasan dilakukan sekali setiap tahunnya).

Ditinjau dari tutupan kanopi pohon pinus sebagai penayang kopi, tutupan kanopi di plot BMP lebih terbuka (64%), sedangkan untuk HC (77%), plot MC (70%) dan LC (79%) memiliki tutupan kanopi sangat rapat (Gambar 8.4.4).



Gambar 8.4.4 Model tutupan kanopi pada sistem agroforestri kopi dan pinus

Tanaman kopi sangat sensitif terhadap sinar matahari langsung dengan suhu  $> 25^{\circ}\text{C}$ , oleh karena itu tanaman kopi membutuhkan naungan. Menurut Bote dan Struik (2011), tanaman kopi akan tumbuh ideal dengan sedikit naungan dengan intensitas cahaya sekitar 557 lux. Hal tersebut akan menghasilkan index luas daun (LAI  $3,8 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ) lebih besar dari pada tanaman kopi tanpa naungan (intensitas cahaya 1193 lux) dengan LAI  $2,8 \text{ m}^2/\text{m}^2$ . Oleh karena itu, hasil fotosintesis menjadi lebih besar dan diikuti dengan peningkatan pertumbuhan dan produksi biji yang lebih besar dari pada di tempat tanpa naungan.

Di lahan dengan tutupan kanopi yang terlalu rapat, temperatur tanah cenderung rendah karena jumlah cahaya matahari yang mencapai permukaan tanah berkurang akibat terhalang oleh tutupan kanopi (Zul *et al.* 2013). Kondisi tersebut akan menimbulkan

permasalahan kompetisi air, hara dan cahaya antar tanaman yang memicu meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman budidaya. Oleh karena itu, manajemen cahaya perlu dilakukan dengan jalan penjarangan kanopi pohon atau pemangkasan cabang yang sudah tidak produktif lagi. Namun, penjarangan pohon dengan jalan menebang pohon penayang di kawasan hutan tidak diperbolehkan, sehingga tim peneliti UB memilih untuk melakukan pemangkasan cabang-cabang pohon pinus dan kopi yang tidak produktif (*Gambar 8.4.5*).

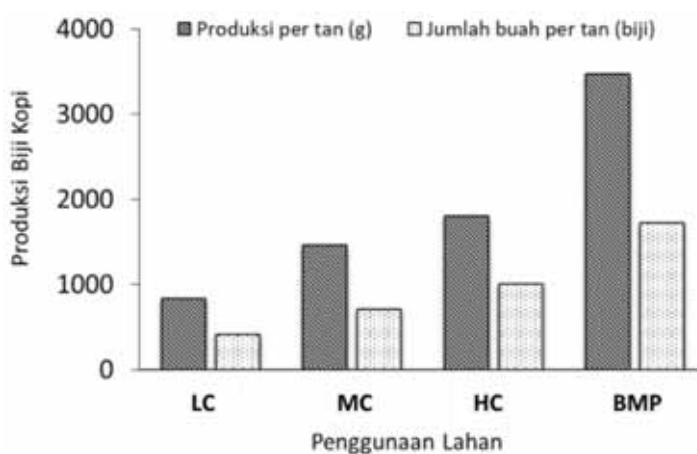


**Gambar 8.4.5** Kondisi lahan agroforestri kopi yang tidak terawat dengan masalah hama dan penyakit, dilakukan pemangkasan untuk meningkatkan intensitas cahaya yang masuk (Sumber foto: R.M. Ishaq, 2019)

Pemangkasan cabang tidak produktif dari pohon penayang kopi oleh petani bertujuan untuk mengurangi tingkat kerapatan naungan, sehingga memungkinkan sinar matahari dan air hujan masuk mencapai permukaan tanah (Tian *et al.* 2010). Pohon penayang dalam budidaya tanaman kopi berperan untuk menunjang keberlanjutan usahatani kopi, yaitu mempertahankan produksi dalam jangka panjang (> 20 tahun) dan mengurangi kelebihan produksi (*overbearing*) dan cabang mati (DaMatta *et al.* 2007).

Pengaruh pohon penayang terhadap tanaman kopi antara lain: (1) memperlambat pematangan buah, (2) meningkatkan luas daun dan jumlah cabang bawah, (3) menurunkan jumlah produksi dompolan buah per cabang, dan (4) meningkatkan jarak antar dompolan dan jumlah daun per cabang. Tanaman kopi arabika dengan naungan menghasilkan biji lebih berat (148 g/1000 biji) dibandingkan tanpa naungan (134 g/1000 biji) dan kualitas biji yang lebih baik (Bote & Struik 2011). Sementara dalam tanaman kopi tanpa naungan (kopi monokultur), terjadi peningkatan jumlah cabang/ranting yang mati sehingga produksi biji kopi menurun (Ricci *et al.* 2011).

Panen kopi biasanya dimulai pada Bulan Agustus hingga Oktober. Produksi biji kopi di UB Forest tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan produksi biji kopi nasional. Rerata produksi pada semua plot hanya 1950 g/tanaman atau setara 0,6 ton/ha. Produksi biji kopi terendah dalam plot *low management* (LC), yaitu 800 g/tanaman setara dengan 0,25 ton/ha) (Gambar 8.4.6). Produksi pada *medium management* (MC) dan *low management* masing-masing sebesar 1400 g/tanaman dan 1800 g/tanaman setara 0,5 ton/ha. Sementara, produksi tertinggi ditemukan dalam plot BMP, 3800 g/tanaman atau setara 1,2 ton/ha. Hal tersebut menjadi latar belakang adanya kegiatan penelitian pemangkasan cabang pohon pinus untuk meningkatkan cahaya matahari yang masuk agar tanaman kopi tumbuh optimal dan produksi biji kopi meningkat.



**Gambar 8.4.6** Produksi biji kopi dari berbagai tingkat manajemen agroforestri kopi dengan naungan pinus. LC: *Low coffee magement*, MC: *Medium coffee management*, HC: *High coffee management*, BMP: *Best management practices*

### 8.4.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kopi

Produksi biji kopi dalam sistem agroforestri di kawasan hutan produksi belum bisa maksimal, bahkan hanya 20% dari produksi optimal. Produksi tanaman kopi ditentukan oleh banyak faktor, antara lain:

- a. Kondisi naungan pohon kopi. Tingkat tutupan pohon penayang merupakan faktor utama dalam sistem agroforestri, contoh pohon penayang seperti pinus dan mahoni. Dalam sistem agroforestri, pertumbuhan pohon penayang yang telah mencapai pertumbuhan maksimum bisa mencapai umur tumbuh hingga 50 - 60 tahun. Pada kondisi tersebut tingkat tutupan kanopi pohon terlalu rapat (60-70%), sehingga masukan sinar matahari yang menjadi energi utama untuk produksi kopi menjadi terlalu rendah.



- b. Kondisi tanah. Tanah yang berkembang di kawasan vulkanik memiliki beberapa keterbatasan antara lain pH tanah masam dan kadar P tersedia rendah, kandungan Al/Fe/Si tinggi, ikatan antar partikel rendah, porositas tinggi dan pencucian hara tinggi sehingga tanah masih belum bisa mendukung kebutuhan tanaman secara optimal. Oleh karena itu, perlu dipersiapkan dengan matang strategi pengelolaan kesuburan tanah yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan kondisi tanahnya.
- c. Aktivitas mikroorganisme bergantung pada masukan bahan organik ke dalam tanah. Bahan organik pada kebun kopi dengan naungan pinus sudah mencapai tahapan jenuh, berada pada level yang tinggi (6-10%). Pada kondisi ternaungi dan kelembaban tanah tinggi, maka proses dekomposisi bahan organik baru cenderung lebih lambat karena aktivitas beberapa mikroorganisme terhambat terutama *aerobic microorganism* atau yang tidak bisa bertahan pada pH rendah
- d. Serangan hama dan penyakit terhadap tanaman kopi. Rendahnya produksi tanaman kopi sering dipengaruhi oleh organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan OPT dari serangga hama dan organisme penyebab penyakit dapat merugikan secara ekonomis, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Serangan OPT terjadi pada tanaman dewasa dan tanaman pembibitan. Hama pada tanaman kopi adalah penggerek buah kopi, penggerek batang merah, penggerek cabang dan ranting, kutu hijau, dan wereng pucuk daun (*Sanurus indecora*). Penyakit tanaman kopi dibagi atas: (1) penyakit yang disebabkan oleh jamur, yaitu karat daun, bercak daun, jamur upas, jamur akar, kanker belah, penyakit rebah batang, dan (2) penyakit yang disebabkan oleh nematoda.

## 8.5 Manfaat Agroforestri bagi Masyarakat dan Lingkungan

Keberlanjutan lansekap sebagai penyedia jasa lingkungan tidak hanya ditentukan oleh keberhasilan dari aspek biofisik (air, biodiversitas dan karbon), namun sangat dipengaruhi oleh aspek asyar dan ekonomi. Alih guna tutupan dan penggunaan lahan menyebabkan berubahnya komposisi dan atau struktur lansekap atau munculnya suatu masalah pada salah satu aspek akan menyebabkan interaksi menjadi terganggu.

Agroforestri memiliki fungsi utama yaitu fungsi asyar-ekonomi dan fungsi lingkungan. Fungsi lingkungan berupa komponen yang tidak terpisahkan dari asyarakaty yaitu fungsi hidrologi, ekologi, dan konservasi. Komponen tanaman sebagai penyusun asyarakaty cukup beragam dan kerapatan populasi tinggi, dengan lapisan seresah yang tebal sehingga dapat mempertahankan fungsi sebagai penyangga dan filter terhadap kejadian-kejadian ekstrem di era perubahan iklim, baik di tingkat lahan maupun lanskap.

Dalam asyarakaty kopi pohon penaung dapat memberikan jasa penyedia (*provisioning services*) bagi petani seperti buah-buahan, kayu, pakan untuk ternak; memberikan jasa regulasi berupa penyimpanan karbon dalam tanah untuk waktu yang lama, penyimpanan, pengisian (*recharge*) dan pelepasan (*discharge*) air tanah; dan memberikan jasa penunjang (*supportive services*) dalam mempertahankan cadangan karbon tanah, rantai makanan organisma tanah sehingga ekosistem menjadi lebih stabil.

### 8.5.1 Penyediaan kebutuhan manusia

---

Dalam hal pemenuhan kebutuhan pokok, asyarakat yang tinggal di daerah hutan cenderung menanam tanaman/pohon untuk memenuhi kebutuhannya sendiri, bila ada kelebihan produk baru dijual. Mendez & Bacon (2006) melaporkan banyak macam produk dari lahan agroforestry kopi seperti bahan bangunan, kayu bakar, buah-buahan, tanaman obat, sayuran seperti halnya manfaat yang disediakan oleh hutan.

Petani di wilayah Gunung Arjuno cenderung menanam tanaman semusim (misalnya sayuran) karena memiliki umur panen yang pendek. Namun, tidak sedikit pula petani yang menanam tanaman kopi di bawah tegakan pohon pinus atau mahoni milik Perhutani, karena perawatan tanaman kopi lebih mudah dan petani tidak perlu bekerja di lahan setiap hari. Selain itu, petani juga menanam rumput gajah untuk pakan ternaknya (Gambar 8.5.1).



**Gambar 8.5.1** Petani menyisipkan tanaman sayur (kubis) (A) dan rumput gajah untuk pakan ternak (B) di bawah tegakan pinus (Sumber foto: R.M. Ishaq)

Mendez & Bacon (2006) menyatakan bahwa sistem agroforestri kopi yang dikembangkan dengan keanekaragaman jenis pohon memberikan produk yang bermacam-macam yang bermanfaat bagi manusia seperti kayu bakar, buah-buahan, rempah, tanaman obat dan bahan bangunan, bahkan tanaman hias seperti halnya manfaat yang disediakan oleh hutan.

Petani kopi di daerah Gunung Arjuno menjual hasil panen kopi dalam bentuk 'gelondong' atau biji basah maupun 'ose' (Gambar 8.5.2 dan Gambar 8.5.3) dalam bentuk biji kering. Petani menyisihkan 25-50 kg biji kopi kering untuk dikonsumsi sendiri, setelah itu sisanya dijual.



Gambar 8.5.2 Petani menanam tanaman kopi di bawah tegakan pinus (A), hasil panen kopi diolah sendiri (B), rumput gajah yang ditanam di bawah tegakan pinus untuk pakan ternak (C dan D) (Sumber foto: M.O. Mardiani)



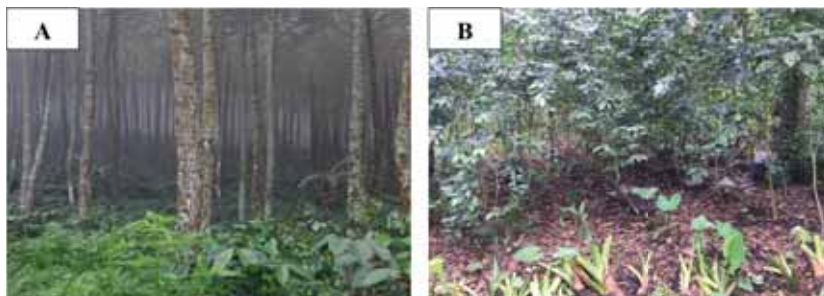
Gambar 8.5.3 Pengelolaan biji kopi yang dilakukan oleh petani agroforestri kopi di UB Forest (Sumber foto: Kurniatun Hairiah, 2008)

## 8.5.2 Pengaturan lingkungan

### a. Hidrologi lahan

Secara fisik, agroforestri mempunyai susunan kanopi tajuk yang berjenjang (kompleks) dengan karakteristik dan kedalaman perakaran yang beragam, sehingga agroforestri merupakan teknik yang ditawarkan untuk adaptasi terhadap pemanasan global melalui perannya dalam mengurangi longsor, limpasan permukaan dan erosi, kehilangan hara lewat pencucian dan mempertahankan biodiversitas flora dan fauna tanah (Hairiah *et al.* 2008). Keputusan petani dalam menentukan jenis pohon yang akan ditanam di lahan miliknya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: biofisik pohon, bentang alam dan iklim, serta keadaan sosial ekonomi. Petani juga mengharapkan keberadaan pohon penabung sebagai penambah kesuburan tanah karena naungan yang lebar menghasilkan seresah yang berguna sebagai humus bagi tanah.

Tajuk pohon dalam agroforestri dapat mengintersepsi dan menyimpan sejumlah air hujan dalam bentuk lapisan tipis air (*waterfilm*) di permukaan daun dan batang, selanjutnya menguap (evaporasi) sebelum jatuh ke tanah dan mengalami proses infiltrasi (Noordwijk *et al.* 2004). Hancurnya partikel tanah akibat pukulan air hujan akan menyumbat pori tanah makro, sehingga menghambat infiltrasi tanah, akibatnya limpasan permukaan akan meningkat (Hani 2013). Pada kondisi tersebut keberadaan lapisan seresah yang tebal akan sangat membantu. Namun demikian, ketebalan lapisan seresah sangat dipengaruhi oleh ketahanannya terhadap pelapukan. Seresah tanaman berkualitas tinggi dengan kadar N tinggi, rendah, akan mudah terlapuk, sehingga fungsinya sebagai penutup tanah tidak bertahan lama di lahan (Gambar 8.5.4).



**Gambar 8.5.4** Tajuk pohon dalam sistem agroforestri kopi berbasis mahoni di lereng Gunung Arjuno (A), lapisan seresah di permukaan tanah tergolong tebal menyebabkan tanah gembur dan lembab (B) (Sumber foto: M.O. Mardiani)

## b. Erosi Lahan

Akhir-akhir ini sering terjadi intensitas curah hujan yang sangat ekstrem, menyebabkan limpasan permukaan dan erosi bahkan berpotensi besar terjadi longsor. Di kawasan KHDTK UB Forest juga terjadi erosi yang dapat membawa lapisan tanah yang subur di lereng bagian atas ke bagian yang lebih bawah, dan di beberapa kawasan terjadi *gully erosion* (erosi parit) (Gambar 8.5.5) dimana di permukaan tanah sudah terdapat celah menganga yang sulit tertutup karena aliran air hujan telah menggerus tanah sampai kedalaman tertentu.

Sebagian besar bencana longsor yang ada di kawasan KHDTK UB Forest terjadi akibat adanya pohon-pohon yang mati karena kebakaran hutan, sehingga pohon tumbang terdorong air limpasan dari atas dan terjadi longsor karena sudah tidak memiliki jangkarnya lagi (Gambar 8.5.5).



**Gambar 8.5.5** Gambar 8.5.5. *Gully erosion* atau erosi parit (Sumber foto: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gully> dan <https://www.sciencesource.com/1392680-severe-gully-erosion.html>)



**Gambar 8.5.6** Kejadian erosi parit di kawasan KHDTK UB Forest, pohon tumbang meluncur ke bawah dan menyumbat parit/sungai sehingga memicu terjadinya banjir bandang dan longsor (Sumber foto: Staf UB Forest)

Sistem agroforestri mampu menahan laju erosi yang terjadi di kawasan tersebut yang ditunjukkan dengan menurunnya jumlah sedimen yang dihasilkan di UB Forest. Berdasarkan hasil simulasi penghitungan menggunakan model INVEST, jumlah sedimen yang dihasilkan di lahan hutan atau agroforestri antara 25–50 kg/m<sup>2</sup>/th (Yulistyarini 2013). Namun, jika lahan tersebut dialih gunakan menjadi lahan kopi monokultur atau lahan pertanian dengan tanaman semusim sebagai tanaman utamanya, maka sedimentasinya meningkat menjadi 100–150 kg m<sup>-2</sup> th<sup>-1</sup>.

### c. Cadangan Karbon

Lanskap sebagai *sequester* karbon berperan sangat penting dalam mitigasi CO<sub>2</sub> dan gas rumah kaca lainnya. Hal ini tergantung pada komposisi dan struktur lansekap yang ditunjukkan oleh luasan tutupan lahan seperti hutan alami dan lahan pertanian berbasis pepohonan (Lal 2008). Akhir-akhir ini tim peneliti FP-UB melakukan pengukuran cadangan C di agroforestry di kawasan hutan lindung dan berbagai macam agroforestry di Kawasan hutan di DAS Kali Lanang dan Kali Sari yang berada di lereng selatan Gunung Arjuno. Cadangan C di agroforestri di kawasan hutan lindung mencapai 250 ton/ha yaitu 75% lebih tinggi dari agroforestri di kawasan hutan produksi (rerata 197 ton/ha). Cadangan C di hutan produksi (pinus umur 10–20 tahun) sebesar 104 ton/ha, lebih rendah dari pada cadangan C di lahan tanaman semusim dimana beberapa pohon pinus yang ada tetap dipertahankan (rata-rata 122 ton/ha). Namun demikian sebagian besar cadangan carbon tersebut (79%) berasal dalam tanah (akar dan tanah sedalam 0–30 cm). Hal tersebut merefleksikan bahwa manajemen lahan oleh petani dengan menambahkan pupuk organik (kompos/maupun pupuk kandang) berperan sangat penting tidak hanya untuk produksi tanaman tetapi juga untuk mempertahankan cadangan C tanah.

Penanaman pepohonan di lahan pertanian dalam sistem agroforestri, hutan rakyat, atau perkebunan diharapkan mampu meningkatkan keberlanjutan lanskap dengan meningkatkan cadangan C untuk waktu yang lama. Namun demikian, setiap sistem penggunaan lahan memiliki kemampuan menyimpan C yang berbeda-beda tergantung dari manajemen lahan, sehingga hal tersebut sangat penting dalam proses pengambilan keputusan terkait dengan pemilihan sistem penggunaan lahan dan pemilihan jenis tanaman yang akan ditanam.

### 8.5.3 Pendukung untuk kehidupan lain

---

Layanan pendukung (*supportive services*) adalah proses alami yang menjaga dan mengatur jasa lingkungan lainnya, misalnya menjaga kesuburan tanah, fiksasi nitrogen, siklus air dan hara serta cadangan carbon. Dalam sistem agroforestri terdapat masukan seresah yang beraneka macam kualitas berpengaruh terhadap kelimpahan dan keanekaragaman cacing tanah sebagai "*ecosystem engineer*" (Lavelle *et al.* 1997) karena aktivitasnya menentukan struktur tanah. Tumpangsari tanaman kopi yang diintegrasikan dengan pohon penabung berkontribusi besar terhadap pemeliharaan kesuburan tanah (Megantara *et al.* 2015). Seresah gugur di permukaan tanah biasanya dibiarkan oleh petani untuk menjadi humus atau dimasukkan ke dalam rorak yang dibuat di lahan. Kondisi tanah di bawah lapisan seresah tebal relatif lebih lembab dari pada tanah yang terbuka tanpa lapisan seresah. Kondisi tanah lembab dan banyak bahan organik sangat bermanfaat untuk mempertahankan kerapatan cacing tanah yang tinggi, karena cacing tanah menyukai tempat sejuk, lembab dan banyak masukan seresah. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh manajemen lahan yang dilakukan oleh petani. Namun demikian, pengetahuan ekologi lokal (PEL) petani kopi tentang manfaat dan peran cacing tanah bagi lingkungan masih beragam (Box 8.5.1).

#### **Box 8.5.1 Peran Aktivitas Cacing Tanah menurut Pengetahuan Ekologi Lokal Petani Agroforestri Kopi (Mardiani *et al.* 2022)**

Pengetahuan ekologi lokal (PEL) dari petani agroforestri kopi di lereng Gunung Arjuno tentang manajemen lahan, pertanian maupun lingkungan diperolehnya secara turun temurun dari nenek moyang dan terus berkembang seiring waktu. Tingginya produksi kopi tentunya dipengaruhi oleh kualitas tanahnya, yang ditandai dengan tingginya kerapatan cacing tanah yang berkaitan erat dengan tingkat tutupan seresah yang ada.

Berdasarkan hasil wawancara dengan petani agroforestri kopi di KHDTK UB Forest, bahwa di daerah tersebut terdapat 4 jenis cacing tanah yang ditemui petani di lahan agroforestri kopi miliknya. Menurut petani 2 jenis cacing yang ada yaitu cacing tanah yang berukuran besar dan cacing tanah berukuran kecil (Gambar 8.5.7). Cacing tanah berukuran besar diklasifikasikan dalam 2 jenis yaitu cacing tanah yang berwarna coklat (Gambar 8.5.7A) dan cacing tanah berwarna coklat kemerahan (Gambar 8.5.7B). Petani menyatakan bahwa cacing tanah besar (Gambar 8.5.7A, B, C) merupakan cacing tanah yang menguntungkan.



**Gambar 8.5.7** Jenis cacing tanah menurut petani berdasarkan manfaatnya bagi kesuburan tanah: cacing menguntungkan (a, b, c), cacing merugikan karena memakan akar tanaman kopi (d) (Sumber foto: M.O. Mardiani)

Sebanyak 22% petani di UB Forest menyatakan bahwa cacing tanah merugikan karena memakan akar tanaman kopi, cacing tanah yang dimaksud petani adalah cacing tanah berwarna putih kemerahan berukuran kecil lembut dan bergerombol (Gambar 8.5.7) atau petani sering menyebutnya 'cacing kawat'. Petani di UB Forest menyebutkan bahwa cacing tanah merugikan karena aktivitas cacing tanah dapat memakan akar tanaman kopi, pergerakan cacing tanah membuat tanah semakin padat dan cacing tanah memakan tanah sehingga menyebabkan jumlah tanah menjadi berkurang. Petani melakukan pengendalian cacing kawat dengan jalan menyiramkan *detergent* atau kapur yang dilarutkan dalam air terlebih dahulu. Hal tersebut mungkin akan mengakibatkan stabilitas ekosistem tanah terganggu akibat hilangnya beberapa organisme tanah lainnya. Selain cacing tanah terdapat pula hewan tanah yang menurut petani merugikan dan membuat tanah tidak subur yaitu 'embug', ulat bumi, dan 'gayas'.

Adanya pengetahuan ekologi lokal (PEL) petani yang belum sesuai dengan pengetahuan ilmiah menyebabkan beberapa teknik manajemen lahan hasil penelitian kadang-kadang tidak diadopsi dan diimplementasikan oleh petani di lahannya, sehingga produksi tanaman yang diperoleh masih belum bisa optimal.



## 8.5.8 Mempertahankan budaya

Manfaat non-materi yang diperoleh manusia dari ekosistem disebut dengan 'layanan budaya', terkait dengan inspirasi estetika, identitas budaya, serasa rumah (*sense home*), dan pengalaman spiritual yang berkaitan dengan lingkungan alam. Biasanya terkait dengan peluang untuk pengembangan pariwisata dan rekreasi. Contoh menarik dari kaki Gunung Arjuno adalah mengangkat sejarah dari Situs Sumberawan (Stupa Sumberawan dan telaga mata air) yang berada di Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang (Box 8.5.2 dan **Error! Reference source not found.**).

### Box 8.5.2. Konservasi air dan budaya di sekitar Stupa Sumberawan berbasis kearifan lokal (Soka et al. 2021)

Stupa Sumberawan dibangun pada akhir era kerajaan Majapahit, yaitu sekitar abad ke-14 sampai 15. Penamaan *Toyomarto* berhubungan dengan kepercayaan warga sekitar bahwa air Sumberawan adalah *tirta amerta*. *Toyo* berarti air dan *marto* dari kata *amerta* berarti tidak mati alias hidup (Titisari 2016). Sumberawan berasal dari Bahasa Sanksekerta *bariawan/bhariwahana* yang berarti penunggang merak yaitu Sang Budha (Sunyoto 2000). Stupa Sumberawan berada di sisi selatan kaki Gunung Arjuno (Wurianto 2009) (Gambar 8.5.8). Letak Stupa Sumberawan sekitar 650 mdpl. Udara di situs Sumberawan terasa sejuk karena masih banyak pohon-pohon yang berukuran besar. Lokasi Stupa Sumberawan menunjukkan bahwa pada umumnya bangunan pemujaan roh nenek moyang berada di tempat yang tinggi (Marsudi 2015). Karena berasal dari gunung yang dianggap suci, maka mata air dan *kalen* (sungai dari aliran airnya) juga dianggap suci (Cahyono 2017). Begitupun sumber air yang terdapat di Situs Sumberawan yang berada di lereng Gunung Arjuno. Mata air Sumberawan merupakan sumber penyedia kebutuhan air bersih bagi masyarakat Desa Toyomarto (Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang) dan juga untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang lebih luas yang dikelola oleh PDAM.



Gambar 8.5.8 Stupa Sumberawan (Gambar A) (Sumber foto: M. van Noordwijk 2022), mata air Sumberawan (Gambar B) (Sumber foto: Syamsun 2017)

Di kawasan candi Sumberawan masyarakat memiliki dua konsep yaitu 'patirtan' dan 'panguripan' yang menunjukkan keterkaitan manusia dengan air. Dalam konsep 'patirtan' air dibutuhkan untuk upacara ritual keagamaan (Waisak dan Kejawen), upacara bersih desa dan slametan 'banyu' oleh masyarakat Desa Toyomerto. Sementara konsep 'panguripan' adalah penggunaan air untuk kepentingan keagamaan dan juga untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat (Titisari *et al.* 2017). Masyarakat Sumberawan mempunyai pengetahuan secara turun temurun dalam berinteraksi dengan lingkungannya secara arif, dimana mereka menggunakan air untuk kehidupan, mengairi sawahnya, keagamaan dan sebagainya.

Stupa dan telaga mata air yang ada di Sumberawan menjadi ruang berbagai aktivitas masyarakat. Warga sekitar memanfaatkan telaga mata air untuk memenuhi kebutuhan air bersih, mencuci, memancing, dan mengairi sawah. Sementara umat Budha melakukan ritual pradaksina di Stupa Sumberawan (Gambar 8.5.9). Stupa Sumberawan sendiri sampai saat ini memiliki makna yang beragam. Ada yang menyebut bahwa Sumberawan berarti: sumber dari hujan karena awan akan memberikan hujan. Selain itu, ada yang memaknai bahwa Sumberawan bermakna sumber yang rawan atau berarti wilayah yang sering konflik, bahkan ada yang memberikan arti Sumberawan adalah sumber rawa atau sumber air yang sangat besar.



**Gambar 8.5.9** Stupa Sumberawan yang menjadi salah satu sumber air penting (Sumber foto: cbsjatim 2023 <http://cagarbudayajatim.com>)

Ritual pradaksina merupakan salah satu ritual sederhana yang ditujukan terhadap suatu obyek yang dianggap suci. Umat Buddha menganggap acara ritual tersebut sebagai suatu penghormatan khusus kepada Triratna dan Pancasila Buddhis. Pengunjung yang datang ke Sumberawan cukup beragam, bagi penganut Kejawen melaksanakan ritual mandi suci pada malam Jumat Legi di telaga mata air, sementara wisatawan berkunjung ke Sumberawan dengan tujuan rekreasi.

Kawasan Candi Sumberawan memiliki potensi sumber daya air yang sangat melimpah dengan kualitas air yang bersih dan jernih. Sebagian besar tutupan lahan yang ada berbasis pepohonan berupa hutan produksi ataupun agroforestri, dan sawah. Lingkungan alam sekitar stupa Sumberawan masih terasa asri dikelilingi oleh hutan produksi dengan tanaman utama pinus (*Pinus merkusii*) dan bambu (*Gigantochloa apus*) yang menurut pengetahuan lokal warga sekitar dipercaya untuk menjaga ketersediaan air. Jenis-jenis tanaman yang terdapat di sekitar stupa Sumberawan adalah sengon (*Paraserianthes falcataria*), jati (*Tectona grandis*), dan jenis-jenis tanaman yang banyak digunakan untuk acara ritual adalah pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius*), maja (*Aegle marmelos*), pohon bendo (*Artocarpus elasticus*), teratai (*Nymphaea nouchali*), puring (*Codiaeum variegatum*), bunga mawar (*Rosa sp.*), andong (*Cordyline fruticosa*), bunga melati (*Jasminum sambac*), rumput gajah mini (*Axonopus compressus*). Namun demikian, tanpa adanya rencana penataan yang baik serta pemanfaatan sumberdaya di kawasan tersebut, maka kualitas dan nilai dari lanskap budaya dan sejarah tersebut akan menurun.

Kepedulian dalam pengelolaan konservasi mata air telah tertanam bagi sebagian besar masyarakat Desa Toyomarto. Tutupan vegetasi yang semakin rapat maupun pohon yang tetap dijaga kelestariannya dipercaya dapat menjaga kuantitas dan kejernihan air bagi masyarakat sekitar. Unikny pengelolaan air di mata air Sumberawan berbasis masyarakat melalui kelembagaan yaitu Himpunan Pengguna Pemakai Air (HIPPAM), sedangkan pemanfaatan air untuk kebutuhan masyarakat luar desa dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

## 8.6 Kesimpulan

Gunung Arjuno memiliki daya tarik tersendiri bagi para pendaki. Selain memiliki pemandangan yang indah, kawasan ini memiliki sumber mata air yang masih terjaga. Sumber mata air yang masih terjaga dengan baik tak lepas dari peran vegetasi pohon yang ada di wilayah Gunung Arjuno. Hal tersebut tidak lepas dari peran masyarakat lokal dan pemerintah daerah setempat, yang mengizinkan masyarakat setempat untuk menanam pohon/tanaman di bawah tegakan pinus dan mahoni milik Perhutani. Aktivitas masyarakat penggarap lahan secara tidak langsung turut menjaga kelestarian pohon di wilayah Gunung Arjuno.

Petani setempat memanfaatkan lahan hutan produksi milik Perhutani untuk meningkatkan pendapatan dengan jalan menanam jenis tanaman yang tahan naungan. Petani memiliki pengetahuan yang diperoleh secara turun temurun dalam mengelola

kebun kopi dan kesuburan tanahnya, namun demikian masih ada beberapa kesenjangan dengan pengetahuan ilmiah yang masih harus dijumpai melalui penelitian yang relevan dan melibatkan petani di dalamnya.

Adanya KHDTK kawasan lereng Gunung Arjuno yang melibatkan universitas untuk memfasilitasi Pendidikan dan penelitian terkait dengan manajemen lahan agroforestri kopi yang berkelanjutan, telah membangkitkan kembali ketertarikan masyarakat untuk meningkatkan produksi kopi di lahannya. Pemangkasan cabang-cabang mati dari pohon pinus sangat penting dilakukan untuk mengatur intensitas cahaya yang sesuai dengan kebutuhan tanaman kopi sehingga produksi biji kopi meningkat.



## Bab 9.

# AGROFORESTRI KHAS GUNUNG SEMERU

*Syahrul Kurniawan, Kurniatun Hairiah, Eka Purnamasari, Gabryna Auliya Nugroho*

## 9.1 Pengantar

Mahameru dikenal juga dengan Gunung Semeru. Gunung megah nan gagah dengan ketinggian 3676 mdpl ini merupakan gunung berapi tertinggi di Jawa dan ketiga di Indonesia. Tidak heran bila Gunung Semeru merupakan salah satu destinasi terfavorit bagi para pendaki gunung. Dibalik kegagahannya, Semeru telah berulang kali meletus dengan memuntahkan aneka material vulkanik yang memakan banyak kurban manusia, hewan dan merusak lahan-lahan pertanian serta pemukiman yang ada di sekitarnya. Semeru memuntahkan material vulkanik yang berbeda-beda karakteristiknya dari periode ke periode.

Muntahan material vulkanik dari berbagai waktu letusan yang lalu, saat ini justru merupakan berkah bagi masyarakat di lereng Semeru karena material vulkanik yang masuk ke lahan-lahan pertanian merupakan bahan bangunan yang berkualitas tinggi, sehingga meningkatkan pendapatan tambahan bagi masyarakat sekitarnya. Namun demikian, masalah besar telah menanti terutama di tempat-tempat bekas penambangan pasir yang akan diwariskan kepada generasi mendatang, yaitu berupa bukit tandus kering atau danau mati yang tak bermanfaat. Apa yang bisa kita lakukan? Bisakah agroforestri membantu memulihkan lahan-lahan terdegradasi di daerah bekas penambangan pasir tersebut? Pada bagian ini “Agroforestri khas lereng Gunung Semeru” akan mengulas lebih jauh mengenai keanekaragaman sistem agroforestri yang ada di lereng Gunung Semeru sebelah barat daya, khususnya di daerah aliran sungai (DAS) mikro Bangsri.

## 9.2 Kondisi di DAS Mikro Bangsri

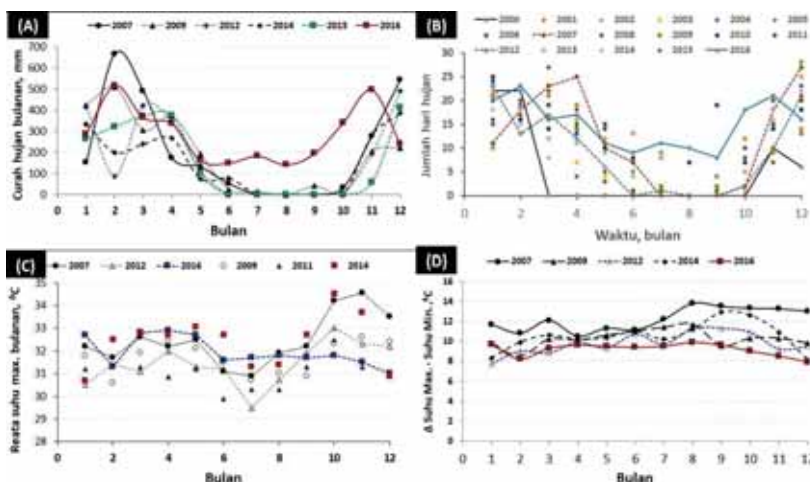
### 9.2.1 Iklim: curah hujan dan suhu udara

Kondisi iklim di DAS mikro Bangsri didekati dengan menggunakan data iklim di DAS Lesti, yang diperoleh dari stasiun pengamatan klimatologi yang ada di sekitarnya. DAS Lesti (LS 08°06'15,9"; BT 112°44'02") berlokasi di Kecamatan Wajak, kabupaten Malang. Selama

10 tahun terakhir (Dinas Pengairan Jawa Timur/DJPT 2006-2016), iklim di wilayah DAS Lesti telah berubah, yang ditandai dengan: (a) terjadinya curah hujan ekstrim, (b) terjadi bulan basah sepanjang tahun, dan (c) terjadi kemarau panjang.

Data curah hujan bulanan tahun 2006-2016 di DAS Lesti disajikan pada Gambar 9.2.1A. Menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson, iklim di DAS Lesti termasuk kelas “sedang” dengan rata-rata 5 bulan kering dan 7 bulan basah. Namun demikian, jumlah bulan kering semakin berkurang, bahkan pada tahun 2010 dan 2016 tidak terdapat bulan kering. Pada tahun 2007 pada Bulan Februari terjadi curah hujan ekstrim basah rata-rata 666 mm/bulan, dan 3 bulan terjadi kondisi sangat kering. Selanjutnya pada tahun 2016 terdapat bulan basah sepanjang tahun, dengan curah hujan pada Bulan Juni-September rata-rata >140 mm/bulan, bahkan pada Bulan Oktober hingga Mei rata-rata 342 mm/bulan. Jumlah hari hujan juga sangat bervariasi, pada tahun 2016, terjadi hujan sepanjang tahun dengan jumlah hari hujan berkisar antara 20-25 hari pada musim penghujan menjadi 10 hari pada musim kemarau (Gambar 9.2.1B).

Suhu udara maksimum umumnya lebih panas pada Bulan Agustus-Desember dan menurun pada Bulan Januari-Juli (Gambar 9.2.1C). Namun pada tahun 2016, pola sebaran data suhu tersebut tidak terjadi lagi, karena tidak terdapat bulan kering. Perbedaan suhu maksimum dan suhu minimum ( $\Delta t_{\max} - t_{\min}$ ) disajikan pada Gambar 9.2.1D. Pada tahun 2016  $\Delta t_{\max} - t_{\min}$  relatif lebih rendah dari pada waktu pengamatan sebelumnya, karena pada tahun 2016 tidak ada musim kemarau (Gambar 9.2.1A). Perbedaan suhu udara maksimum dan suhu minimum ( $\Delta$  suhu) terbesar terjadi pada tahun 2007 rata-rata 12°C, tetapi pada 2016,  $\Delta$  suhu rata-rata 9°C relatif lebih rendah daripada pengukuran lainnya.



**Gambar 9.2.1** Perubahan iklim di DAS mikro Bangsri: (A) Rata-rata curah hujan bulanan, (B) Jumlah hari hujan, (C) Suhu maksimum, (D)  $\Delta$  suhu maximum dan minimum. Analisis data iklim tahun 2007, 2009, 2012, 2014 dan 2016 di DAS Lesti stasiun Wajak (Sumber data: DPJT 2006-2016)

## 9.2.2 Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk yang tinggal di wilayah DAS mikro Bangsri adalah 27.645 orang, terdiri dari pria dan wanita dengan proporsi prosentase yang sama (Tabel 9.2.1). Jumlah penduduk terbesar adalah di Desa Patokpicis (7.704 orang), tetapi terendah di Desa Bambang (3.948 orang). Mata pencaharian penduduk di kelima desa tersebut sebagian besar adalah petani dan peternak (Sukeksi 2018).

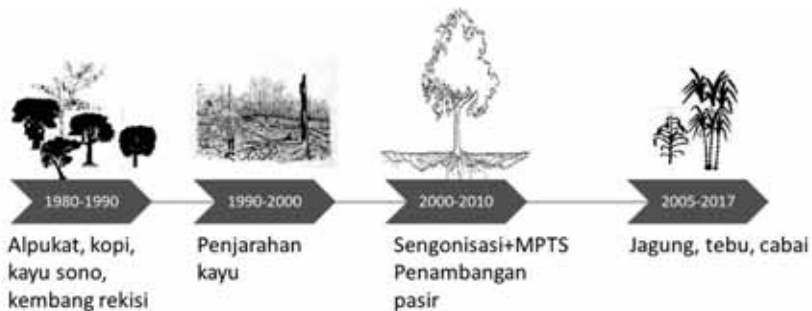
**Tabel 9.2.1** Jumlah penduduk yang tinggal di lima desa yang ada di DAS mikro Bangsri

Desa	Luas, ha	Jumlah Laki-laki		Jumlah Perempuan		Total		Kepadatan penduduk, orang/ha
		Orang	%	Orang	%	Orang	%	
1. Bambang	1767,2	2017	51	1931	49	3948	100	2,2
2. Patokpicis	573,3	3843	50	3861	50	7704	100	13
3. Dadapan	521	2911	50	2931	50	5842	100	11
4. Bringin	460	3061	50	3098	50	6159	100	13
5. Sanankerto	363	2013	50	1979	50	3992	100	11
<b>Total</b>	<b>576439</b>	<b>13845</b>	<b>50</b>	<b>138</b>	<b>50</b>	<b>27645</b>	<b>100</b>	

Keterangan: Data dikutip dari Sukeksi (2018)

## 9.3 Riwayat Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di DAS mikro Bangsri cukup dinamis, karena alasan sosial ekonomi dan bencana. Hasil diskusi dengan pemerintah daerah dan petani dari desa-desa dan kecamatan yang ada di wilayah DAS mikro Bangsri (Hairiah 2018) menyebutkan bahwa pada tahun 1980 - 1990 wilayah tersebut masih banyak ditanami berbagai jenis pohon buah-buahan terutama tanaman alpukat dan kopi (Gambar 9.3.1).



**Gambar 9.3.1** Skema sejarah penggunaan lahan di DAS mikro Bangsri berdasarkan hasil diskusi dengan masyarakat dan pemerintah daerah



Namun pada tahun 1990an terjadi kemarau panjang dan banyak serangan kutu loncat terhadap tanaman lamtoro sebagai penayang kopi, sehingga banyak tanaman kopi yang rusak bahkan mati. Pada tahun 1990-2000-an terjadi gejala sosial berupa penjarahan hutan secara besar besaran dengan jalan memanen kayu sehingga merusak ekosistem hutan yang ada. Selanjutnya, pada tahun 2000 pemerintah mengimplementasikan program rehabilitasi lahan (GERHAN) dan kegiatan konservasi lainnya. Jenis tanaman yang dipilih petani adalah berbagai macam jenis *Multi-Purposes Tree Species* (MPTS) dan sengon (*Falcataria moluccana*). Pada awalnya pertumbuhan tanaman sengon cukup baik, namun selanjutnya banyak pohon sengon muda terserang hama embug (*Lepidiotia stigma*) dan sengon tua (3-4 tahun) batangnya terserang kanker batang (*gull rust disease*), sehingga petani sangat dirugikan.

Dulunya DAS mikro Bangsri merupakan penghasil buah-buahan terutama alpukat dan kopi. Namun, musim kemarau yang berkepanjangan menyebabkan hasil buah-buahan dan perkebunan sangat menurun sehingga petani mengalami kerugian. Mencari alternatif penghidupan lain yaitu menanam tanaman berumur pendek seperti tebu, cabai, dan sayuran dilakukan oleh petani, meskipun usaha tersebut hasilnya juga tidak menguntungkan. Berkurangnya jenis pohon yang ada di lahan menyebabkan penurunan populasi hewan yang dulunya banyak dijumpai antara lain kijang, luwak, segung, garangan, macan rembah, preci dan sebagainya.

Prayogo (2018) melaporkan bahwa keanekaragaman hayati tanaman yang ada di DAS mikro Bangsri tergolong rendah ( $H < 1,5$ ) hingga sedang ( $3,0 > H > 1,5$ ). Jenis tanaman semai dan sapihan yang ditemukan berbeda dengan jenis tanaman pada tingkat pertumbuhan pohon/pancang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tingkat sebaran biji tanaman rendah. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh adanya aktivitas penyiangan yang dilakukan petani, atau mungkin juga disebabkan oleh kondisi lahan yang tidak terlalu mendukung untuk perkecambahan biji. Jenis-jenis pohon yang ada di lahan pertanian dan hutan produksi adalah jenis pohon eksotis seperti sengon (*Falcataria moluccana*) dan sengon pekik (*Albizia chinensis*), waru (*Hibiscus tiliaceus*), petai (*Parkia speciosa*), mindi (*Melia azedarach*) dan mahoni (*Swietenia mahagoni*) serta jenis pohon 'kuno' kembang rekisi/kembang kanthil putih (*Canarium asperum*). Beberapa jenis tanaman yang ada di DAS mikro Bangsri beserta manfaatnya bagi manusia di tampilkan dalam Tabel 9.3.1.

**Tabel 9.3.1.** Nama lokal, nama ilmiah dan bagian tanaman yang dimanfaatkan di DAS mikro Bangsri (Sumber data: Prayogo 2018)

Nama lokal	Nama Ilmiah	Bagian yang dimanfaatkan
Alpukat, Kopi, Nangka, dan Kelapa, uku/Langsat dan Petai	Persea americana, Coffea sp., Artocarpus heterophyllus, Cocos nucifera, Lansium domesticum, Parkia speciosa	Buah
Sengon, Kembang rekisi, Waru, Sono kembang, Sono Keling dan Sono Pekik serta Johar	Falcataria moluccana, Canarium asperum, Pterocarpus indicus, Senna siamea	Kayu bangunan
Pinus	Pinus merkusii	Getah
Cengkeh	Syzygium aromaticum	Bunga
Pisang, pohon kelapa	Musa acuminata	Daun
Cabai, mentimun dan terong	Capsicum sp., Cucumis sativus, Solanum melongena	Sayuran dan biji

## 9.4 Tanaman Endemik

Beberapa jenis tumbuhan endemik yang terdapat di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) antara lain jamuju (*Dacrycarpus imbricatus*), cemara gunung (*Casuarina* sp.), eidelweis (*Anaphalis javanica*), berbagai jenis anggrek dan jenis rumput langka seperti *Styphelia pungieus*. Dari semua jenis tanaman endemik tersebut hanya cemara gunung yang masih banyak dijumpai di hutan produksi (saat ini dikelola oleh Perhutani) yang berada di lereng tengah – hulu.

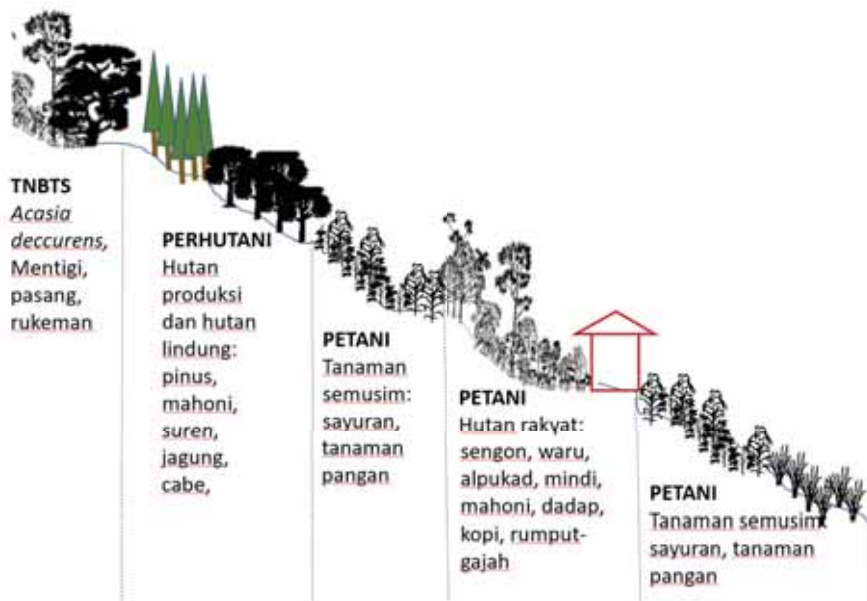
## 9.5 Satwa Endemik

Satwa endemik yang ada di DAS mikro Bangsri hanya terdapat di kawasan TNBTS. Sangat jarang atau bahkan hampir tidak pernah dijumpai di lahan pertanian (Prayogo 2018). Satwa langka dan dilindungi yang terdapat di TNBTS antara lain: luwak (*Pardofelis marmorata*), rusa (*Cervus timorensis*), kera ekor panjang (*Macaca fascicularis*), kijang (*Muntiacus muntjak*), ayam hutan merah (*Gallus gallus*), macan tutul (*Panthera pardus*), ajag (*Cuon alpinus*); dan berbagai jenis burung seperti alap-alap burung (*Accipiter*

*virgatus*), rangkong (*Buceros rhinoceros silvestris*), elang ular bido (*Spilornis cheela bido*), srigunting hitam (*Dicrurus macrocercus*), elang bondol (*Haliastur indus*), elang Jawa (*Nisaetus bartels*) dan belibis yang hidup di Ranu Pani, Ranu Regulo, dan Ranu Kumbolo.

## 9.6 Sistem Penggunaan Lahan

Sistem penggunaan lahan (SPL) di DAS mikro Bangsri cukup beragam tergantung posisinya terhadap lereng, kepemilikan lahan, dan pengelolanya. Sebaran SPL pada lanskap ditampilkan secara skematis pada Gambar 9.6.1. Lereng atas merupakan kawasan lindung (hutan alami) TNBTS, lereng tengah umumnya adalah hutan produksi (HP) dan agroforestri (AF) baik sederhana (AF-S) maupun multistrata (AF-M). Sementara, lereng bawah umumnya berupa 'tegalan' yang ditanami tanaman sayuran (cabai) dan jagung.

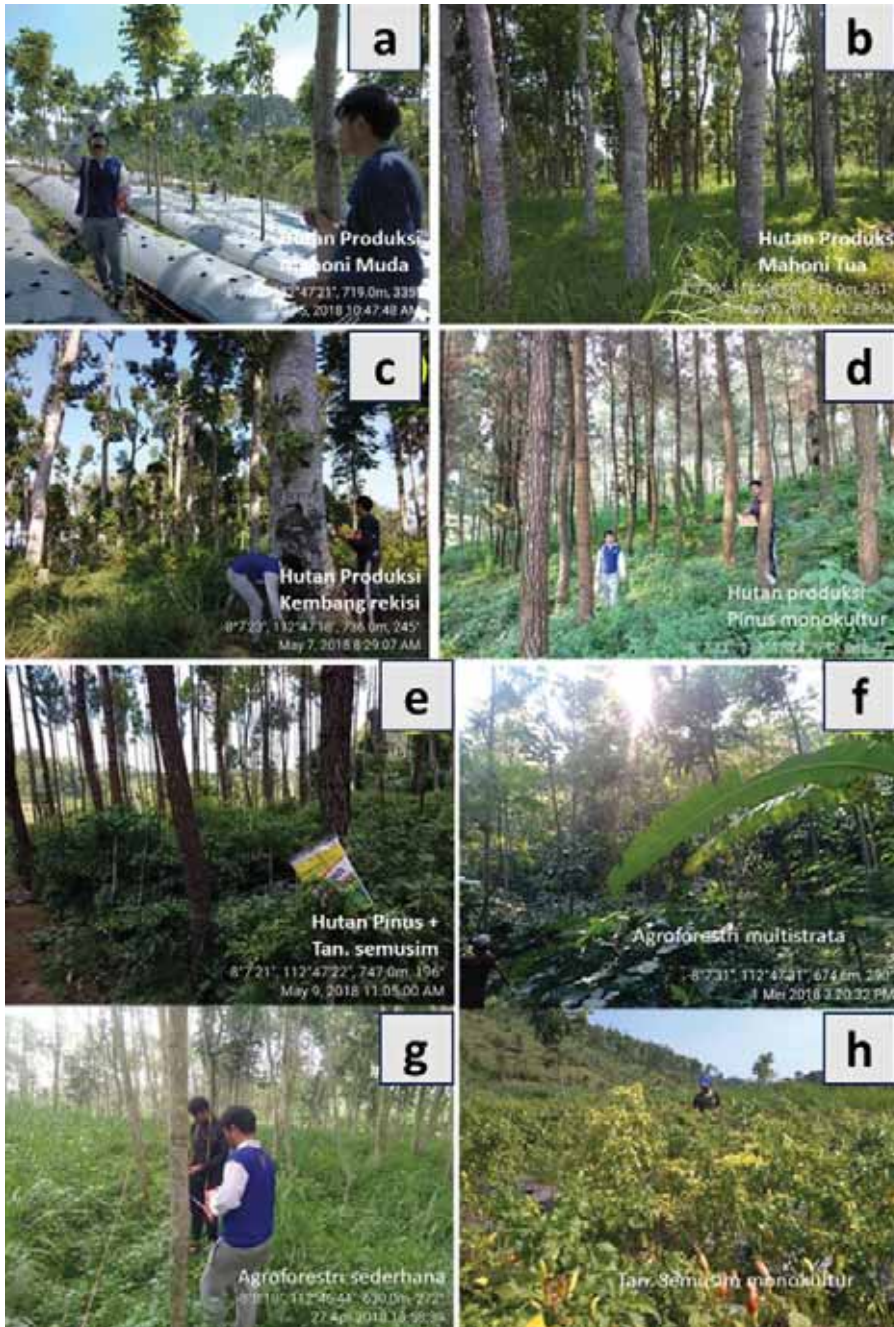


Gambar 9.6.1 Skema transek sistem penggunaan lahan di DAS mikro Bangsri

Di DAS mikro Bangsri terdapat bermacam-macam SPL, baik di lahan milik negara maupun lahan milik rakyat (pribadi), seperti ditampilkan dalam Gambar 9.6.2.

- Hutan produksi (HP) terdapat di lereng atas yang dikelola oleh Perhutani. Jenis pohon yang ditanam adalah pinus (*Pinus merkusii*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), suren (*Toona surenii*) 'kembang rekisi'/kembang kanthil (*Canarium asperum*) yang ditanam antara tahun 1950-1957 (sekitar 60-67 tahun yang lalu). Tumbuhan bawah yang ditanam adalah jagung dan cabai

- b. Agroforestri multistrata (AFM) terdapat di lereng tengah di lahan milik masyarakat. Klasifikasi agroforestri dilakukan berdasarkan besarnya luas bidang dasar (LBD) dan jumlah jenis, serta umur pohon yang ditanam. Bila LBD pohon utama <80% dan jenis pohon yang ditanam > 5, maka SPL tersebut termasuk dalam agroforestri multistrata/kompleks. Jenis pohon yang ditanam umumnya adalah sengon (*Falcataria moluccana*) dan mahoni (*Swietenia mahagoni*). Pada beberapa petak lahan masih terdapat jenis pohon lain seperti mindi (*Melia azedarach*), waru (*Hibiscus tillaceus*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), kecrutan atau african tulip (*Spathodea campanulata*), sengon pekik (*Albizia chinensis*), belinjo (*Gnetum gnemon*), petai (*Parkia speciosa*), salam (*Syzygium polyanthum*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*), alpukat (*Persea americana*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), kopi (*Coffea* sp.), gamal (*Gliricidia sepium*), pisang (*Musa parasidiaca*) dan papaya (*Carica papaya*).
- c. Agroforestri sederhana (AFS) terdapat di lereng tengah, pada lahan milik yang dikelola oleh petani. Lahan tergolong AFS bila LBD pohon utama <80% dan jenis pohon yang ditanam < 5. Jenis pohon yang ditanam umumnya adalah sengon (*Falcataria moluccana*) dan mahoni (*Swietenia mahagoni*), yang ditumpangsarikan dengan tanaman sayuran (cabai dan jagung).
- d. Lahan tanaman semusim (monokultur), pada umumnya ditemukan di lereng bawah (Desa Bringin, Sanankerto, Dadapan, dan sedikit di Desa Patokpicias dan Bambang). Tanaman yang ditanam umumnya cabai, jagung, terong, ketimun dan adapula tanaman papaya monokultur.
- e. Di zona riparian (Desa Patokpicias) umumnya ditanami dengan aneka jenis bambu, yaitu: bambu petung, bambu apus, bambu jawa dan bambu rampal (Gambar 9.6.3).



Gambar 9.6.2 Berbagai sistem penggunaan lahan yang ada di DAS mikro Bangsri (Sumber foto: Tim Peneliti UB-DAS Bangsri 2017)



**Gambar 9.6.3** Budidaya aneka macam bambu untuk tujuan konservasi tanah dan air juga sebagai penyediaan bahan dasar tusuk sate yang permintaan pasarnya terus meningkat (Sumber foto: I. Atho'illah)

#### *Box 9.6.1 Penambangan Pasir di Lereng Gunung Semeru*

Masyarakat di lereng Gunung Semeru terutama di Desa Bambang, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang, mengalami kegalauan pascaerupsi. Bagaimana tidak, mereka bingung memilih strategi pengelolaan lahannya. Pada saat ini lahan pertanian umumnya ditanami sayuran yang tumbuh subur. Namun, pendapatan dari bertanam sayuran tetap jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan penghasilan dari hasil menambang pasir di tebing-tebing sungai atau di lahan-lahan pertanian. Masyarakat sebenarnya menyadari sepenuhnya bahwa hasil dari penambangan pasir tersebut tidak akan berkelanjutan, karena lapisan pasir akan habis ditambang dan lahan hanya lahan dengan tanah rusak yang akan diwariskan ke anak cucu. Bahkan penambangan pasir tersebut akan meningkatkan luasan lahan terdegradasi di daerah pegunungan. Lokasi penambangan yang dilakukan oleh masyarakat dikelompokkan menjadi dua, yaitu: (a) penambangan di dinding sungai dengan jumlah pasir yang bisa ditambang sangat terbatas; (b) penambangan pasir di lahan pertanian milik warga yang paling banyak terjadi.

Petani di Desa Bambang menyatakan bahwa puluhan tahun yang lalu, sebelum ada penambangan pasir, lahan yang dimiliki cukup subur, ditanami aneka macam sayuran, cabai dan jagung dengan produksi maksimal. Namun berkah dan bencana datang bergantian. Pemborong pasir berdatangan, dan berhasil memikat petani dengan uang banyak dan hidup enak dari menambang pasir. Tawaran tersebut menggoyahkan pendirian banyak petani, karena janji tersebut memang benar terjadi. Banyak petani menjadi kaya mendadak, tanpa bekerja, tanpa keluar keringat, tetapi uang sudah datang sendiri. Ada pula beberapa petani yang beralih menjadi pekerja di perusahaan penambangan pasir dan mereka mendapatkan upah yang besar pula.

Ada beberapa teknik penambangan pasir yang berkembang, dan berbeda-beda antar waktu penambangan, antara lain:

#### a. Stadia awal

Pada awal penambangan, material yang diambil adalah lapisan pasir berwarna hitam yang memiliki kualitas pasir paling baik (kualitas 1), berada pada lapisan teratas (Gambar 9.6.4). Harga satu truk bak (sekitar 21 ton) pasir bisa mencapai Rp. 350.000. Teknis pengambilannya yaitu dengan menyingkirkan lapisan solum tanah ke pinggir lahan, selanjutnya pasir di bawahnya diambil menggunakan cangkul hingga habis. Setelah penambangan selesai, lapisan atas tanah dikembalikan dan diratakan untuk selanjutnya ditanami kembali dengan tanaman pangan ataupun tahunan.

#### b. Stadia pertengahan

Dalam masa pertengahan, pasir yang di ambil tidak hanya pasir yang berkualitas baik saja, tetapi juga lapisan pasir di bawahnya yang berwarna kecoklatan. Teknik pengambilannya ada dua cara: (a) jika lahan sudah pernah ditambang untuk pasir hitam (kualitas 1), maka dilanjutkan dengan membersihkan lapisan tanah bagian atas, kemudian dilanjut dengan mengambil pasir kualitas 2, (b) jika lahan belum pernah ditambang, maka lapisan tanah bagian atas disingkirkan kemudian lapisan pasir kualitas 1 dan 2 ditambang sampai habis. Harga pasir satu truck sekitar 21 ton adalah Rp 250.000 – Rp 300.000.



**Gambar 9.6.4** Penambangan pasir letusan Gunung Semeru yang membawa berkah tetapi bisa juga menjadi musibah (Sumber foto: K. Hairiah)

### c. Stadia akhir

Pada penambangan pasir, tidak hanya pasir kualitas 1 dan 2 yang diambil, tetapi lapisan ketiga juga diambil, yaitu pasir yang bercampur dengan batu padas. Pengambilan pasir pada lapisan 1 dan 2 masih relatif mudah, cukup menggunakan cangkul (Gambar 9.6.5). Namun, pada lapisan ketiga yang berupa padas keras, harus dihancurkan dahulu secara manual menggunakan *ganco*, kemudian pecahan padas bercampur pasir yang didapatkan dinaikkan ke bak truck menggunakan cangkul. Pasir pada lapisan ketiga ini harganya lebih murah, sekitar Rp150.000 – Rp200.000 per truck.

Idealnya, lapisan tanah yang berada paling atas/solum tanah yang sebelum penambangan disingkirkan di tepi lahan seharusnya dikembalikan ke lahan. Namun, akhir-akhir ini tanah tersebut laku dijual sebagai tanah "urug". Hal tersebut mengakibatkan kondisi lahan bekas tambang saat ini rusak cukup parah, lubang yang dihasilkan berukuran besar dan dalam. Pada kondisi tersebut, petani memerlukan alat berat untuk meratakan tanah, yang tentu saja membutuhkan biaya sangat besar.



**Gambar 9.6.5** Gambar 9.6.5. Berbagai macam kualitas pasir dari letusan Gunung Semeru yang menambah keuntungan instan bagi masyarakat (Sumber foto: K. Hairiah)



## 9.7 Dampak Penambangan Pasir terhadap Lingkungan

Penambangan pasir dari letusan gunung berapi menambah pendapatan petani, namun demikian kerusakan lahan dan lingkungan yang diakibatkan terus mengancam dari waktu ke waktu, sehingga dapat mengancam stabilitas ekosistem di berbagai level.

### 9.7.1 Penurunan kesuburan tanah

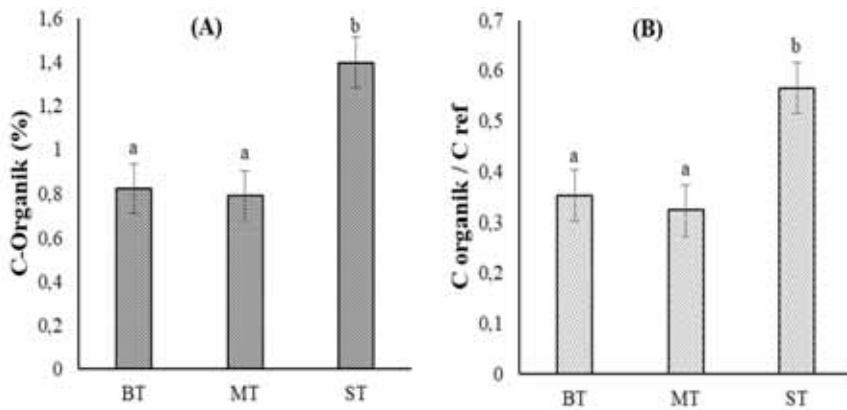
---

Pasca penambangan pasir kondisi kualitas tanah di lahan pertanian sangat berbeda dengan kondisi sebelumnya. Tanah menjadi lebih padat sehingga saat turun hujan banyak terdapat genangan air. Beberapa indikator kualitas tanah yang terdampak oleh aktivitas penambangan pasir antara lain: C organik, kepadatan, dan porositas tanah. Ketiga indikator tersebut dapat mempengaruhi fungsi-fungsi tanah dalam layanan lingkungan terutama hidrologi dan siklus unsur hara.

Kadar C organik tanah merupakan salah satu indikator utama dari kualitas tanah karena perannya terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta sangat rentan dipengaruhi oleh aktivitas pengelolaan tanah (penambangan). Kadar C organik yang rendah (<2%) menyebabkan tanah berwarna pucat, padat dan panas, dengan tingkat keanekaragaman dan kerapatan biota rendah (Barrios *et al.* 2015). Fauziana (2019) melaporkan bahwa tanah sedalam 30 cm di DAS mikro Bangsri memiliki kadar C organik sangat rendah rata-rata sebesar 1,03%. Penambangan pasir justru memperparah kerusakan tanah yang ditunjukkan oleh menurunnya rata-rata C organik menjadi 0,82%. Studi lain melaporkan bahwa C organik tanah pada kedalaman 0-20 cm di lahan milik masyarakat yang digunakan sebagai tambang pasir selama enam tahun rata-rata sebesar 0,73% (Fauzan *et al.* 2022). Pemanfaatan kembali lahan bekas penambangan pasir dengan menambahkan pupuk kandang sebanyak 12 ton/ha terlebih dahulu sebelum tanam, dapat meningkatkan kadar C organik tanah menjadi 1,39% (Gambar 9.7.1A). Namun demikian, walaupun kadar C organik tanah telah meningkat seperti tanah di agroforestri multistrata (1,3%), petani melaporkan bahwa perkembangan akar pohonnya masih mengalami kesulitan menembus lapisan bawah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kedalaman efektif dan kesuburan tanahnya telah berubah sehingga strategi pengelolaan tanah dan lahan bekas penambangan pasir juga harus berubah.

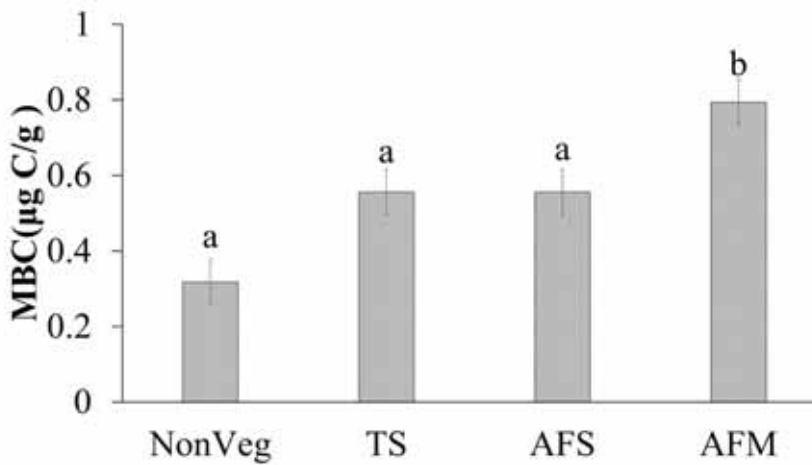
Penghitungan lebih jauh untuk kadar C organik tanah ( $C_{org}$ ) masih bisa dilakukan mengingat contoh tanah diambil dari berbagai tempat yang berbeda kondisinya. Kadar C organik tanah perlu dikoreksi dengan kedalaman tanah, kandungan liat (klei) dan debu, pH tanah dan ketinggian tempat, maka diperoleh  $C_{org}/C_{ref}$  (Gambar 9.7.1B). Hasilnya kadar

C organik sebelum dan saat penambangan pasir masih sama (rata-rata 0,89%), karena selama penambangan tanah lapisan atas disingkirkan ke tepian lahan dan selanjutnya tanah tersebut dikembalikan ke lahan setelah penambangan.



**Gambar 9.7.1** (A) Kadar total C-organik ( $C_{org}$ ) (s.e.d: 0,23) dan (B)  $C_{org}/C_{ref}$  (s.e.d: 0,1) tanah di kedalaman 30 cm di lokasi bekas penambangan (Fauziana 2019). (Keterangan: BT=lahan belum ditambang, ST=lahan sudah ditambang, MT=lahan masih “sedang” ditambang)

Indikator biologi tanah lainnya yang lebih sensitif terhadap perubahan manajemen lahan adalah biomasa mikrobial karbon (BMC) (Guillaume 2016). Lahan agroforestri multistrata menunjukkan BMC lebih besar (0,79  $\mu\text{g C/g}$ ) daripada penggunaan lahan lainnya yang berarti kondisi tanahnya lebih baik. Lahan yang masih ditambang tentu saja tidak bervegetasi dan tanpa ada penambahan bahan organik, maka nilai BMC cenderung terendah (0,32  $\mu\text{g C/g}$ ) walaupun tidak berbeda nyata dengan BMC di lahan agroforestri sederhana dan di lahan tanaman semusim (Gambar 9.7.2). Perbedaan BMC dari agroforestri multistrata dan agroforestri sederhana, mungkin disebabkan oleh lebih besarnya tingkat tutupan pohon yang ditunjukkan dengan nilai LBD pohon pada agroforestri multistrata rata-rata 15  $\text{m}^2/\text{ha}$ , sedangkan di lahan agroforestri sederhana 50% lebih rendah dari pada di agroforestri multistrata. Tingginya LBD pohon diikuti oleh tingginya masukan seresah gugur dan akar-akar yang mati, sehingga kadar C organik tanah meningkat. Kondisi ini penting untuk mempertahankan kelengasan tanah dan aktivitas organisme tanah. Hal tersebut menguntungkan tanaman untuk dapat lebih tahan terhadap cekaman kekeringan



**Gambar 9.7.2** Rata-rata biomasa mikrobia karbon (MBC) di kedalaman tanah 0-30 cm dari berbagai macam penggunaan lahan (Fauziana 2019). (Keterangan: Nonveg = lahan masih “sedang” ditambah tidak bervegetasi, TS = lahan tanaman semusim, AFS = agroforestri sederhana, AFM = agroforestri multistrata)

Dari sisi sifat fisik tanah, adanya aktivitas penambangan pasir berdampak pada penurunan fungsi tanah sebagai resapan dan penyimpanan air akibat adanya peningkatan kepadatan tanah. Kondisi ini ditunjukkan dari pengukuran bobot isi (BI) tanah dan porositas pada kedalaman 0-40 cm yang menunjukkan adanya peningkatan nilai bobot isi tanah sebesar 22% (dari 0,96 g cm<sup>-3</sup> menjadi 1,17 g cm<sup>-3</sup>) dan penurunan total porositas tanah sebesar 8% (dari total porositas 59% menjadi 51%) dalam kurun waktu 6 tahun penambangan pasir (Fauzan *et al.* 2022). Penurunan fungsi tanah dalam resapan dan penyimpanan air dapat berpotensi terhadap peningkatan limpasan permukaan dan erosi, dan fungsi tanah sebagai penyedia air bagi tanaman.

Selain lahan bermasalah dengan kualitas tanahnya yang rendah, petani di Desa Bambang (DAS mikro Bangsri) menunjukkan bahwa lahan bekas penambangan pasir masih bisa digunakan untuk budidaya tanaman pangan, namun membutuhkan biaya yang sangat besar untuk membeli pupuk, baik pupuk kimia maupun organik dan juga obat pemberantas hama (Gambar 9.7.3). Sementara produksi yang dihasilkan masih lebih rendah dari sebelum penambangan. Pada kondisi demikian, keberlanjutan sistem pertanian yang ada di daerah tersebut sulit untuk tercapai.



**Gambar 9.7.3** Masalah yang bermunculan di lahan pertanian pasca penambangan pasir: (A) bukit tandus nan panas pasca penambangan pasir, (B dan C) pertumbuhan akar tanaman pangan terhambat akibat pemadatan tanah, (D) serangan hama “embug/uret/lundi” (*Lepidiota stigma*) meningkat, (E dan F) *gall disease* pada batang pohon sengon yang mengakibatkan pohon mudah tumbang (Sumber foto: K. Hairiah)

## 9.7.2 Penurunan kualitas air sungai

Vegetasi penutup tanah berperan penting dalam proses intersepsi hujan yang jatuh dan transpirasi air yang diserap oleh akar. Lahan dengan penutupan yang rapat mampu meredam energi kinetis hujan, sehingga memperkecil terjadinya erosi percik (*splash erosion*), memperkecil koefisien aliran sehingga mempertinggi kemungkinan penyerapan air hujan, khususnya pada lahan dengan solum tebal (*sponge effect*).

Adanya “sungai berlumpur” merupakan salah satu indikator tidak sehatnya DAS mikro Bangsri. Sumber sedimen dalam air sungai dapat berasal dari erosi lahan pertanian dan pemukiman, erosi jalan setapak, longsor tebing sungai dan gangguan lahan dari penambangan pasir di lapisan bawah. Guna meningkatkan kualitas pasir, penambang menyemprot pasir yang diperolehnya dengan air sungai agar pasir menjadi lebih bersih. Namun, air sungai menjadi lebih keruh karena sedimen dari pencucian pasir. Hal tersebut diperparah oleh adanya pergeseran musim, dan perubahan ekstrim jumlah curah hujan yang sangat tinggi (Gambar 9.7.4) yang meningkatkan resiko penurunan kesuburan tanah. Akibatnya, budidaya pertanian semakin tergantung kepada pasokan dari luar dalam jumlah besar, tetapi pertumbuhan dan produksi biomasa tanaman tetap rendah.



**Gambar 9.7.4** Aliran air sungai berwarna coklat dan keruh karena ada peningkatan kadar sedimen berasal dari berbagai sumber (Sumber foto: K. Hairiah)

Dalam jangka pendek, penambangan pasir memang memberikan keuntungan ekonomi bagi sekelompok petani, , tetapi dampaknya sangat merugikan terhadap kualitas air, penurunan keanekaragaman hayati flora maupun fauna dan fungsinya dalam ekosistem, baik di atas maupun di dalam tanah, menurunkan produksi biomasa pohon dan cadangan karbon (Gambar 9.7.5). Secara keseluruhan adanya gangguan yang muncul akibat penambangan pasir dapat mengganggu stabilitas ekosistem dan jasa lingkungan di DAS mikro Bangsri.



**Gambar 9.7.5** Hubungan masalah hidrologi kawasan dengan keanekaragaman hayati, perubahan iklim, dan masalah sosial yang berkembang di DAS mikro Bangsri

## 9.8 Dampak Penambangan Pasir terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat

Aktivitas penambangan pasir di lereng gunung Semeru tepatnya di DAS mikro Bangsri yang sudah dilakukan sejak 1990an berdampak terhadap perubahan tatanan sosial dan kondisi ekonomi masyarakat. Dari sisi sosial, kegiatan penambangan pasir berpengaruh terhadap keragaman mata pencaharian masyarakat dan kelembagaan di masyarakat. Mayoritas penduduk di DAS mikro Bangsri baik petani pemilik, penggarap, pesanggem, dan buruh tani pada awalnya menjadikan bidang pertanian sebagai mata pencaharian utama. Namun, adanya pasir yang melimpah dari erupsi Gunung Semeru membuka lapangan kerja baru sebagai buruh tambang pasir atau pemodal atau pemilik lahan yang menjadikan lahannya untuk penambangan pasir. Hasil studi menunjukkan bahwa masyarakat usia muda (< 50 tahun) di daerah hulu DAS mikro Bangsri memilih profesi sebagai penambang pasir. Lebih lanjut, aktivitas penambangan pasir tersebut berdampak terhadap terbentuknya lembaga-lembaga informal khususnya komunitas-komunitas penambang pasir yang terbagi-bagi menjadi kelompok kecil (beranggotakan 2 – 8 orang). Kegiatan utamanya adalah menambang pasir secara intensif, dengan kapasitas produksi 10 – 20 truk per hari (1 truk ± 20 ton). Kehadiran komunitas penambang pasir tersebut memperkaya kelembagaan informal seperti lembaga adat, kelompok pemuda – wisata, dan kelompok kreatif seperti batik yang ada di wilayah tersebut.

Ditinjau dari segi ekonomi, penghasilan yang besar dari menambang pasir (Rp300.000 per hari) menjadi alasan utama masyarakat yang berusia muda untuk memilih penambangan pasir sebagai pekerjaan/usaha yang lebih menjanjikan. Hal ini disebabkan karena pendapatan yang diperoleh dari penambangan pasir tersebut jauh lebih besar jika dibandingkan dengan penghasilan menjadi buruh tani atau petani, yaitu berkisar antara Rp50.000 – Rp100.000 per hari (Sukesi, 2018). Studi lain mengenai dampak penambangan pasir terhadap ekonomi masyarakat, menunjukkan bahwa penambangan pasir mampu memberikan kontribusi positif terhadap ekonomi masyarakat mencapai lebih dari 60% dari pendapatan rumah tangga. Apabila masyarakat tersebut bekerja penuh sebagai penambang pasir, maka pendapatan yang diperoleh dari aktivitas tersebut mencapai 70% dari total pendapatan rumah tangganya. Di lain sisi, apabila masyarakat tersebut hanya menjadi investor/pemodal kegiatan penambangan, maka penghasilan yang diperoleh hanya mencapai 66% dari pendapatan rumah tangganya (Purnomo *et al.* 2021).

Penambangan pasir di DAS mikro Bangsri di satu sisi menguntungkan dari segi sosial dan ekonomi masyarakat, namun dalam jangka panjang berdampak merugikan bagi lingkungan. Oleh karena itu, strategi yang tepat sangat diperlukan untuk mengelola *trade-off* ada antara aspek ekonomi dan ekologi, agar kegiatan penambangan pasir

dalam jangka panjang dapat berkelanjutan dengan tingkat kerusakan lingkungan yang ditimbulkan seminimal mungkin. Salah satu strategi yang dapat ditawarkan untuk mereklamasi lahan bekas tambang pasir adalah dengan mengaplikasikan agroforestri.

## 9.9 Agroforestri untuk Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Pasir

Penambangan batu dan pasir di lahan-lahan pertanian dan tebing-tebing sungai dapat memberikan tambahan pendapatan bagi masyarakat di Kecamatan Wajak, karena material letusan gunung berapi umumnya berkualitas bagus dan banyak dibutuhkan dalam membangun berbagai macam bangunan. Namun, penambangan pasir tersebut mengakibatkan degradasi keanekaragaman hayati dan kesuburan tanah, dikuti dengan meningkatnya masalah serangan hama tanaman dan penurunan produksi biomasa tanaman dan cadangan karbon.

Dilaporkan oleh masyarakat setempat bahwa lahan-lahan bekas penambangan pasir telah mewariskan tanah yang tidak mampu mendukung pertumbuhan tanaman, antara lain disebabkan oleh:

- a. Permukaan tanah sangat terbuka dengan tingkat penguapan yang tinggi, sehingga kondisi tanah kering
- b. Pengembalian lapisan tanah atas ke lahan bekas tambang pasir memiliki tingkat kapilaritas tanah yang rendah, kondisi lapisan tanah bawah (di bawah lapisan pasir yang ditambang) padat sehingga menghambat infiltrasi air, maka resiko kekeringan akan meningkat dan perkembangan akar terhambat
- c. Kandungan total C organik tergolong rendah (1,3%) sehingga banyak fungsi C organik dalam tanah baik dari segi fisika, kimia dan biologi hilang. Sebagai contoh keutuhan rantai makanan organisme tanah hilang sehingga populasi *top predator* berkurang, maka populasi dan serangan hama dalam tanah meningkat
- d. Reklamasi lahan bekas penambangan pasir, umumnya menanam jenis pohon dengan pertumbuhan cepat seperti sengon (*Falcataria moluccana*) yang kadang-kadang dikombinasikan dengan tanaman kopi ataupun dengan tanaman semusim. Masukan seresah yang beragam (baik jumlah maupun kualitasnya) bermanfaat untuk mempertahankan kelembaban tanah dan meningkatkan aktivitas organisme tanah.

**Box 9.9.1 Peran dan manfaat agroforestri untuk reklamasi lahan bekas penambangan pasir**

Dalam sistem agroforestri terdapat berbagai jenis pohon dan tumbuhan bawah yang ditanam dalam satu bidang lahan yang sama, baik secara serempak ataupun bergilir sehingga dapat memberikan peluang untuk digunakan dalam reklamasi lahan bekas penambangan pasir, karena beberapa alasan yang ditampilkan dalam Tabel 9.9.1.

**Tabel 9.9.1** Komponen, fungsi dan manfaat agroforestri untuk reklamasi lahan-lahan terdegradasi pasca penambangan pasir

Komponen	Fungsi	Manfaat/Jasa
1. Tajuk pohon	Menghasilkan kayu, daun, bunga, buah, getah,	Menyediakan aneka macam kebutuhan manusia
	Menutup permukaan tanah untuk mengurangi penguapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengatur iklim mikro, mengatur penguapan yang berlebihan</li> <li>• Mengatur evaporasi, penting untuk mendukung pertumbuhan biota</li> </ul>
	Melindungi permukaan tanah dari pukulan air hujan sehingga tanah tetap gembur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengatur siklus air</li> <li>• Mendukung perkembangan biota</li> </ul>
2. Akar pohon	Penunjang mekanik tegakan pohon agar produksi optimal	Menyediakan produk biomasa
	Menangkap air dan hara yang lolos ke lapisan bawah (jaring penyelamat hara)	Mengatur penyerapan air dan hara oleh akar tanaman
	Menjadi jangkar hidup dan mencengkeram tanah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyediakan habitat yang cocok bagi organisme lain</li> <li>• Menyediakan air yang berkualitas yang dibutuhkan oleh manusia dan kehidupan lainnya</li> </ul>
	Menambah C organik tanah dan pori makro tanah	Mengatur siklus C dan air
3. Seresah	Sumber energi C untuk hampir semua organisme autotroph	Mengatur rantai makanan biota
	Menutup permukaan tanah untuk mengurangi penguapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengatur iklim mikro, mengatur penguapan yang berlebihan</li> <li>• Mengatur evaporasi, penting untuk mendukung pertumbuhan biota</li> </ul>



## 9.10 Agroforestri memperkuat upaya Pengembangan Ekowisata

Wisata ekologis atau ekowisata dapat didefinisikan sebagai pengembangan pariwisata yang bertujuan untuk mendukung upaya-upaya pelestarian lingkungan (alam dan budaya) dan meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan, sehingga memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat. Kabupaten Malang dengan luasan daratan mencapai 2.977,05 km<sup>2</sup> memiliki potensi alam yang beragam dari dataran tinggi hingga pantai dan menjadi salah satu destinasi wisata yang populer di Indonesia. Sebelum pandemi covid-19 atau dalam kurun waktu 2015 - 2019, jumlah kunjungan wisatawan domestik dan mancanegara di Kabupaten Malang mengalami peningkatan drastis dari 3.654.482 orang menjadi 8.049.829 orang (BPS Kabupaten Malang 2019). Namun, jumlah kunjungan wisatawan mengalami penurunan seiring terjadinya pandemi covid-19 dan diberlakukannya Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM). Setelah dicabutnya PPKM, jumlah kunjungan wisatawan ke Kabupaten Malang diprediksi akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya obyek-obyek wisata baru.

Kawasan lereng Gunung Semeru yang didominasi hutan dan agroforestri merupakan kawasan penyangga yang dapat memberikan nilai manfaat bagi lingkungan dan kehidupan. Pengelolaan dan pemeliharaan kawasan tersebut umumnya diinisiasi oleh masyarakat sekitar dengan pendampingan pemerintah daerah. Di lereng Gunung Semeru, beberapa desa memperoleh perhatian khusus sebagai desa ekowisata. Potensi desa ekowisata berasal dari kehidupan sosial budaya, alam lingkungan dan aktivitas ekonomi sehingga dapat menjadi daya tarik wisata desa. Jasa ekowisata dianggap sebagai salah satu pintu masuk, yang memberikan sumbangsih sebagai pendekatan ekonomi, sekaligus mengkaji manfaat sumberdaya alam dan lingkungan dalam kaidah-kaidah konservasi (Nugroho & Negara, 2015).

Saat ini, banyak obyek wisata baru di lereng Gunung Semeru khususnya di DAS mikro Bangsri yang mengusung konsep ekowisata. Agroforestri di DAS mikro Bangsri memiliki potensi yang kuat untuk menjadi kawasan ekowisata yang populer. Hal ini disebabkan karena DAS mikro Bangsri memiliki kondisi geografis dan panorama alam yang indah dengan latar belakang pemandangan Gunung Semeru serta udara yang sejuk. Dengan konsep biodiversitas tanaman yang tinggi, agroforestri memiliki daya tarik kuat untuk menjadi destinasi wisata karena pengunjung tidak hanya datang untuk sekedar menghirup udara segar, menikmati keindahan alam, mendekatkan diri dengan alam, melepas kepenatan dari aktifitas sehari-hari, merasakan kehidupan pedesaan, tetapi juga dapat belajar mengenai keanekaragaman flora dan fauna. Beberapa contoh destinasi ekowisata di DAS mikro Bangsri dapat dilihat di Box 9.10.1.

### Box 9.10.1 Beberapa destinasi ekowisata yang saat ini berkembang di DAS mikro Bangsri

#### 1 Wana Wisata Winong (Winong Pine Forest)

Wana Wisata Winong yang dikenal dengan wisata hutan pinusnya terletak di Desa Bringin, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang. Lokasi geografisnya yang berada di lereng Semeru, Desa Bringin memiliki potensi alami mulai dari produk pertanian, hutan pinus, mata air hingga pemandangan alami, dimana kawasan ini dikelola oleh masyarakat dan Perhutani (Abbas *et al.* 2022). Pada mulanya, Wana Wisata Winong ini dibangun dengan dana hasil swadaya masyarakat dan saat ini telah berkembang menjadi pilihan destinasi wisata tematik dan bumi perkemahan (Gambar 9.10.1). Pengelola bertugas untuk menyediakan akses, infrastruktur, konsumsi, air bersih, dan penanganan sampah sekaligus mengendalikan para wisatawan agar tidak merusak aset-aset lingkungan. Wisatawan yang hadir dapat sekaligus berkontribusi dalam merawat alam, menghargai batas-batas wilayah wisata, untuk meminimalisir hilangnya keanekaragaman hayati di lokasi wisata.



**Gambar 9.10.1** Wana Wisata Winong di Desa Bringin yang dikelola oleh masyarakat dan Perhutani (Sumber foto: detik.com dan wisata.app)

#### 2 Mata Air Sumberwiwit (Sumberwiwit spring)

Tidak jauh dari Wana Wisata Winong, terdapat sumber mata air dan air terjun kecil bernama Sumberwiwit yang saat ini menjadi potensi ekowisata alami di Desa Bringin, Kecamatan Wajak Kabupaten Malang. Peran kawasan hutan dan agroforestri salah satunya adalah mengatur (*regulating*) siklus hidrologi di kawasan tersebut. Dengan ditetapkannya kebijakan kawasan bekas tambang pasir ini sebagai kawasan konservasi di sekitar Desa Bringin, rupanya memberikan pengaruh signifikan terhadap pengembangan ekowisata.

Sumber Wiwit berasal dari kata '*sumber*' yang dalam Bahasa Jawa berarti '*mata air*' dan '*wiwit*' yang berarti '*awal*'. Konon Sumberwiwit ini adalah tempat memandikan bayi yang baru lahir dan juga dikenal mitos '*air untuk mandi yang bisa membuat awet muda*'. Hal tersebut mengandung arti bahwa air tersebut terjaga kebersihannya. Dengan adanya "kepercayaan" wisata spiritual ini, masyarakat dan wisatawan berkomitmen bersama menjaga sarana fisik penting dan akomodasi di Sumberwiwit agar kegiatan wisata tetap terpelihara. Jasa ekowisata adalah sektor riil terdepan yang mengemas jasa lingkungan dan budaya sehingga menghasilkan manfaat bagi banyak pihak guna mendukung pembangunan berkelanjutan (Nugroho 2011).



**Gambar 9.10.2** Mata air Sumberwiwit menunjukkan peran hutan dalam meregulasi siklus hidrologi dalam penyediaan air bersih/sumber mata air (Sumber foto: malangposcomedia.id)

### 3 Wisata Njulung Edu Park

Dalam upaya rehabilitasi bekas penambangan pasir, suatu desa menawarkan wisata edukasi dengan konsep pengayaan vegetasi jenis tanaman kayu-kayuan. Wisata ini diinisiasi oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dalam rangka reboisasi lahan-lahan kritis bekas aktivitas penambangan pasir yang menyebabkan lahan kering dan tandus. Bukit Njulung Edu Park ini berada di Desa Bambang, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang (Gambar 9.10.3). Melalui konsep eduwisata ini, banyak *stakeholder* seperti pemerintah, perusahaan, maupun sekolah yang datang dan menanam bibit pohon produktif untuk ditanam di wilayah tersebut. Hal ini membuktikan bahwa ekowisata di suatu desa bisa dibangun oleh masyarakat atas kesadaran untuk perbaikan ekologi dan sebagai upaya sosialisasi mengembalikan ekosistem lingkungan.



**Gambar 9.10.3** Penanaman bibit pohon produktif di Njulung eduwisata oleh Bupati Malang (sumber foto: [lh.malangkab.go.id](http://lh.malangkab.go.id) (kiri), dan areal Njulung eduwisata yang dibangun dari lahan bekas penambangan pasir di Desa Bambang, Kab. Malang (kanan) sumber foto: [travelingyuk.com](http://travelingyuk.com))

## 9.11 Kesimpulan

Erupsi gunung berapi adalah musibah tetapi juga membawa berkah bagi masyarakat luas. Dalam jangka pendek erupsi gunung berapi memakan banyak korban dan merusak banyak lahan pertanian, perkebunan dan kehutanan. Namun, dalam jangka menengah material berupa pasir yang dihamburkan selama erupsi memberikan sumber pendapatan baru bagi masyarakat pria muda (<50 tahun) sebagai penambang pasir. Sementara, untuk jangka panjang erupsi gunung berapi merupakan berkah bagi masyarakat luas karena lahan pertanian yang ada berubah menjadi lahan yang subur.

Aktivitas penambangan pasir di lereng Gunung Semeru memperkaya kelembagaan informal di wilayah tersebut. Penambangan pasir berkontribusi positif terhadap ekonomi masyarakat sekitar hingga mencapai lebih dari 60% dari pendapatan rumah tangga. Hal tersebut menyebabkan adanya pergeseran perhatian dari sektor pertanian ke sektor penambangan sumber daya alam (pasir). Namun pada kondisi demikian, masyarakat masih membutuhkan pendampingan dalam mengelola *trade-off* antara kebutuhan ekonomi dan ekologi agar tingkat pendapatan masyarakat dapat terpenuhi secara optimal, dengan tingkat kerusakan lingkungan yang ditimbulkannya seminimal mungkin.

Salah satu strategi yang dapat ditawarkan untuk mereklamasi lahan bekas tambang pasir adalah dengan mengaplikasikan sistem agroforestri, untuk mengembalikan fungsi dan jasa lingkungan di tingkat lahan maupun lanskap. Adanya penambangan pasir menyebabkan kondisi kesuburan tanah menurun, yang diindikasikan dengan kepadatan tanah permukaan sangat tinggi, kadar C organik sangat rendah, rata-rata 0,89%. Aplikasi agroforestri multistrata mampu merestorasi lahan bekas penambangan pasir yang

ditandai dengan tingkat MBC terbesar (2 kali lebih besar bila dibandingkan dengan MBC di lahan penambangan pasir dan di lahan agroforestri sederhana). Guna meningkatkan keberhasilan dari upaya reklamasi lahan-lahan bekas penambangan pasir dengan jalan menanam aneka jenis pohon, dan keterlibatan masyarakat lokal harus ditingkatkan untuk penentuan strategi manajemen lahan, seperti penentuan bibit pohon dan perawatan serta pemasarannya. Selain itu, perlu dilakukan pendampingan dalam *monitoring* dan evaluasi dari upaya reklamasi lahan bekas penambangan pasir.

Peran agroforestri dalam multifungsi lanskap di lereng Gunung Semeru bukan hanya untuk reklamasi lahan bekas tambang pasir, tetapi juga fungsi ekologis dan sosial lainnya seperti rekreasi dan keindahan lanskap. Beberapa kawasan wisata yang saat ini berkembang di lereng Gunung Semeru tepatnya di DAS mikro Bangsri seperti Kampung Enam (Desa Patokpicis), Kopi Rejo dan Njulung Agro-edutourism (Desa Bambang), dan Sumber wiwit (Desa Bringin) merupakan wisata ekologis yang menerapkan prinsip-prinsip agroforestri. Didukung oleh latar belakang pemandangan indah Gunung Semeru dan udara yang sejuk, pengaturan jenis dan jarak tanam pohon yang tepat dalam sistem agroforestri dapat menambah keindahan lanskap dan menjadikan suasana teduh dan asri sehingga menarik pengunjung untuk datang dan betah untuk berlama-lama di lokasi ekowisata.



## Bab 10.

# KONDISI EKONOMI AGROFORESTRI DI PEGUNUNGAN JENDELA JAWA TIMUR

*Rizky Maulana Ishaq, Eka Purnamasari, Khanza Amaladewi Sudharta, Irma Ardi Kusumawati, Mila Oktavia Mardiani, Gabryana Auliya Nugroho, Cecilia Yulita Novia, Isnurdiansyah, Dewi Bodro, Thifali Adzani,*

## 10.1 Persebaran Praktek Agroforestri

Praktek agroforestri sudah lama diterapkan di beberapa wilayah di Indonesia dengan berbagai tipe kombinasi antara tanaman pertanian dengan tanaman kehutanan yang menjadi ciri khas setiap daerah. Terdapat beberapa macam praktik agroforestri yang diterapkan oleh masyarakat Indonesia untuk memaksimalkan lahan dan mengoptimalkan hasil yang didapatkan. Macam-macam praktek agroforestri di Indonesia diantaranya: a) sistem pekarangan, b) sistem kebun-talun, c) sistem lorong, d) sistem bera yang disempurnakan, e) sistem kebun wanatani berstrata, dan f) tumpangsari (Arifah 2022).

Di Provinsi Jawa Timur penerapan praktik agroforestri oleh petani tersebar di segala penjuru daerah, mulai dari agroforestri khas daerah pegunungan, agroforestri pekarangan, hingga agroforestri di daerah pesisir pantai. Agroforestri khas daerah pegunungan banyak dijumpai di lereng Gunung Anjasmoro (Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang, Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang; lereng Gunung Arjuno (Kecamatan Karangploso); lereng Gunung Kawi (Kecamatan Kepanjen,); dan di sepanjang lereng Gunung Semeru (Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang). Selain itu juga banyak dijumpai di sepanjang lereng Gunung Bromo (DAS Rejoso, yang tersebar mulai dari lereng atas, tengah, hingga bawah).

Menurut Widiyanto (2013) agroforestri memiliki dua dimensi utama, yaitu aspek sosial-ekonomi dan aspek lingkungan. Secara ekonomi, praktik agroforestri telah terbukti cukup berhasil dalam memenuhi kebutuhan jangka pendek masyarakat dari produk tanaman pertaniannya dan jangka panjang dari produk tanaman kehutanan. Bahkan, diharapkan praktik agroforestri ini mampu mengatasi masalah kemiskinan di Indonesia khususnya di Provinsi Jawa Timur. Masyarakat dapat mengembangkan teknologi budidayanya melalui teknik kearifan lokal seperti pengembangan pekarangan, kebun, pemeliharaan hutan sekunder, dan lingkungan sekitar desa. Selain manfaat ekonomi yang merupakan tujuan utama masyarakat dalam melaksanakan praktik agroforestri,

sistem ini juga mempunyai aspek positif dalam layanan lingkungan, seperti mengurangi resiko longsor dan erosi, memelihara kestabilan unsur hara, memelihara siklus hidrologi seperti menjaga ketersediaan air tanah.

## 10.2 Keuntungan Ekonomi Rumah Tangga dan Desa

Manfaat agroforestri dari segi ekonomi dapat dilihat dari keuntungan atau profitabilitas usaha tani yang dapat dihitung menggunakan metode Analisis Profitabilitas Penggunaan Lahan (APPL) atau lebih sering disebut sebagai *Land-Use Profitability Assessment* (LUPA) yang dikembangkan oleh *World Agroforestry* (ICRAF), Indonesia. Keuntungan finansial atau profitabilitas dari sebuah sistem usaha tani (SUT) adalah pendapatan bersih, yaitu total penerimaan dikurangi total biaya.

Indikator performa ekonomi yang digunakan adalah *Net Present Value* (NPV) sebagai tingkat pengembalian atas lahan (*Return to Land*), tingkat pengembalian atas tenaga kerja (*Return to Labor*). Selain itu dihitung pula Indikator ekonomi lainnya seperti *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Gross Benefit Cost Ratio* (BCR).

### 10.2.1 Net Present Value (NPV)

---

NPV merupakan keuntungan (profit) sekarang, selisih antara penerimaan terhadap biaya, selama periode kegiatan usaha yang dijalankan. NPV adalah penerimaan yang terdiskonto, dalam perhitungannya menggunakan faktor diskonto karena menormalkan nilai keuntungan di masa depan ke masa kini (Gittinger 1982). Suatu kegiatan dikatakan memiliki manfaat dan layak dijalankan bila  $NPV > 0$ . Rumus NPV adalah:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

di mana:

$B_t$ : manfaat/penerimaan tahun ke t

$C_t$ : biaya tahun ke t

$t$ : waktu dalam tahun

$i$ : tingkat diskonto

Tingkat diskonto (*discount factor*) menggunakan tingkat suku bunga kredit bank untuk modal kerja, yang dapat dihitung menggunakan rumus:



$$FD = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

di mana:

*FD*: faktor diskonto

*i* : tingkat suku bunga/diskonto

*t* : waktu dalam tahun ke-1,2,3...n perhitungan

### 10.2.2 Equal Annual Equivalent (EAE)

---

EAE digunakan untuk membandingkan keuntungan SUT yang memiliki siklus hidup berbeda. EAE adalah ekivalen rata-rata NPV per tahun yang terdiskonto (Meyer *et al.* 2015, Klimas *et al.* 2012). Jika EAE > 0, artinya SUT menguntungkan/layak untuk diusahakan. Rumus EAE adalah:

$$EAE = NPV \frac{i(1 + i)^t}{(1 + i)^t - 1}$$

di mana:

*EAE*: Equal Annual Equivalent

*NPV*: Net Present Value

*i* : tingkat suku bunga

*t* : tahun ke-1,2,3...n perhitungan

### 10.2.3 Return to Labour

---

*Return to labour* menunjukkan imbalan terhadap tenaga kerja yang diperoleh dari usaha tani atau tingkat upah Sistem usaha tani akan dinilai layak bila nilai *return to labor* > upah tenaga kerja rata-rata (Isnurdiansyah *et al.* 2021). Rumusnya adalah:

$$\text{Return to Labor} = \frac{\text{Total Pendapatan} - \text{Total Biaya Non Tenaga Kerja}}{\text{Total Jumlah Tenaga Kerja}}$$

### 10.2.4 Gross Benefit Cost Ratio (Gross BCR)

---

*Net Benefit Cost Ratio* menggambarkan perbandingan keuntungan terhadap biaya yang dikeluarkan. Jika BCR > 1, maka usaha tani dikatakan menguntungkan (Gittinger 2008, Pasaribu 2012). Rumus Net BCR adalah:

$$Net\ BCR = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} R}{\sum_{t=0}^{t=n} C}$$

di mana:

*BCR*: benefit cost ratio

*R*: total penerimaan

*C*: total biaya

*t*: tahun ke-1,2.,3.....n

### 10.2.5 Internal Rate of Return (IRR)

---

IRR adalah indikator untuk mengetahui tingkat efisiensi dari sebuah investasi. IRR menghitung tingkat bunga suatu investasi dan menyamakannya dengan nilai investasi saat ini berdasarkan penghitungan kas bersih di masa mendatang. IRR menunjukkan tingkat bunga yang menghasilkan NPV = 0. IRR juga dapat menjadi alat ukur kemampuan usaha tani dalam mengembalikan bunga pinjaman (Pasaribu 2012). Suatu investasi dikatakan menguntungkan bila IRR > suku bunga. Rumusnya adalah:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{(NPV_1 - NPV_2)} (i_2 - i_1)$$

di mana:

$NPV_1$ : *Net Present Value* positif

$NPV_2$ : *Net Present Value* negatif

$i_1$ : Faktor diskonto yang menghasilkan NPV positif

$i_2$ : Faktor diskonto yang menghasilkan NPV negative

Analisis ini dilakukan terhadap berbagai sistem usaha tani agroforestri yang diusahakan di pegunungan-pegunungan di Jawa Timur. Pengumpulan data dilakukan dengan sistem *snowballs* dan menggunakan metode wawancara terhadap kelompok tani. Responden dalam wawancara adalah petani dan ketua kelompok tani Desa Tosari Kabupaten Pasuruan, Desa Bambang Kecamatan Wajak Kabupaten Malang, Desa Krisik Kecamatan Gandusari Kabupaten Blitar, Desa Tulungrejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang, Desa Borogragal Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang, dan Desa Jambuwer Kecamatan Kromengan Kabupaten Malang. Pengumpulan data dilakukan pada Bulan Oktober 2022. Pertanyaan kunci dalam wawancara disusun dalam kuesioner terstruktur yang dikembangkan oleh ICRAF.

Analisis profitabilitas sistem usaha tani menggunakan data upah harian tenaga kerja dan tingkat suku bunga atau *discount rate* sebesar 7,11%. Upah harian disesuaikan dengan besaran uang yang diterima pekerja dan total waktu kerja harian sesuai lokasi. Nilai upah tenaga kerja pertanian di Jawa Timur adalah senilai Rp. 100.000 per hari orang kerja (HOK) dengan waktu kerja pukul 08.00 WIB hingga 16.00 WIB.

### **10.3** Sistem Usaha Tani Agroforestri Berbasis Kopi

Agroforestri kopi banyak diterapkan di Jawa Timur, khususnya di kawasan sekitar Gunung Kelud, Gunung Bromo, Gunung Kawi, Pegunungan Anjasmoro, dan Pegunungan Arjuno. Produk kopi varitas robusta ini menjadi komoditas unggulan setempat. Ada pula yang mengusahakan varitas arabika seperti yang umumnya ditanam di daerah Gunung Bromo dan Gunung Arjuno. Beberapa asumsi yang diterapkan dalam sistem usahatani agroforestri berbasis kopi yang umum berada pada kelima lokasi (Tabel 10.3.1).

Tabel 10.3.1 Asumsi sistem usaha tani Agroforestri Kopi di 5 lokasi

Lokasi (Gunung)	Komoditas dalam SUT	Jumlah pohon per ha	Unit produksi	Produktivitas (ha/tahun)	Jarak Tanam (m)	Pertama kali panen, tahun ke-
Kelud	Komoditas dalam SUT	Jumlah pohon per ha	Unit produksi	Produktivitas (ha/tahun)	Jarak Tanam (m)	Pertama kali panen, tahun ke-
	Kopi robusta	800	kg	1198,2	3 x 3	4
	Kakao	150	kg	232,22	4 x 4	4
Kawi	Kelapa	30	butir	2517	15 x 15	4
	Kopi robusta	1.000	kg	900	3 x 3	4
	Kelapa	35	butir	4536	15 x 15	4
Bromo	Lada	200	kg	22,75	6 x 6	3
	Kopi arabika	200	kg	1440	2,5 x 3	3
	Cemara	100	m <sup>3</sup>	320	6 x 6	Setiap tahun tanam
Anjasmoro	Bawang prei	40.000	kg	2520	0,15 x 0,15	1**)
	Kopi robusta	750	kg	720	3 x 3	4
	Durian	25	buah	725	15 x 15	4
Arjuna	Alpukat	20	kg	657	10 x 10	5
	Kopi robusta	650	kg	625	3 x 5	4
	Talas	750	kg	2824	tanpa jarak*)	1
	Kunyit	200	kg	339		1

Keterangan:

\*) talas ditanam di sekitar dan di pinggir lahan yang kosong

\*\*) bawang prei dipanen setahun 2 kali

### 10.3.1 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Kelud

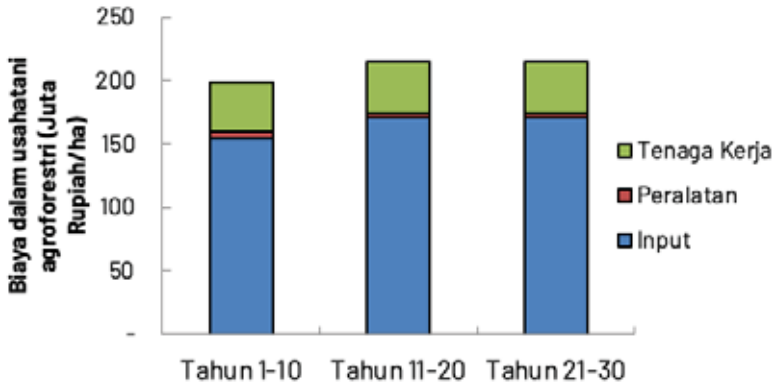
Sistem usaha tani agroforestri kopi di kawasan Pegunungan Kelud banyak dilakukan di wilayah pegunungan Kelud pada Desa Krisik, Kabupaten Blitar yang berbatasan dengan Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Dalam satu hektar lahan, tanaman kopi dikombinasikan dengan tanaman kakao, pohon kelapa sebagai penauang dan lamtoro dengan siklus setiap jenis tanamannya berbeda (Gambar 10.3.1). Pohon penauang lamtoro tidak dihitung dalam analisis usaha tani karena tidak dipanen buah maupun bagian tanaman lainnya.



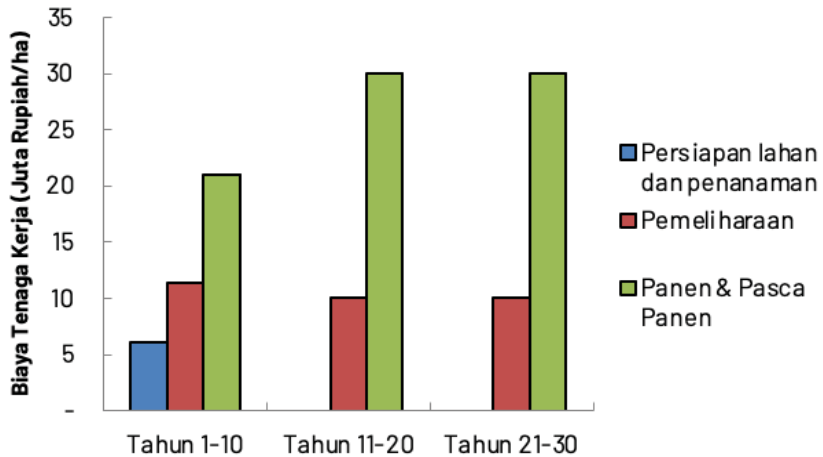
**Gambar 10.3.1** Sistem usahatani agroforestri kopi-kakao di Gunung Kelud (Sumber foto: R.M. Ishaq)

Sumber bibit kopi dan kelapa diperoleh oleh petani sendiri dari lahan agroforestri miliknya. Petani membuat bibit kopi dan kelapa dengan menumbuhkan dari biji menjadi bibit atau menggunakan stek pucuk, stek batang. Sementara bibit kakao diperoleh dengan membeli di tempat pembibitan terdekat. Penyulaman ketiga jenis ini dilakukan pada tahun ke-2, 3 dan 10 dalam satu siklus. Pemeliharaan tanaman kopi dan kelapa tidak dilakukan secara intensif, hanya pewiwilan/pemangkasan tunas air 2 kali/tahun dan pemangkasan pada kopi setiap tahun serta pemupukan pada seluruh pohon 2 kali/tahun dengan pupuk NPK dan pupuk kandang, sebanyak 2 genggam/pohon (sekitar 200 g/pohon). Pemupukan kopi dilakukan saat awal musim hujan dan saat masa pembungaan dengan tenaga kerja sebanyak 8 HOK/tahun setelah tahun ke-3. Petani tidak menggunakan herbisida, pestisida maupun fungisida. Peralatan yang digunakan adalah cangkul, sabit/golok, karung, ember, dan gunting pangkas dengan masa pakai selama 2-3 tahun.

Biaya terbesar yang diusahakan dalam agroforestri ini adalah input produksi (pupuk dan bibit), dengan persentase sebesar 79% (Rp 497.107.500), diikuti dengan 19% biaya tenaga kerja (Rp 118.500.000) dan biaya alat sebesar 2% (Rp 11.800.000). Biaya penggunaan tenaga kerja terbesar adalah untuk kegiatan panen dan pasca panen (68,4%), diikuti dengan kegiatan pemeliharaan (26,5%) dan persiapan lahan serta pemanenan (5,2%) (Gambar 10.3.2 dan Gambar 10.3.3).



Gambar 10.3.2 Biaya dalam usahatani agroforestri kopi dan kakao di Pegunungan Kelud

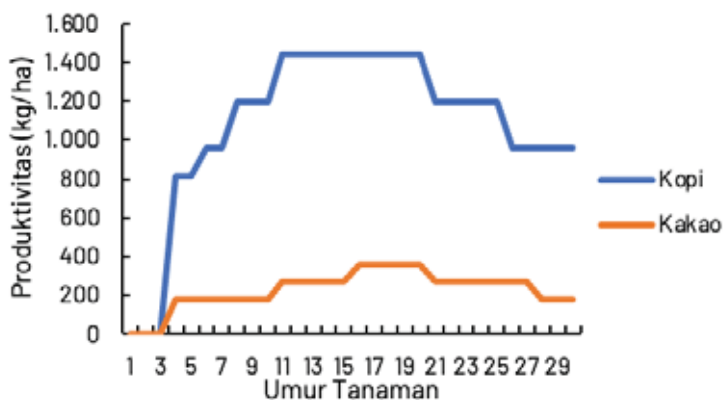


Gambar 10.3.3 Alokasi biaya tenaga kerja dalam usahatani agroforestri di Pegunungan Kelud

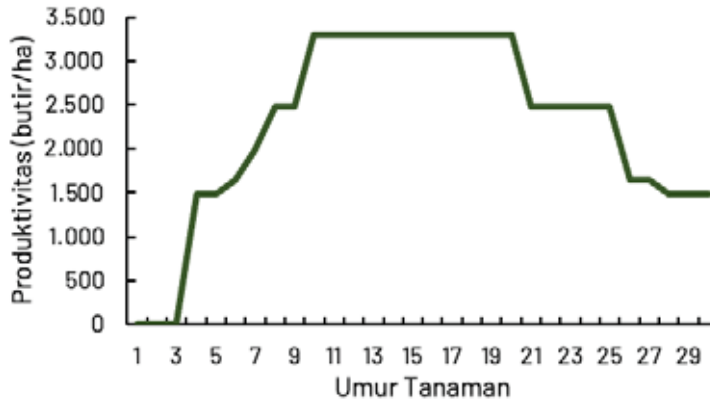
Hasil panen dan pendapatan petani didominasi oleh komoditas kopi (64%), kemudian diikuti oleh kelapa (20%) dan kakao (16%). Kopi sebagai komoditas utama dipanen 1 kali/tahun dan mampu menghasilkan panen 816 - 1.200 kg/ha (rata-rata 1198 kg/ha). Buah kakao juga dipanen 1 kali/tahun dengan hasil 180-330 kg/ha (rata-rata 253 kg/ha). Tenaga kerja yang digunakan dalam budidaya kedua komoditas tersebut sebanyak 15 HOK/tahun. Buah kopi dipanen dalam kondisi merah matang kemudian dikeringkan dan dijual dalam bentuk biji kopi kering (*green bean*, ose). Rata-rata petani di wilayah Gunung Kelud menjual produk kopi seharga Rp21.000-Rp24.000/kg untuk biji kering, sedangkan harga Rp10.000 untuk gelondong basah merah. Biji kakao dijual dalam bentuk kering dengan harga Rp25.000/kg. Kegiatan pasca panen kopi dan kakao menggunakan tenaga kerja 14 HOK/tahun

Buah kelapa dipanen mulai tahun ke-4 dan selanjutnya setiap 36 hari sekali, sehingga dalam 1 tahun panen dilakukan sebanyak 10 kali. Produksi kelapa bekisar antara 1485-3300 butir/ha (rata-rata 2518 butir/ha) atau per pohonnya 9-10 buah, yang saat pembuahan optimal mencapai 10-20 butir/pohon. Buah kelapa dijual dengan harga Rp3.000/butir. Pemanenan kelapa dilakukan dengan cara panjat atau menunggu buah jatuh, 1 HOK bisa mendapatkan 75 butir buah kelapa.

Berdasarkan data tersebut, selanjutnya dilakukan prediksi produksi sampai dengan satu siklus pertumbuhan dari kopi, kakao (Gambar 10.3.4) dan kelapa (Gambar 10.3.5).

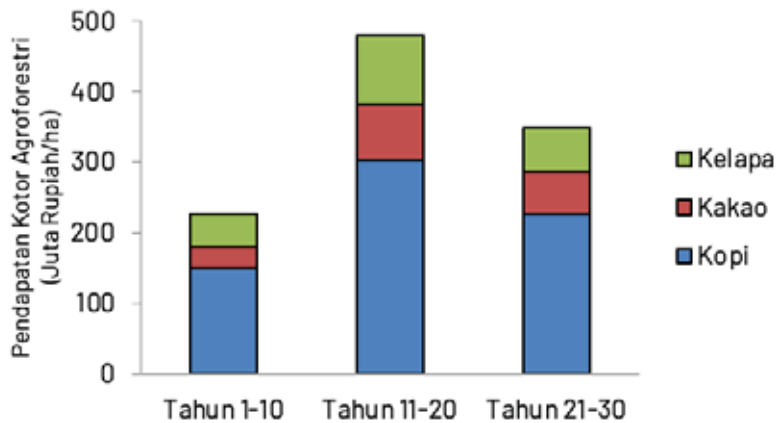


**Gambar 10.3.4** Estimasi produksi kopi dan kakao pada sistem usaha tani agroforestri di Pegunungan Kelud



Gambar 10.3.5 Estimasi produksi buah kelapa pada sistem usaha tani agroforestri di Pegunungan Kelud

Hasil analisis terhadap pendapatan kotor pada fase pertama (tahun ke 1-10) diprediksi total pendapatan usaha tani agroforestri di pegunungan Kelud ini mendapatkan sebesar Rp226.242.000. Di fase kedua (tahun ke 11-20) total pendapatan usaha tani agroforestri meningkat menjadi Rp480.150.000, namun pada fase ketiga (tahun ke 21-30) terjadi penurunan total pendapatan menjadi Rp347.940.000 (Gambar 10.3.6).



Gambar 10.3.6 Pendapatan kotor usaha tani agroforestri kopi dan kakao di Pegunungan Kelud



### 10.3.2 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Kawi

---

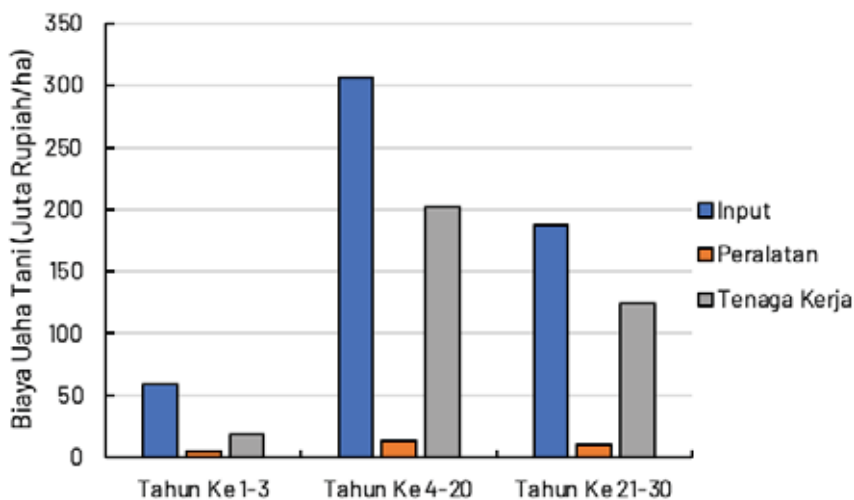
Dalam sistem agroforestri kopi di Pegunungan Kawi yang terletak di Desa Jambuwer, Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang, petani menanam tanaman kopi, kelapa, dan lada. Lada merupakan salah satu komoditas yang dibudidayakan dan merambat di batang pohon-pohon penayang seperti lamtoro, kakao dan kelapa (Gambar 10.3.7). Pohon penayang lamtoro dan kakao tidak dihitung dalam analisis usaha tani karena tidak dipanen buah maupun bagian tanaman lainnya. Jenis dan produk yang dihasilkan dari sistem agroforestri kopi di wilayah Gunung Kawi terdapat pada Gambar 10.3.8.



**Gambar 10.3.7** Sistem usahatani agroforestri kopi di Gunung Kawi (Sumber foto: R.M. Ishaq)

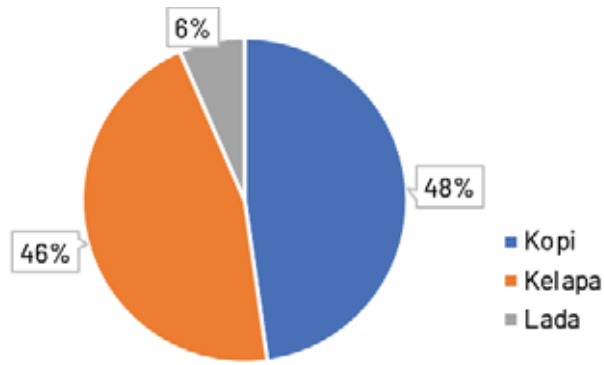
Sumber bibit kopi dan kelapa diperoleh dari lahan agroforestri miliknya. Petani membuat bibit kopi dan kelapa dengan menumbuhkan dari biji atau stek pucuk/batang. Sementara, bibit lada diperoleh dengan membeli di tempat pembibitan terdekat. Pemeliharaan tanaman kopi dan kelapa tidak dilakukan secara intensif, hanya pewilangan/ pemangkasan tunas air dan pemangkasan pada kopi serta pemupukan pada seluruh pohon. Petani tidak menggunakan pupuk anorganik, herbisida, pestisida maupun fungisida. Pembersihan gulma dilakukan secara manual oleh petani. Peralatan yang digunakan dalam kegiatan usaha tani tergolong ke dalam biaya variabel yang memiliki umur pakai tertentu. Beberapa peralatan tersebut adalah cangkul, golok, karung dan ember dengan umur pakai selama 2-3 tahun.

Biaya yang dikeluarkan oleh petani terdiri dari input (pupuk dan bibit), peralatan, dan tenaga kerja. Biaya usahatani yang dikeluarkan dan pendapatan kotor yang diperoleh mengikuti fase pertumbuhan tanam dengan merujuk pada tanaman utama dalam luasan 1 hektar. Siklus tanam yang diterapkan dalam analisis ini diasumsikan selama 30 tahun. Pada sistem usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Kawi biaya pengeluaran paling besar adalah untuk input (pupuk dan bibit). Sekalipun petani pada kenyataannya tidak mengeluarkan biaya pupuk kandang karena memanfaatkan kotoran ternak pribadi, namun pada perhitungan ini diasumsikan pengeluaran pupuk dinominalkan dengan harga yang berlaku di daerah tersebut. Hasil penghitungan mendapatkan bahwa total biaya keseluruhan selama 30 tahun adalah Rp926.395.250/ha. Biaya terbesar adalah untuk input produksi yaitu 60% dari total biaya, kemudian biaya tenaga kerja sebesar 37% dan peralatan sebesar 3% (Gambar 10.3.8).

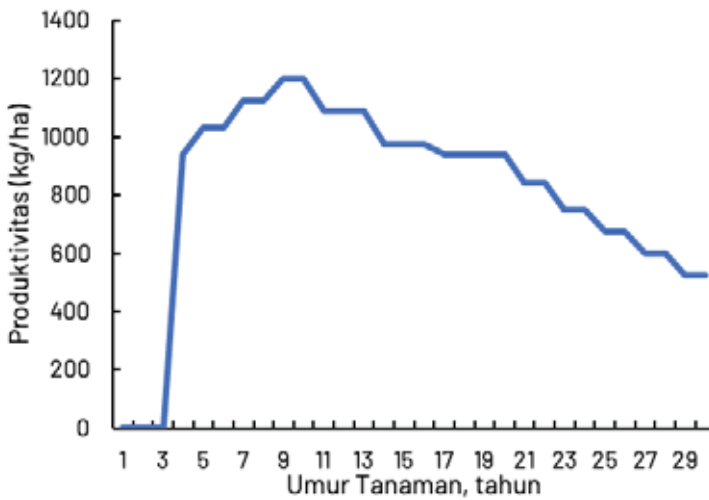


**Gambar 10.3.8** Estimasi biaya usaha tani agroforestri kopi di Pegunungan Kawi

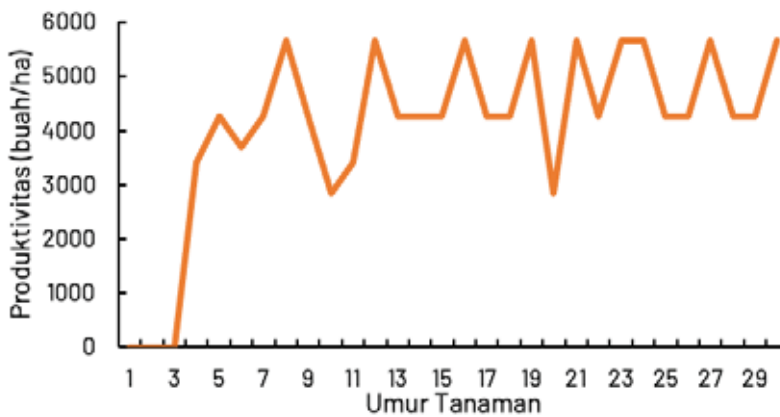
Hasil panen dan pendapatan petani didominasi oleh komoditas kopi (48%), kemudian diikuti oleh kelapa (46%) dan lada (6%)(Gambar 10.3.9). Kopi sebagai komoditas utama mampu menghasilkan panen hingga mencapai 900 kg/ha dari 1.000 pohon/ha. Kelapa dan lada sebagai tanaman sela mampu menghasilkan 4536 buah/ha dan 70 kg/ha (Gambar 10.3.10, Gambar 10.3.11, dan Gambar 10.3.12). Buah kopi dipanen dalam kondisi merah matang kemudian dikeringkan dan dijual dalam bentuk biji kopi kering (ose). Rata-rata petani yang berada di wilayah Gunung Kawi menjual produk kopi seharga Rp21.000/kg untuk biji kering, sedangkan untuk gelondong basah merah seharga Rp6.500/kg. Buah kelapa dihargai Rp4.000/buah dan lada Rp110.000/kg. Lada hanya ditanam dan dipanen hingga usia 12 tahun dalam siklus 30 tahun perhitungan.



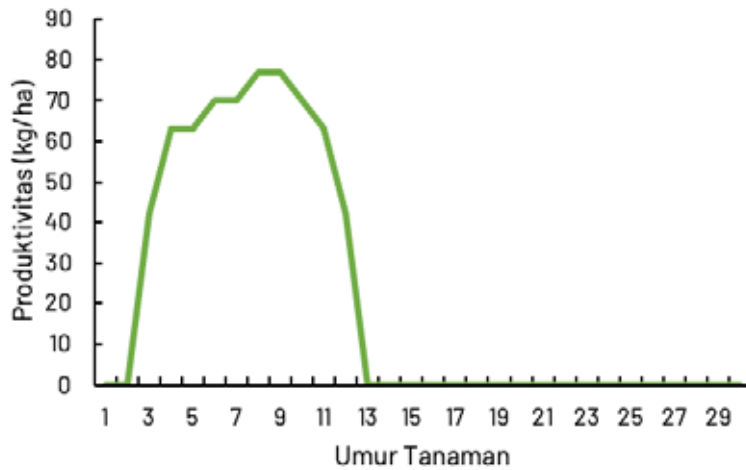
Gambar 10.3.9 Persentase pendapatan setiap komoditas selama 30 tahun



Gambar 10.3.10 Estimasi produksi kopi selama 30 tahun

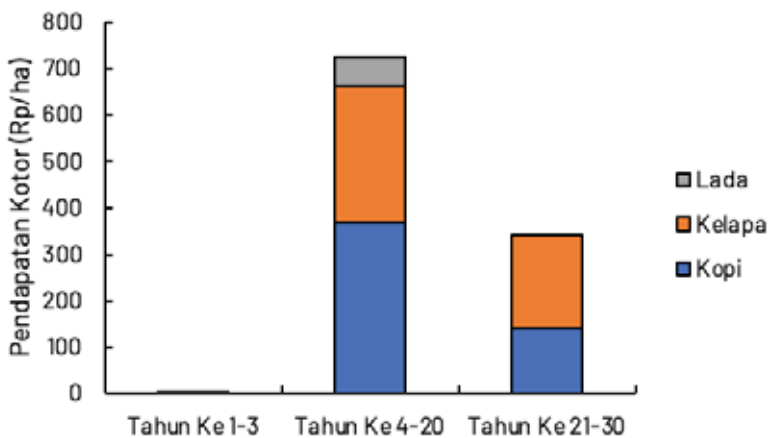


Gambar 10.3.11 Estimasi produksi kelapa selama 30 tahun



Gambar 10.3.12 Estimasi produksi lada selama 30 tahun

Hasil analisis mendapatkan bahwa pada fase pertama (tahun ke 1-3) diprediksi pendapatan kotor usaha tani agroforestri kopi di Gunung Kawi ini mendapatkan hasil Rp4.620.000/ha dari hasil panen lada, sedangkan tanaman utama belum berbuah dan belum dipanen. Pemanenan seluruh komoditas kopi, kelapa dan lada dilakukan mulai di fase kedua (tahun ke 4-20) sehingga total pendapatan bernilai Rp. 726.225.500/ha, namun pada fase ketiga (Tahun ke 21-30) mengalami penurunan pendapatan menjadi Rp 340.987.500/ha (Gambar 10.3.13). Hal ini dikarenakan komoditas lada pada fase ketiga sudah tidak menghasilkan panen sama sekali. Selain itu, komoditas kopi yang juga mengalami penurunan produktivitas pada fase ketiga.



Gambar 10.3.13 Pendapatan kotor dari agroforestri kopi di setiap fase selama 30 tahun

### 10.3.14 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Bromo

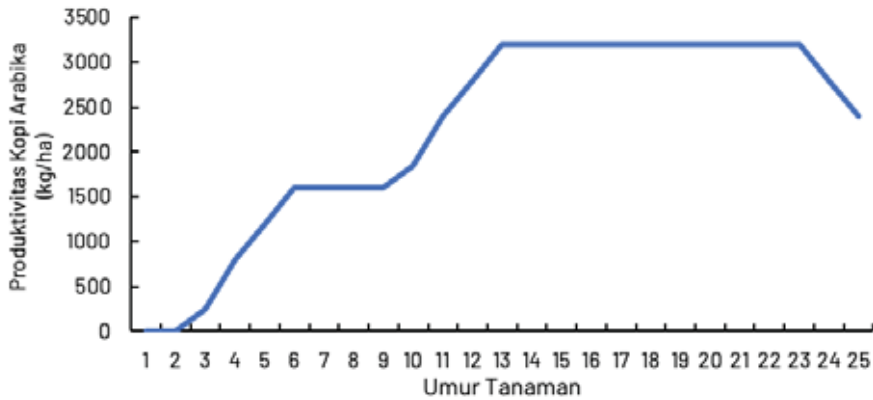
---

Pada kawasan Pegunungan Bromo, tepatnya di Desa Tosari, Kec. Tosari, Kabupaten Pasuruan, banyak diusahakan agroforestri kopi pada lahan yang sudah ditanami pohon cemara selama puluhan tahun. Generasi pengelola saat ini mengusahakan kembali dengan menanam kopi arabika yang dikombinasikan dengan bawang daun/prei. Agroforestri ini dapat dilakukan dengan siklus selama 25 tahun. Penanaman kopi dilakukan dua kali, yaitu pada tahun pertama dan tahun ke-8. Pohon cemara ditanam setiap tahun untuk menggantikan pohon yang di tebang dengan penggunaan terbesar untuk kayu bakar. Dalam 1 hektare, biasanya ada sejumlah 100 batang pohon cemara dan yang ditanam setiap tahun berjumlah 2 batang/ha/tahun (Gambar 10.3.14)

Pada tahun pertama dan pada setiap musim tanam, dilakukan persiapan lahan berupa pemberian herbisida, pupuk urea dan phonska kemudian dilanjutkan penanaman. Karena adanya siklus baru untuk cemara serta penanaman bawang, maka ada penambahan tenaga kerja untuk persiapan lahan dalam rangka menghadapi periode penanaman selanjutnya. Pemeliharaan intensif dilakukan untuk budidaya bawang prei berupa penyiangan dan penyemprotan pestisida dan pemupukan yang dilakukan setiap musim tanam. Pemberian pestisida cair, dan bubuk untuk mengendalikan semut. Pemupukan menggunakan pupuk kimia: urea, phonska, pupuk daun dan pupuk organik untuk bawang prei dan kopi.

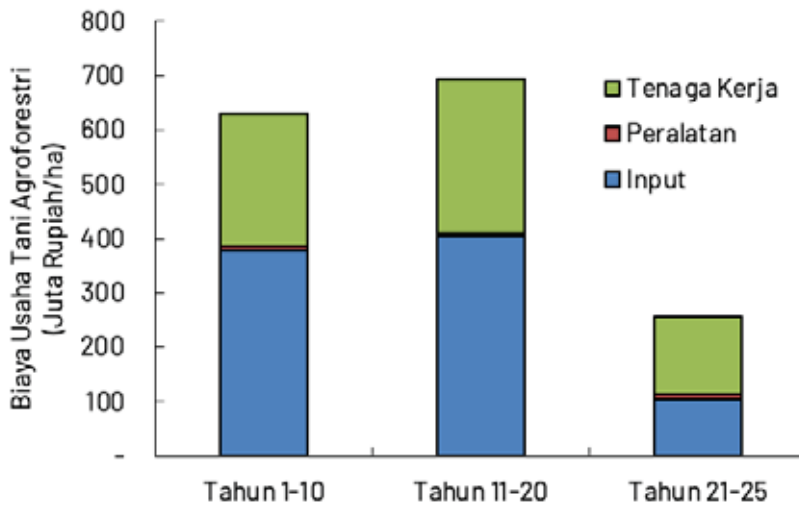
Alat yang dibutuhkan dalam agroforestri ini adalah cangkul, arit, knapshack, karung, ember, kapak dan rafia. Karung dan rafia dibutuhkan setiap tahunnya untuk penanaman dan panen bawang prei dan kopi. Sementara, alat-alat seperti cangkul, arit, knapshack dan kapak akan diperbarui setelah 7 tahun penggunaan. Ember memiliki masa pakai 5 tahun.

Kopi arabika ditanam dua kali selama siklus ini, hasil panen bekisar antara 240-1600 kg/ha dengan rata-rata berat biji kopi yang dipanen adalah 1440 kg/ha yang membutuhkan tenaga kerja 8-16 HOK/tahun. Panen kopi biasanya menggunakan ukuran "blek minyak goreng" dimana 1 blek setara dengan 12 kg biji kopi kering yang sudah dijemur, berwarna hijau-merah. Harga jual biji kopi Rp13.000/kg. Bawang prei ditanam 2 kali setahun dan pada setiap masa panen akan diperoleh 2520 kg/musim/ha bila diasumsikan 1 tanaman memiliki berat 70 gram. Bawang prei dijual dengan harga Rp8.000/kg. Pemanenan bawang membutuhkan tenaga kerja 40 HOK/2 kali panen/tahun. Pohon cemara dimanfaatkan kayunya sebagai kayu bakar. Harga kayu cemara yang dijual oleh petani setempat adalah Rp. 600.000/m<sup>3</sup> (Gambar 10.3.15).

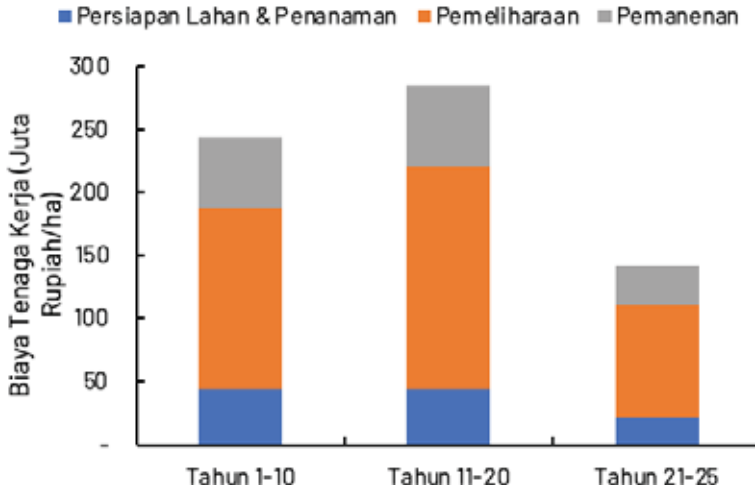


Gambar 10.3.14 Estimasi produksi kopi arabika pada agroforestri kopi di Gunung Bromo

Biaya usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Bromo selama 25 tahun adalah Rp1.577.575.000 dengan pengeluaran terbesar untuk input produksi (pupuk dan bibit), yaitu Rp887.575.000 (62%), diikuti dengan tenaga kerja sebesar Rp670.000.000 (42%) dan peralatan Rp. 20.000.000 (1%). Biaya tenaga kerja terdiri dari pemeliharaan (61%), pemanenan (23%) dan persiapan dan penanaman (17%). Kebutuhan biaya terbesar terjadi pada fase 2, yaitu pada tahun 11-20 (Gambar 10.3.16).

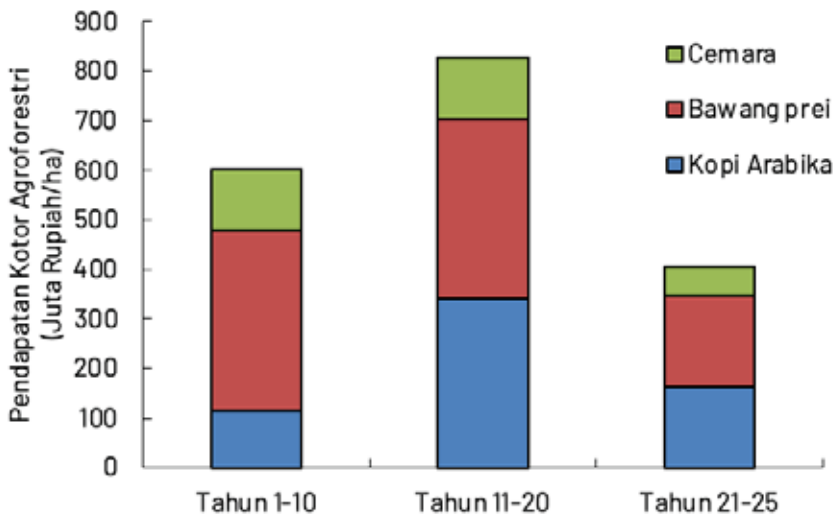


Gambar 10.3.15 Biaya usaha tani agroforestri kopi di Gunung Bromo



Gambar 10.3.16 Alokasi biaya tenaga kerja pada usaha tani agroforestri kopi di Gunung Bromo

Pendapatan terbesar dari agroforestri ini berasal dari bawang prei (49,5%), kopi arabika (33,8%) dan kayu cemara (16,7%). Pada fase pertama (tahun 1-10) diprediksi total pendapatan kotor usaha tani agroforestri kopi di Pegunungan Bromo sebesar Rp601.564.000/ha, pada fase kedua (tahun 11-20) meningkat menjadi Rp. 826.100.000/ha dan pada fase ketiga (tahun 21-25) terjadi penurunan total pendapatan kotor menjadi Rp406.420.000/ha (Gambar 10.3.17).



Gambar 10.3.17 Pendapatan kotor dari usaha tani agroforestri kopi di Gunung Bromo

### 10.3.15 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Anjasmoro

---

Sebagian besar wilayah sekitar Gunung Anjasmoro dikelola sebagai agroforestri dan pertanian. Salah satu komoditas unggulan di lokasi setempat adalah kopi, dengan pohon penaung berupa durian dan alpukat yang juga merupakan komoditas yang diminati oleh masyarakat (Gambar 10.3.18). Komponen penyusun dan produk panen yang dihasilkan dari sistem agroforestry kopi dan bersifat komersil di wilayah Gunung Anjasmoro disajikan dalam Gambar 10.3.18.



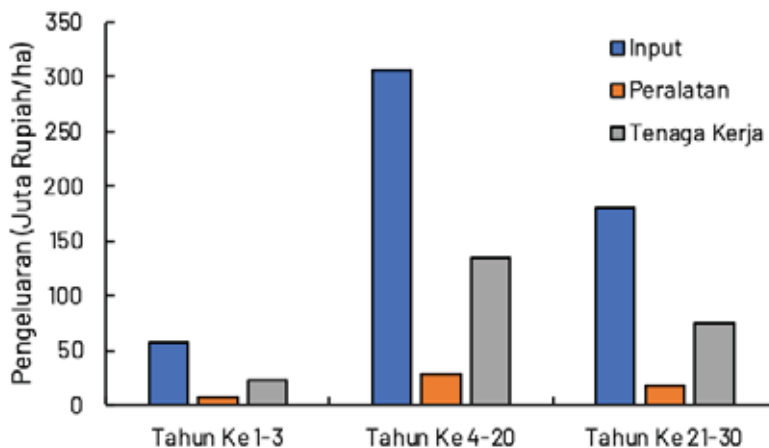
**Gambar 10.3.18** Sistem usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Anjasmoro (Sumber foto: R.M. Ishaq)

Bibit kopi dan alpukat diperoleh dari lahan agroforestri milik petani. Sementara, bibit durian dibeli dari petani lokal dan sebagian dari lahan sendiri. Petani membuat bibit tanaman kopi, durian dan alpukat dengan menumbuhkan dari biji menjadi bibit atau stek pucuk/batang. Pemeliharaan tidak dilakukan secara intensif, hanya pewiwilan/ pemangkasan tunas air dan pemangkasan kopi. Petani tidak menggunakan herbisida, pestisida maupun fungisida dalam pengelolaan hama dan penyakit, karena tingkat serangan tergolong di bawah ambang batas ekonomi. Pembersihan gulma dilakukan secara manual oleh petani. Peralatan yang digunakan dalam kegiatan usaha tani



tergolong ke dalam biaya variabel yang memiliki umur pakai tertentu. Beberapa peralatan tersebut adalah cangkul, golok, ember, gunting pangkas, garu, dan karung dengan umur pakai selama 2-3 tahun.

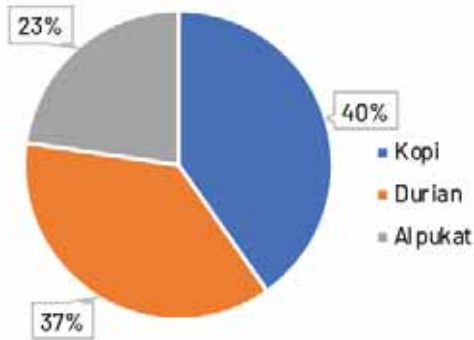
Biaya yang dikeluarkan oleh petani terdiri dari input (pupuk dan bibit), peralatan, dan tenaga kerja. Biaya usahatani yang dikeluarkan dan pendapatan kotor yang diperoleh mengikuti kategori fase tanam dengan merujuk pada tanaman utama dalam luasan 1 hektar. Siklus tanam yang diterapkan diasumsikan selama 30 tahun. Pada sistem usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Anjasmoro total biaya keseluruhan selama 30 tahun adalah Rp 829.130.417/ha dengan biaya paling besar adalah untuk input pupuk dan bibit (65,5% dari total biaya). Petani pada kenyataannya tidak mengeluarkan biaya pupuk kandang karena memanfaatkan kotoran ternak pribadi, namun pada perhitungan ini diasumsikan pengeluaran pupuk dinominalkan dengan harga yang berlaku di daerah tersebut. Biaya tenaga kerja sebesar 28% dan peralatan sebesar 6,5% (Gambar 10.3.19). Biaya tenaga kerja sejumlah Rp. 228.706.667/ha terbagi dalam kegiatan-kegiatan, antara lain: persiapan lahan dan penanaman (11%), pemeliharaan (47%), panen dan pasca panen (42%).



**Gambar 10.3.19** Biaya produksi agroforestri kopi di Pegunungan Anjasmoro

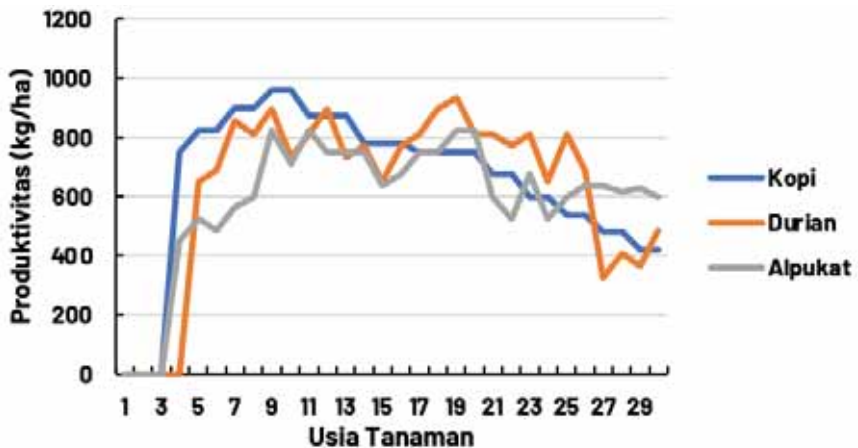
Hasil panen didominasi oleh komoditas kopi (40%), diikuti oleh durian (37%) dan alpukat (23%)(Gambar 10.3.20). Kopi sebagai komoditas utama mampu menghasilkan panen hingga hampir mencapai 720 kg/ha dari 750 pohon per ha. Buah kopi dipanen dalam kondisi merah matang, kemudian dikeringkan dan dijual dalam bentuk biji kopi kering (ose). Rata-rata petani yang berada di wilayah Gunung Anjasmoro menjual produk kopi seharga Rp21.000/kg untuk biji kering, sedangkan untuk gelondong basah merah

seharga Rp6.500/kg. Alpukat dan durian dijual melalui sistem borongan dengan tengkulak. Pada umumnya, buah durian dihargai Rp20.000/buah, sedangkan buah alpukat dijual dengan harga Rp3.000/kg.



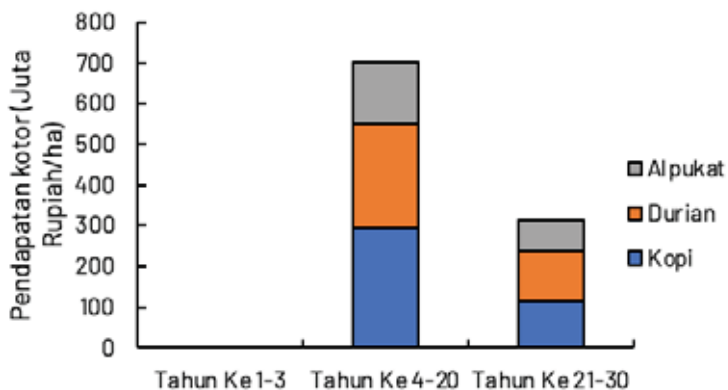
Gambar 10.3.20 Persentase pendapatan setiap komoditas selama 30 tahun

Berdasarkan data di atas, dalam menghitung profitabilitas suatu usaha tani dilakukan pendugaan atau estimasi produksi dari komoditas utama selama satu siklus pertumbuhan (Gambar 10.3.21).



Gambar 10.3.21 Estimasi produksi kopi, durian dan alpukat per tahun selama 30 tahun

Pada fase pertama (tahun 1-3) diprediksi pendapatan usahatani agroforestry kopi belum terlihat mendapatkan hasil karena ketiga komoditi belum berbuah. Pemanenan kopi, durian dan alpukat dilakukan di fase kedua (tahun 4-20) sehingga total pendapatan bernilai Rp701.882.500 namun pada fase ketiga (tahun 21-30) mengalami penurunan pendapatan menjadi Rp315.302.500 karena produktivitasnya mulai menurun (Gambar 10.3.22).



Gambar 10.3.22 Pendapatan kotor agroforestri kopi di setiap fase selama 30 tahun

### 10.3.16 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Arjuno

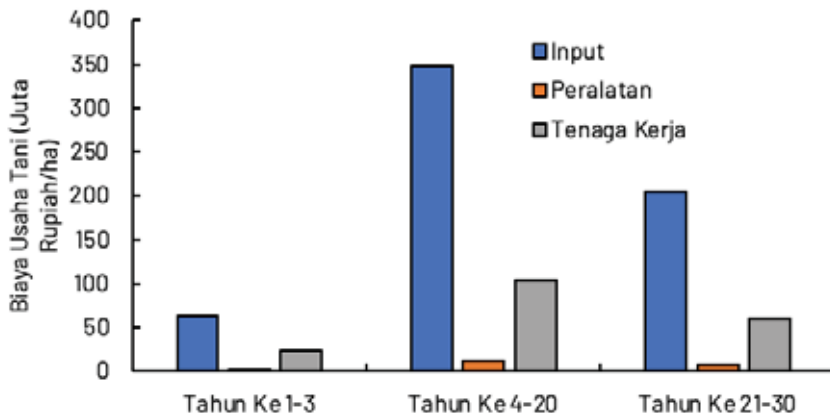
Salah satu sistem usaha tani yang teridentifikasi di wilayah Pegunungan Arjuno, Dusun Sumbersari, Desa Borogragal, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang adalah agroforestri kopi yang dikombinasikan dengan tanaman talas dan kunyit (Gambar 10.3.23). Komponen penyusun sistem usaha tani dan produk yang dihasilkan dari sistem agroforestri kopi di wilayah Gunung Arjuno disajikan pada Gambar 10.3.24.



**Gambar 10.3.23** Sistem usahatani agroforestry kopi di Gunung Arjuno (Sumber foto: R.M. Ishaq)

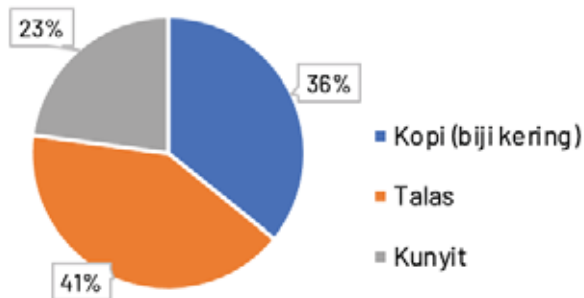
Sumber bibit tanaman kopi dan talas diperoleh dari lahan milik tetangga, namun bibit kunyit diperoleh dengan cara membeli di tempat pembibitan terdekat. Pemeliharaan tanaman tidak dilakukan secara intensif, hanya pewiwilan/pemangkasan tunas air dan pemangkasan tanaman kopi. Petani tidak menggunakan herbisida, pestisida maupun fungisida dalam pengendalian hama dan penyakit, karena tingkat serangan tergolong di bawah ambang batas ekonomi. Pembersihan gulma dilakukan secara manual oleh petani. Peralatan yang digunakan dalam kegiatan usaha tani tergolong ke dalam biaya variabel yang memiliki umur pakai tertentu. Beberapa peralatan tersebut adalah cangkul, golok, ember, gunting pangkas, garu, dan karung dengan umur pakai selama 2-3 tahun.

Biaya yang dikeluarkan oleh petani terdiri dari input (pupuk dan bibit), peralatan, dan tenaga kerja. Biaya usahatani yang dikeluarkan dan pendapatan kotor yang diperoleh mengikuti kategori fase tanam dengan merujuk pada tanaman utama dalam luasan 1 hektare. Pada sistem usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Arjuno, biaya paling besar adalah untuk input (pupuk dan bibit). Total biaya selama 30 tahun adalah Rp824.940.750. Biaya terbesar adalah untuk input yaitu 74,6% dari total biaya produksi yang dikeluarkan, kemudian biaya tenaga kerja sebesar 22,7% dan peralatan sebesar 2,7% (Gambar 10.3.25).

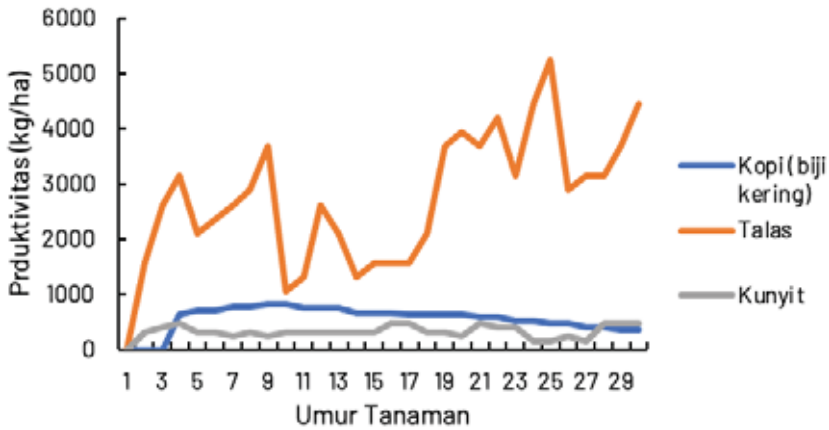


Gambar 10.3.24 Biaya produksi pada usahatani agroforestri kopi di Pegunungan Arjuno

Hasil panen didominasi oleh komoditas talas (41%), diikuti oleh kopi (35,8%) dan kunyit (22,8%)(Gambar 10.3.26). Kopi sebagai komoditas utama mampu menghasilkan panen hingga mencapai 625 kg/ha dari 650 pohon/ha. Buah kopi dipanen dalam kondisi merah matang kemudian dikeringkan dan dijual dalam bentuk biji kopi kering (ose). Rata-rata petani yang berada di wilayah Gunung Anjasmoro menjual produk kopi seharga Rp21.000/kg untuk biji kering, sedangkan untuk gelondong basah merah seharga Rp6.500/kg. Pada umumnya, talas dihargai Rp5.000/kg, sedangkan kunyit Rp23.000/kg.

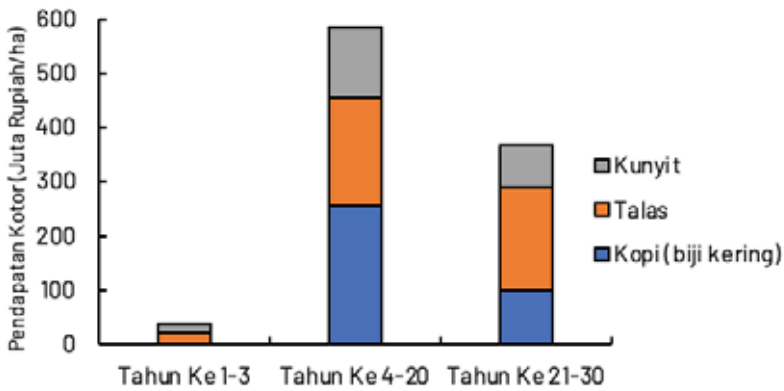


Gambar 10.3.25 Persentase pendapatan kotor setiap komoditas selama 30 tahun



**Gambar 10.3.26** Estimasi produksi tahunan kopi, talas dan kunyit pada agroforestri per tahun selama 30 tahun

Pada fase pertama (tahun 1-3) diprediksi pendapatan usahatani agroforestri kopi adalah Rp37.560.000 dari hasil panen tanaman talas dan kunyit, sedangkan tanaman utama belum berbuah dan belum dipanen. Pemanenan kopi, talas dan kunyit dilakukan di fase kedua (tahun 4-20) sehingga total pendapatan bernilai Rp584.901.500, namun pada fase ketiga (tahun 21-30) mengalami penurunan menjadi Rp. 368.258.500 (Gambar 10.3.27).



**Gambar 10.3.27** Pendapatan kotor dari usahatani agroforestri kopi di setiap fase selama 30 tahun

## 10.4 Sistem Usaha Tani Agroforestri Berbasis Sengon

### 10.4.1 Sistem Usaha Tani Agroforestri Pegunungan Semeru

Salah satu sistem usaha tani yang teridentifikasi di Desa Bambang, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang yang terletak pada kaki Gunung Semeru adalah agroforestri berbasis sengon. Di dalam agroforestri ini, sengon dikombinasikan dengan alpukat dan petai dengan siklus jumlah pohon dan jarak tanam yang berbeda (Tabel 10.4.1, Gambar 10.4.1).

**Tabel 10.4.1** Komponen penyusun sistem usaha tani Agroforestri Sengon di Pegunungan Semeru

Jenis Tanaman	Produk	Jumlah pohon/ha	Unit produksi	Produktivitas (ha/th)	Jarak tanam (m)	Umur awal pamen (tahun ke)
Sengon	Kayu	900	batang	112	3 × 3	6
Alpukat	Buah	80	kg	2917	8 × 8	5
Petai	Buah	80	kg	1492	8 × 8	5

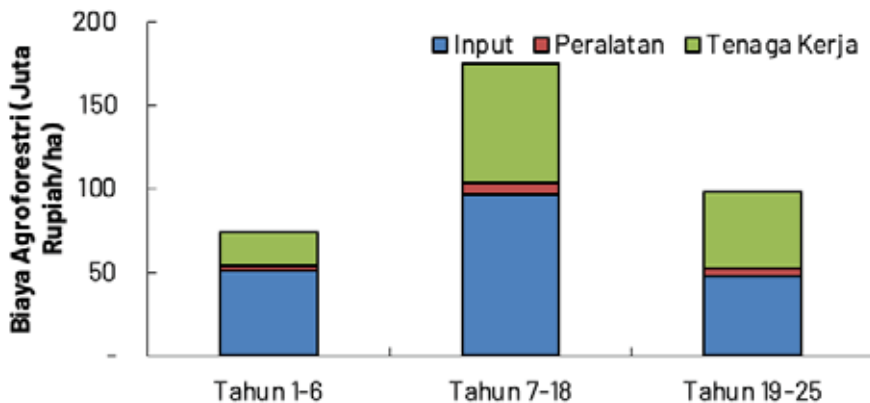


**Gambar 10.4.1** Sistem usaha tani agroforestri sengon di pegunungan Semeru (Sumber foto: R.M. Ishaq)

Pada tahun pertama dilakukan penyiangan gulma dan pembuatan lubang tanam sebagai tahapan persiapan. Selanjutnya dilakukan penanaman tiga jenis tanaman, tahun pertama dan kedua ada penyulaman yang membutuhkan tenaga kerja 10 HOK/tahun untuk penanaman. Selama pemeliharaan, pemberian pupuk dilakukan dengan interval 2 kali/siklus yaitu pada 2 tahun awal penanaman. Karena adanya siklus baru untuk sengon, maka ada penambahan tenaga kerja untuk persiapan lahan dalam rangka menghadapi periode penanaman selanjutnya sebanyak 28 HOK/siklus. Tidak ada pemberian herbisida dan pestisida. Penyiangan dilakukan sepanjang tahun dengan tujuan untuk perawatan lahan (10 HOK/tahun).

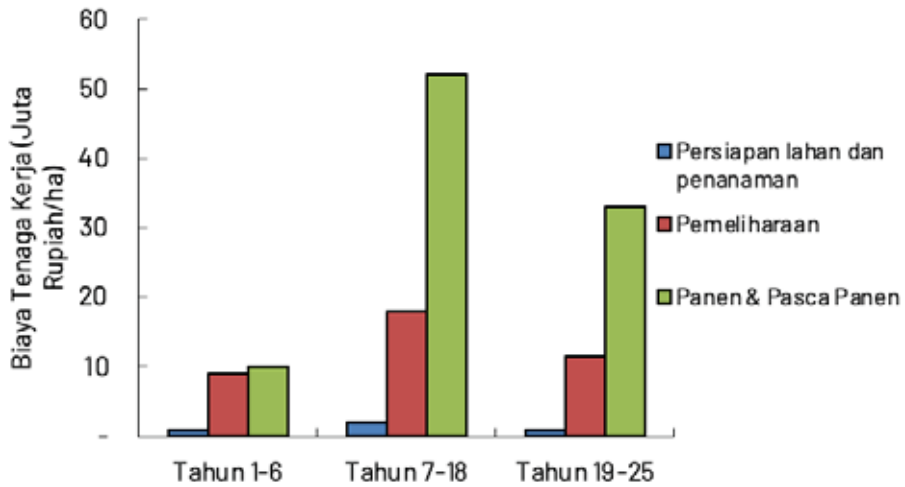
Alat yang dibutuhkan dalam usaha tani adalah cangkul, garu, sabit, kapak, dan golok yang digunakan untuk proses perawatan lahan. Peralatan tersebut memiliki masa pakai yang cukup panjang sekitar 4 tahun, sehingga setiap 4 tahun sekali akan ada pembelian peralatan yang baru. Karung dan ember juga digunakan sebagai wadah hasil panen dan pupuk dengan masa pakai hanya berkisar 2 tahun.

Total biaya yang dibutuhkan untuk melakukan sistem usaha tani selama 25 tahun adalah Rp346.885.000 dengan biaya terbesar untuk input produksi, yaitu sebesar Rp194.650.000 (56%), kemudian biaya tenaga kerja Rp137.500.000 (40%), dan kebutuhan alat Rp14.735.000 (4%)(Gambar 10.4.2). Biaya tenaga kerja terbesar berasal dari pemanenan (69%), diikuti dengan pemeliharaan (28%) dan persiapan lahan (3%)(Gambar 10.4.3). Pemanenan dilakukan dengan sistem borongan atau ditebas oleh pembeli/ tengkulak secara langsung.



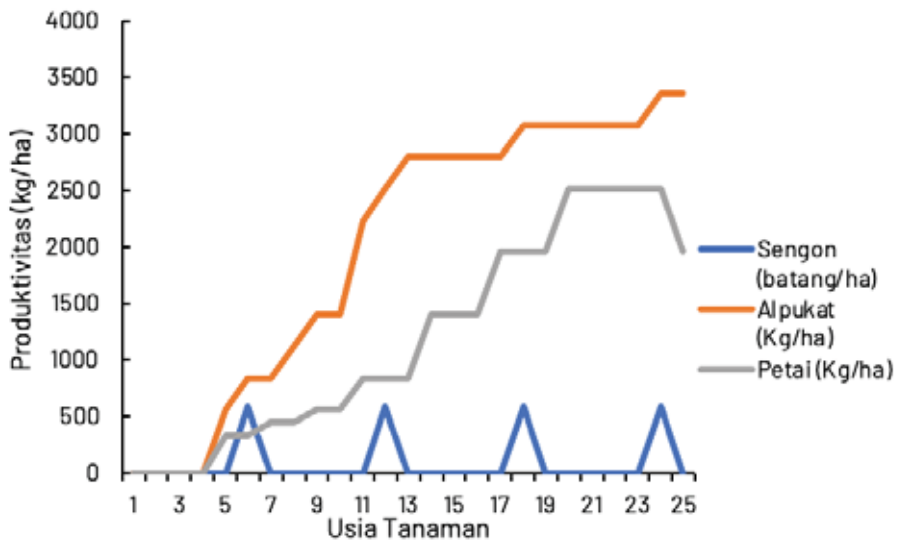
Gambar 10.4.2 Biaya usahatani agroforestris sengon di Gunung Semeru





Gambar 10.4.3 Biaya tenaga kerja pada usaha tani agroforestri sengon di Gunung Semeru

Dalam analisis profitabilitas, estimasi pendapatan kotor dihitung dari produksi. Oleh karena itu, diperlukan data estimasi produksi selama satu siklus hidup tanaman utama (Gambar 10.4.4).



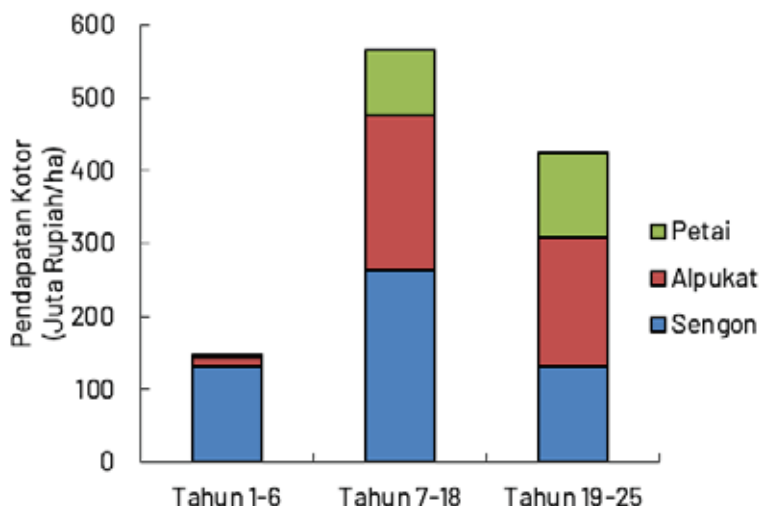
Gambar 10.4.4 Estimasi produksi setiap komoditas pada agroforestry sengon di Gunung Semeru

Panen kayu sengon berkontribusi sebesar 46% dari keseluruhan pendapatan agroforestry. Sementara, buah alpukat berkontribusi sekitar 35% dan petai 18% terhadap total pendapatan petani. Sengon sebagai komoditas utama memiliki siklus hidup 6 tahun, dengan hasil panen kayu setiap siklusnya 585 batang/ha/siklus. Harga jual kayu sengon adalah sebesar Rp225.000/batang dan hasil panen kayu sengon sepenuhnya dijual kepada tengkulak.

Buah alpukat dipanen setahun sekali pada Bulan April atau Mei sejak tahun ke-5. Alpukat dapat menghasilkan buah sebanyak 10-15 kg/pohon pada umur tanaman yang masih muda dan bertambah hingga 60 kg/pohon saat umur tanaman mencapai tahun ke-14 dan seterusnya. Kuantitas panen buah alpukat sebanyak 560-3360 kg/ha (rata-rata 2.552 kg/ha) dengan harga jual buah sebesar Rp. 8.000/kg.

Buah petai dipanen dalam kurun waktu setahun sekali pada Bulan Maret atau September sejak tahun ke-5. Panen buah petai berkisar 6 kg/pohon dan mencapai 45 kg/pohon ketika pohon sudah mencapai usia produktif (tahun ke-24). Kuantitas panen sebanyak 336-2.520 kg/ha (rata-rata 1.493 kg/ha) dengan harga jual buah petai sebesar Rp 7.000/kg.

Pada fase pertama (tahun 1-6) diprediksi total pendapatan kotor usaha tani agroforestri sengon ini sebesar Rp149.129.000/ha. Pada fase kedua (tahun 7-18), meningkat menjadi Rp595.042.000/ha, namun pada fase ketiga (tahun 19-25) terjadi penurunan menjadi Rp 449.505.000/ha (Gambar 10.4.5). Hal ini dikarenakan produktivitas ketiga komoditas di sistem usaha tani ini pada fase ketiga juga mengalami penurunan.



**Gambar 10.4.5** Pendapatan kotor pada agroforestri sengon di pegunungan Semeru

## 10.5 Indikator Performa Ekonomi Sistem Usaha Tani Agroforestri di Pegunungan Jawa Timur

Berdasarkan indikator performa ekonomi sistem usaha tani agroforestri di pegunungan Jawa Timur pada Tabel 10.5.1, dapat disimpulkan bahwa sistem usahatani pada agroforestri kopi dan agroforestri sengon memiliki kelayakan finansial atau menguntungkan. Perhitungan NPV selama 25 dan 30 tahun bernilai positif di seluruh wilayah. Perhitungan IRR yang menunjukkan bahwa investasi melalui agroforestri kopi memiliki tingkat pengembalian 11,06% - 15,89%, sementara agroforestri sengon sebesar 26,1%. Artinya semakin tinggi nilai IRR maka semakin tinggi pula peluang investasi yang dapat dilakukan. Nilai NPV, EAE pada agroforestri kopi di Gunung Kelud paling tinggi diantara yang lainnya karena adanya penanaman tanaman kakao yang menghasilkan biji kering dengan harga jual yang tinggi (Rp25.000/kg) dan produksi rata-rata kopi robusta yang mencapai 1000 kg/ha/tahun. Variasi tanaman sampingan selain kopi memberikan kontribusi keuntungan yang berbeda di masing-masing daerah.

Keputusan untuk menjual produk kopi basah pada agroforestri kopi di Gunung Bromo dengan harga jual menjadi rendah (Rp 13.000/kg) menyebabkan nilai NPV lebih rendah bila dibandingkan dengan lokasi lain di Pegunungan Jawa Timur yang dikaji. Namun, apabila dilihat dari nilai EAE, tidak berbeda jauh karena komoditas bawang prei berkontribusi hingga 49% dan lebih besar dibandingkan kopi. Namun agroforestri kopi di Pegunungan Bromo memiliki nilai *payback period* atau pengembalian modal yang lebih lama, yaitu 11 tahun dibandingkan di lokasi lainnya.

Agroforestri sengon di Pegunungan Semeru menghasilkan NPV terbesar namun *payback period* diperkirakan setelah 12,64 tahun. *Return to Labor* atau laba bagi pekerja pada seluruh sistem lebih dari upah pekerja harian yaitu Rp100.000/HOK.

**Tabel 10.5.1** Indikator performa ekonomi sistem usaha tani agroforestri di Pegunungan Jawa Timur

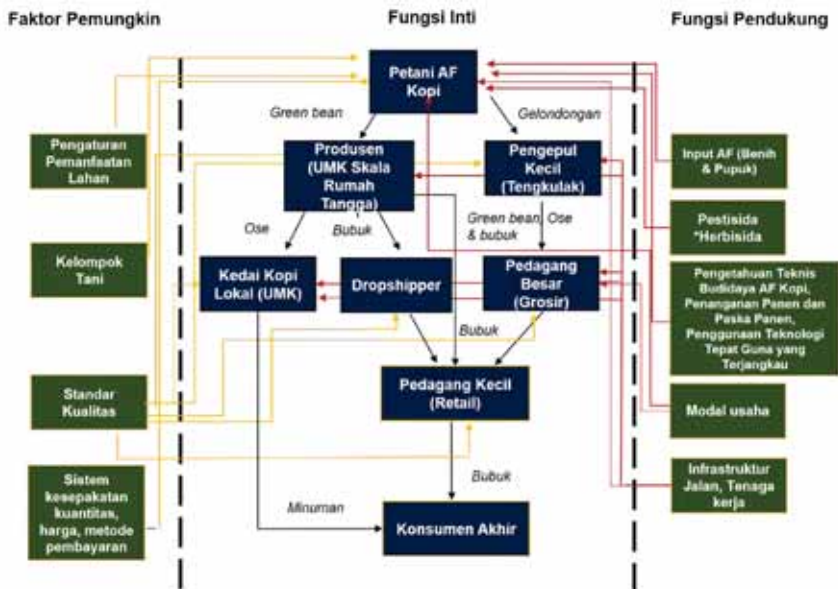
	Gn. Kawi	Gn. Anjasmoro	Gn. Arjuno	Gn. Kelud	Gn. Bromo	Gn. Semeru
Siklus Agroforestri	30 tahun	30 tahun	30 tahun	30 tahun	25 tahun	30 tahun
NPV (Rp/ha)	39.852.906	33.721.381	29.399.359	67.880.992	30.336.992	232.053.128
EAE (Rp/ha/tahun)	3.247.164	2.747.575	2.395.422	5.530.856	2.629.081	20.110.318
Return to Labor (Rp/ha)	144.199	260.151	126.432	202.817	110.688	633.270
IRR(%)	13,69	11,06	12,28	15,89	12,53	26,1
Gross BCR	1,11	1,1	1,09	1,23	1,04	0,57
PBP (tahun)	5	6	5	6,46	11,43	12,64
Produktivitas kopi (kg/ha/tahun)	903	722	626	1198	1440	
Komoditas 1	Kopi (biji kering)	Kopi (biji kering)	Kopi (biji kering)	Kopi (biji kering)	Kopi (biji basah)	Sengon
Komoditas 2	Kelapa	Durian	Talas	Kakao (biji kering)	Daun Prei	Alpukat
Komoditas 3	Lada	Alpukat	Kunyit	Kelapa	Pohon Cemara	Petai
Jumlah Tanaman (Komoditas 1)	1000	750	650	800	400	900
Jumlah Tanaman (Komoditas 2)	35	25	750	150	40.000	80
Jumlah Tanaman (Komoditas 3)	200	20	200	30	100	80
Harga Output (Komoditas 1)	21.000	21.000	21.000	21.000	13.000	225.000
Harga Output (Komoditas 2)	4.000	20.000	5000	25.000	8.000	8.000
Harga Output (Komoditas 3)	111.000	13.000	23.000	3.000	600.000	7.000

## 10.6 Perdagangan Produk Agroforestri

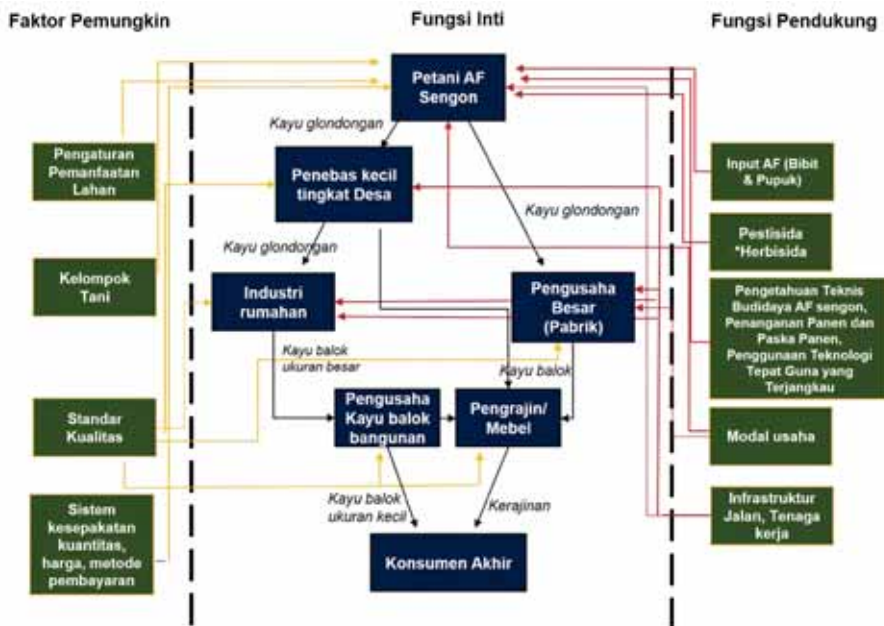
Produk agroforestri yang dipasarkan di tingkat lokal sampai regional seringkali tidak dapat terlepas dari pengaruh sistem yang lebih tinggi seperti perdagangan internasional, aliran penanaman modal (investasi) dan kebijakan fiskal melalui pajak. Pengembangan agroforestri di tingkat petani (mikro) memerlukan dukungan kebijakan nasional maupun regional yang tepat secara terus menerus bagi kelembagaan keuangan, teknis, penelitian dan pemasaran. Dalam saluran pemasaran, terdapat perbedaan margin dalam setiap lembaga pemasarannya. Hal ini ditunjukkan oleh adanya disparitas harga dalam rantai pemasaran. Menurut Juliaviani *et al.* (2017), rantai pemasaran yang panjang serta adanya *market power* yang dimiliki oleh pedagang perantara menjadi penyebab besarnya disparitas harga dalam rantai pemasaran. Pemasaran yang efisien terjadi saat tidak melibatkan banyak pihak meskipun total margin pemasaran yang diterima lebih rendah dari saluran pemasaran lainnya, namun keuntungan yang diterima petani lebih besar dari saluran lainnya (Ridhawardani *et al.* 2017).

Pada proses pemetaan pasar ini digunakan pendekatan *The Making Markets Work for The Poor* (M4P) yakni sebuah pendekatan menyeluruh (*holistic*) yang menawarkan sebuah alur yang diperlukan untuk mencapai sebuah perubahan **sistemik** dan **berkelanjutan**, dengan fokus pada identifikasi dan penanganan **kendala mendasar** yang **menghambat partisipasi** yang **menguntungkan** bagi masyarakat pada sebuah **sistem pasar**, baik sebagai konsumen maupun produsen. Konsep dari M4P adalah sistem pasar yang terdiri dari fungsi inti, fungsi pendukung, dan faktor pemungkin. Fungsi pendukung (*supporting function*) mencakup berbagai ketrampilan dan sumber daya dimana ketrampilan dan sumber daya yang merupakan poin penting yang diperlukan untuk mendukung kegiatan usaha yang terjadi di fungsi inti. Faktor pemungkin (*rules*) adalah aturan main yang membentuk rantai pasar, input serta layanan pendukung operasional usaha. Kedua fungsi tersebut nantinya akan turut membentuk atau mempengaruhi pola-pola hubungan yang terjalin antar pihak di peta pasar

Berdasarkan hasil pengumpulan data dengan menggunakan metode kuesioner yang diberikan kepada petani agroforestri berbasis kopi dan agroforestri berbasis sengon di Provinsi Jawa Timur, secara garis besar fungsi inti (*core function*), fungsi pendukung, dan fungsi pemungkin untuk beberapa komoditas utama tergambar pada diagram alur di bawah ini (Gambar 10.6.1 dan Gambar 10.6.2).



Gambar 10.6.1 Diagram alur rantai pasar perdagangan produk agroforestri kopi di Provinsi Jawa Timur



Gambar 10.6.2 Diagram alur rantai pasar perdagangan produk agroforestri sengon di Provinsi Jawa Timur

Berdasarkan hasil temuan kedua rantai pasar, agroforestri kopi dan agroforestri sengon yang dihasilkan oleh petani di Provinsi Jawa Timur mayoritas dijual dan hanya sekitar 10-20% yang dikonsumsi sendiri. Produk yang dikonsumsi sendiri adalah produk yang dianggap kurang bagus atau dalam keadaan panen raya dengan hasil melimpah, serta untuk memenuhi kebutuhan dapur sehari-hari. Petani agroforestri kopi menjual dalam bentuk segar dan dan atau sudah diproses. Secara umum, petani menjual dalam bentuk segar karena pembeli banyak dan semua produk dapat terserap oleh pasar. Namun konsekuensinya adalah harga jual yang murah dan bahkan sangat murah ketika pada saat panen raya.

Sebagai contoh, buah kopi dipanen dalam kondisi buah merah matang kemudian dikeringkan dan dijual dalam bentuk biji kopi kering (ose). Rata-rata petani yang berada di wilayah Gunung Anjasmoro menjual produk kopi seharga Rp21.000/kg untuk biji kering, sedangkan harga Rp6.500/kg untuk glondong basah merah. Di Wilayah Gunung Kawi petani rata-rata menjual produk kopi biji kering (ose) seharga Rp30.000/kg, sedangkan untuk glondong basah merah seharga Rp8.000/kg.

Sengon dihargai Rp225.000/batang untuk batang yang sudah berbentuk gelondongan utuh. Di dalam pemasaran kayu sengon, terdapat dua tipe, yaitu: (1) penjualan secara langsung tanpa ada perantara tengkulak maka memiliki peluang peningkatan pendapatan bagi petani yang cukup besar, dan (2) penjualan dilakukan melalui pedagang perantara (tengkulak) terlebih dahulu maka pendapatan petani lebih kecil karena ada jasa oleh tengkulak atau pedagang kayu perantara yang berperan menghubungkan petani kayu dengan pasar komersial.

Harga jual dari petani ke pengepul/tengkulak ditentukan terlebih dahulu oleh petani berdasarkan informasi harga pasaran yang diperoleh dari sesama petani atau dari pengepul itu sendiri, kemudian dilakukan negosiasi harga antara petani dengan pengepul. Begitu pula dengan besaran kuantitas dan metode pembayarannya dilakukan melalui kesepakatan kedua belah pihak. Namun sayangnya sampai saat ini, masih banyak petani yang mempunyai keterbatasan informasi mengenai harga pasar per komoditas hingga di tangan konsumen akhir. Secara umum rantai pemasaran produk agroforestri di pegunungan Jawa Timur masih belum efisien dan juga masih dipengaruhi oleh ketersediaan pasokan dan harga jual yang dipengaruhi oleh standar kualitas produknya.





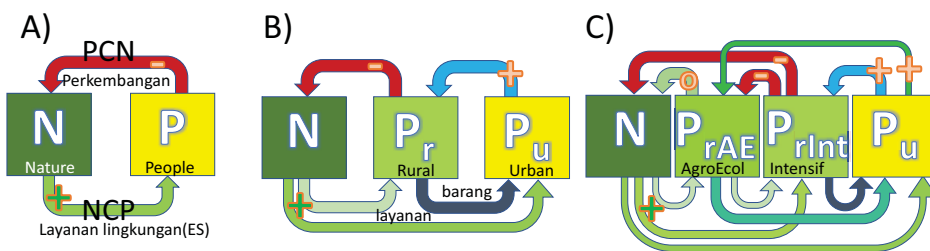
## Bab 11.

# PERAN AGROFORESTRI UNTUK KEHIDUPAN DI PEGUNUNGAN

Meine van Noordwijk, Didik Suprayogo dan Kurniatun Hairiah

### 11.1 Konsep memahami peran agroforestri untuk kehidupan

Agroforestri mempunyai banyak peran dan manfaat (layanan lingkungan) bagi kehidupan di pegunungan jendela Jawa Timur yang telah diuraikan dalam bab-bab sebelumnya dan juga disintesis melalui narasi-narasi. Narasi sederhana dalam Gambar 11.1A, menyatakan bahwa Alam (N) memberikan Layanan Lingkungan (ES) kepada Manusia (P) atau dikenal sebagai Kontribusi Alam terhadap Manusia, NCP)(Diaz *et al.* 2022). Namun demikian, adanya pembangunan ekonomi menyebabkan terjadi peningkatan permintaan barang guna memenuhi kebutuhan hidup manusia. Hal tersebut dapat memicu terjadinya kerusakan Alam (N) melalui Tindakan Manusia yang merugikan Alam (PCN) sehingga menimbulkan krisis Layanan Lingkungan (ES) yang akhirnya berdampak merugikan terhadap manusia itu sendiri (P)(Van Noordwijk 2021a). Krisis tersebut dapat dihindari jika ES lebih dihargai secara eksplisit melalui jalur 'pembangunan berkelanjutan' yang lebih mendukung PCN yang menguntungkan (IPBES 2022) melalui cara-cara produksi yang ramah lingkungan.



**Gambar 11.1** Tiga tingkat abstraksi dalam model konseptual cara manusia (P) berinteraksi dengan alam (N) melalui Kontribusi Alam terhadap Manusia (NCP) dan Kontribusi Manusia terhadap Alam (PCN), dengan perbedaan antara subsistem pedesaan (r) perkotaan (u), dan jalur agro-ekologi (AE) dan intensifikasi konvensional (Int) untuk perubahan pertanian.

Versi yang sedikit lebih kompleks (Gambar 11.1B) digambarkan dengan membedakan masyarakat pedesaan ( $P_r$ ) dan perkotaan ( $P_u$ ) sebagai dua bagian dari populasi manusia, yang mempersalahkan kerusakan sumberdaya alam ( $N$ ) sebagai respon ekonomi di pedesaan ( $P_r$ ) akibat adanya peningkatan permintaan barang di perkotaan ( $P_u$ ) yang merupakan bagian dari arus utama pembangunan. Oleh karena itu, masyarakat pedesaan ( $P_r$ ) perlu didorong untuk menjalankan cara produksi yang lebih ramah lingkungan. Praktik produksi yang ramah lingkungan perlu difasilitasi dengan sinyal pasar yang positif. Perbedaan lebih lanjut (Gambar 11.1C) adalah membedakan subset perekonomian pedesaan yang berorientasi pada agroekologi ( $P_{rAE}$ ) dan intensifikasi konvensional ( $P_{rint}$ ), dengan kompleksitas lebih lanjut bagi produsen dan penerima manfaat jasa lingkungan (ES). Demikian juga keseimbangan antara penyediaan barang dan layanan ekosistem yang dihargai di perkotaan ( $P_u$ ) dan sinyal yang diberikannya kepada bagian lanskap pedesaan. Pilihan antara agroekologi (AE) dan intensifikasi konvensional (Int) telah digambarkan dan dianalisis dalam skala tertentu sebagai opsi manajemen 'hemat' (*sparing*) versus 'berbagi' lanskap atau *sharing* (Phalan 2018). Namun, hal tersebut sekarang lebih dipahami sebagai sebuah kontinum, bukan sebagai dikotomi (Fischer *et al.* 2014; van Noordwijk *et al.* 2012), dan 'Strategi Pertumbuhan Hijau' mengklaim bahwa terdapat solusi lebih lanjut yang dapat memberikan dua cara (Dewi *et al.* 2023) dalam meningkatkan penghidupan dan lingkungan secara bersamaan. Serangkaian klaim 'hijau' yang membingungkan sudah ada di Gambar 11.1C, namun kenyataannya, tentu saja, lebih kompleks daripada model sederhana ini.

Kontribusi dalam analisis agroforestri pegunungan jendela Jawa Timur ini adalah membahas berbagai interaksi antara subsistem perkotaan dan pedesaan, sebagai upaya keseluruhan dalam menangani perubahan iklim global dan hilangnya layanan lingkungan (ES) sebagai akibat dari arus utama pembangunan. Dengan mencari contoh di mana peningkatan penghidupan pedesaan yang berkelanjutan merupakan bagian dari solusi melalui berbagai jalur pengelolaan Sumber Daya Alam (van Noordwijk 2019). Transformasi lanskap agroforestri vulkanik di Indonesia dapat menjadi contoh bagaimana ketahanan mata pencaharian dan layanan lingkungan (ES) dapat saling terkait. Namun, kita mungkin memerlukan versi kontinum dari sejumlah dikotomi yang disajikan di Gambar 11.1: hubungan Alam-Manusia (seperti yang dieksplorasi dalam berbagai Kerangka Nilai Kehidupan, tantangan Gambar 11.1.A), menggantikan perbedaan antara pedesaan-perkotaan dengan kontinum 'desa-kota' (tantangan Gambar 11.1.B), serta memperkaya pandangan agroekologi versus intensifikasi (tantangan Gambar 11.1.C).

### *Nilai rasional*

---

Hubungan antara manusia dan alam dapat dipahami dalam berbagai cara, memberikan beberapa interpretasi tentang pegunungan (Gambar 11.1A) yang diyakini sebagai Kerangka Nilai Kehidupan yang mencakup dua pandangan:

- Pandangan -'hidup dari' dan 'hidup bersama'- yang membedakan dalam memaknai alam dan manusia,
- Pandangan -'hidup di' dan 'hidup sebagai'- di mana lebih kontinum ditekankan (Gambar 11.2). Sejauh mana hubungan ini bersifat timbal balik (apakah dimulai dari sudut pandang masyarakat atau alam) saat ini masih diperdebatkan (Kenter and O'Connor 2022, Willemen *et al.* 2023).



**Gambar 11. 2** Empat perspektif hubungan manusia-alam saat matahari terbit di atas gunung berapi Bromo (pemandangan terlihat dari Malang) selalu menarik ratusan wisatawan untuk berkunjung selama musim liburan memberikan pendapatan tambahan bagi masyarakat pegunungan Tengger, sedang di sebelah kanan adalah puncak gunung tertinggi di Jawa - Mahameru yang misterius (sumber foto: Kurniatun Hairiah)

Kerangka nilai kehidupan secara umum selaras dengan empat fase, yang baru-baru ini digambarkan oleh Roux *et al.* (2022) sebagai teori transisi hutan berbasis nilai untuk negara-negara Asia dan Eropa:

- Tahap pertama 'alam itu kuat', spiritualitas hutan ada di mana-mana melalui banyaknya situs alam yang sakral dan praktik masyarakat yang seringkali bergantung langsung kepada hutan. Hutan untuk penghidupan masyarakat (sesuai dengan 'hidup di').
- Tahap kedua ('penjinakan alam') seiring dengan meningkatnya transformasi bentang alam hutan dan semakin intensifnya praktik penggunaan lahan, agama-agama 'modern' memandukan keterhubungan manusia-alam (melegitimasi 'hidup dari').

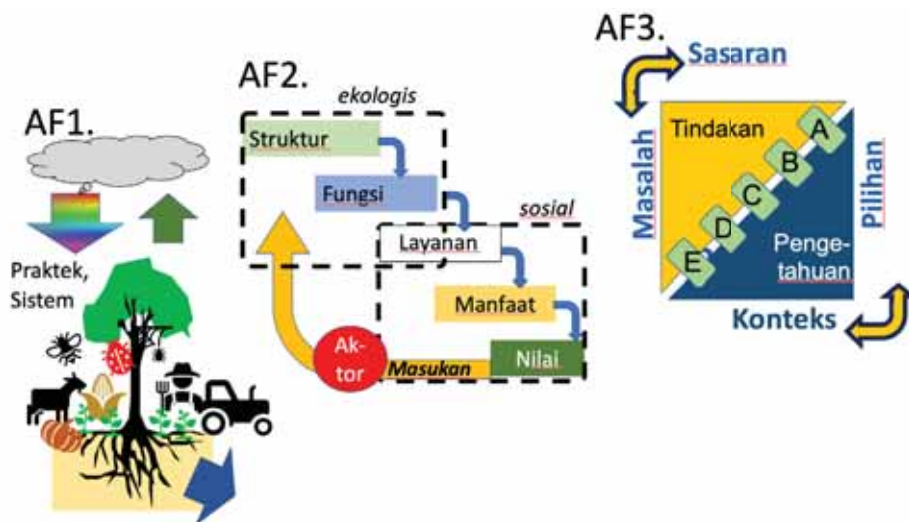
- c. Tahap ketiga ('pengelolaan alam secara rasional', dan menyelaraskan dengan '*Hidup bersama*'), spiritualitas hutan dibayangi oleh pengelolaan hutan rasional secara terencana yang mengubah hutan menjadi komoditas perekonomian, yang sering kali berfokus pada penyediaan jasa ekosistem.
- d. Tahap keempat ('berhubungan kembali dengan alam', menghadirkan '*Hidup sebagai*'), kebangkitan spiritualitas hutan (re-spiritualisasi) yang dapat diamati karena faktor-faktor seperti urbanisasi dan spiritualitas individualisasi.

Teori transisi hutan berbasis nilai ini melengkapi teori tutupan pohon atau transisi hutan yang menggambarkan pola spasial dan temporal keberadaan dan peran hutan serta pepohonan dalam lanskap (Dewi *et al.* 2017). Hal ini sesuai dengan pemahaman saat ini mengenai *triple bottom line* yaitu keberlanjutan sosial, ekonomi dan ekologi serta keseimbangan antara nilai-nilai instrumental (antroposentris) dan relasional dari alam (Himes and Muraca 2018). Minat terkini terhadap nilai-nilai relasional alam masih mengeksplorasi bagaimana alam dapat berkontribusi terbaik dalam membayangkan kembali masa depan yang berkelanjutan, di luar orientasi material dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (West *et al.* 2020, Barton *et al.* 2022).

Perbedaan antara lintasan pembangunan pedesaan dan perkotaan, yang mempengaruhi produksi dan permintaan terhadap jasa ekosistem (Gambar 11. 1B), dapat menjadi kabur berdasarkan literatur 'desa-kota' mengenai perluasan aktivitas perkotaan di sekitar kota-kota besar di banyak negara Asia (McGee 1991, 2008). Dampak globalisasi terhadap kontinum desa-kota (Sheng Wu and Sui 2016), dapat digambarkan sebagai 'desa-kota-bumi', dimana pola dan proses urbanisasi di Asia mengaitkan urbanisasi pedesaan dari bawah ke atas dengan ekspansi perkotaan dari atas ke bawah yang didorong oleh faktor ekonomi lokal dan global. Pembangunan pedesaan dapat menyebabkan penurunan layanan lingkungan, terutama ketika terjadi intensifikasi penggunaan lahan pertanian mempengaruhi kualitas air permukaan dan air tanah, mengurangi perannya sebagai penyangga aliran sungai, mengurangi keanekaragaman hayati pertanian dan menghomogenisasi (menseragamkan) lanskap. Namun, pembangunan pedesaan juga dapat dicapai melalui transformasi pedesaan dari fokus untuk memproduksi bahan mentah menjadi fokus layanan yang bernilai lebih tinggi (sering dikaitkan dengan lingkungan perkotaan). Di Pulau Jawa yang berpenduduk padat di sebelah selatan khatulistiwa, deskripsi kontinum pegunungan-pedesaan-perkotaan-global mungkin menarik, meskipun dalam hal tata kelola, 'kota' beroperasi di bawah peraturan yang berbeda dari 'kabupaten'.

Diskusi mengenai agroekologi versus intensifikasi pertanian sebagai arus arus utama, dapat diwakili oleh tiga konsep agroforestri yang menjadi wacana saat ini (van Noordwijk 2021a, Gambar 11.3). Definisi paling umum dari agroforestri mengacu ke interaksi di sebidang tanah antara pohon, tanaman, ternak, tanah, iklim dan pengelolaan oleh petani. Skala ini sekarang dipahami sebagai skala 'agroforestri 1' (AF1), yang dapat diterapkan di skala plot atau skala lahan pertanian. Skala AF1 ini merupakan komponen penting dari

skala berikutnya, yaitu lanskap. Namun, kita perlu memahami hubungan antara lahan mana pun dengan lahan tetangganya, seperti aliran air dan unsur hara, penyebaran api, dan keberadaan sumber daya alam. Organisme lain (termasuk penyerbuk atau hama, penyakit dan pengendaliannya) bergantung dengan struktur lanskap (komponen, pola spasial). Struktur dan fungsi ekologi, pada gilirannya, berinteraksi dengan komponen sosial (masyarakat, nilai-nilai mereka, keputusan, tindakan pengelolaan) melalui barang dan layanan/jasa yang disediakan oleh lanskap (atau diharapkan memberikan perubahan dalam pengelolaan). Konsep 'agroforestri 2' (AF2) berupa pertanyaan-pertanyaan dan mencari pemahaman di skala lanskap, mencakup sistem sosial-ekologi yang saling terkait. AF1 dan AF2 merupakan bagian penting dari konsep ketiga 'agroforestri 3' (AF3), dimana interaksi antara pengetahuan (pola, proses, pilihan) dan kebijakan (masalah, tujuan, target) dianalisis dalam konteks tersebut. Bagi agroforestri, tantangan spesifiknya adalah pertanian dan kehutanan memiliki institusi, sejarah, dan instrumen kebijakan yang sangat berbeda, yang seringkali menekankan perbedaan, dibandingkan tujuan bersama dalam mencapai penghidupan manusia di lanskap yang sehat, dimana (potensi) konflik antar tetangga tidak diabaikan (Bernard *et al*/2014), namun diselesaikan melalui negosiasi dalam tujuan yang menyeluruh (seperti Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, yang hanya dapat dicapai secara bersama-sama, tidak secara terpisah, karena banyaknya masukan yang ada).



**Gambar 11.3** Agroforestri sebagai antarmuka (interface) antara pertanian dan kehutanan di tiga tingkat sistem: AF1 di plot/skala pertanian, lanskap AF2 sebagai sistem sosial-ekologi, dinamika kebijakan AF3 (van Noordwijk 2021a)

Agroforestri, dalam interpretasi multi-skala memainkan peran kunci untuk memahami 'pilihan dari berbagai konteks' dalam *interface* antara teori tempat dan perubahan (van Noordwijk 2021b), juga untuk menegosiasikan multifungsi lanskap (van Noordwijk *et al* 2013), dan menangani perubahan iklim (van Noordwijk *et al* 2021a). Disini kami akan mencoba menghubungkannya dengan isu-isu yang ditunjukkan pada Gambar 11.1C. Hal yang perlu disintesis dari agroforestri pegunungan jendela Jawa Timur adalah:

- 1 Rangkaian narasi manakah yang dapat merangkum alur cerita yang koheren di enam gunung berapi?
- 2 Bagaimana daya lenting ketiga skala agroforestri (AF1, AF2, dan AF3) dapat dinilai interaksinya?
- 3 Dapatkah empat fase transisi yang dijelaskan oleh Roux *et al.* (2022) dikenali di lanskap ini?
- 4 Bagaimana analisis Pendorong – Tekanan – Keadaan Sistem – Dampak – Respons (*Drivers – Pressures – System-state – Impacts – Responses*/DPSIR) dapat digunakan untuk memahami dinamika lanskap dan penghidupan yang dihasilkannya?

## 11.2 Tujuh Narasi, Empat Fase Transisi dan Tiga Skala Agroforestri

Dalam bab-bab sebelumnya yang menggambarkan bentang alam dan mata pencaharian di ke-enam gunung di sekitar Malang (Kelud, Kawi, Bromo, Anjasmara, Arjuna-Welirang, dan Semeru) telah memberikan banyak benang merah. Pegunungan vulkanik Jawa Timur, bagian dari cincin api global, berinteraksi secara ekologis, sosial dan ekonomi dengan dataran rendah di zona pesisir. Kawasan pegunungan tersebut menyediakan tanah subur yang berasal dari abu vulkanik atau aliran lahar, diendapkan di dataran banjir; mereka juga menyediakan air untuk mendukung sawah yang menghasilkan makanan pokok utama, dan air minum yang aman untuk kota yang ada di dataran rendah.

Kawasan pegunungan juga menjadi rumah bagi orang-orang dengan menyediakan tempat persembunyian di dataran rendah pada saat perang terjadi di zona pesisir dan dari tekanan kolonial. Pegunungan menjadi daerah penghasil sayuran, susu, dan tanaman hias yang memenuhi permintaan pasar dari kota-kota di dataran rendah; tetapi mereka juga menjadi penyedia jasa untuk liburan yang '*kererf*' untuk keluar dari kesibukan kota. Perubahan apresiasi manusia terhadap hutan, pohon, dan agroforestri adalah bagian dari hubungan dinamis antara dataran tinggi dan dataran rendah.

Dalam bab sintesis ini, kesamaan antara pegunungan akan dibahas dalam tujuh narasi yang bersama-sama menunjukkan mata pencaharian yang tangguh dalam bentang alam yang dinamis, dengan ancaman, tantangan, dan peluang yang berubah-ubah (Gambar 11.4).



**Gambar 11.4** Tujuh narasi yang mengeksplorasi benang merah dalam bab-bab sebelumnya yang menggambarkan mata pencaharian dan lanskap di enam gunung vulkanik di sekitar Malang

Narasi yang secara luas selaras dengan empat fase yang dikemukakan oleh Roux *et al.* (2022) baru-baru ini digambarkan sebagai teori transisi hutan berbasis nilai (*value based*) untuk negara-negara Asia dan Eropa:

- a. Fase di mana alam sangat kuat, ditakuti dan dihormati (I dan II),
- b. Menaklukkan alam, menggantinya dengan budaya manusia-alam, konversi hutan menjadi pertanian (kompetisi untuk ruang), memanfaatkan tanah dan air untuk memenuhi kebutuhan pusat populasi utama (hubungan kekuasaan-perkotaan-pedesaan), dan/atau secara lebih halus oleh hutan domestik sebagai 'agroforest', di mana hubungan simbiosis layak (III, IV),
- c. Fase di mana - sebagai respons terhadap masalah yang disebabkan oleh konversi sistem alami - ke perencanaan penggunaan lahan, rekayasa aliran air dan penyimpanan, zonasi spasial lanskap dan otoritas hutan yang kuat mengatur aktivitas manusia, didominasi oleh rasionalisasi 'nilai-nilai instrumental' dan 'Layanan Ekosistem' (memperoleh manfaat nyata untuk tujuan manusia dan sosial), (V) dan,
- d. Fase di mana spiritualitas (sisa-sisa fase A dan cara pemulihan ke kondisi baru menurut gaya hidup perkotaan yang terlalu tertekan) ditemukan kembali dan lanskap menjadi penyedia jenis layanan dan pengalaman baru (VI).

Sementara keempat fase ini dapat menggambarkan urutan historis, mereka hidup berdampingan dan berinteraksi bersama dalam lanskap. Bagian dari interaksi didasarkan atas lembaga (norma perilaku dan aturan yang memiliki konsekuensi untuk keputusan individu) yang dibentuk di masa lalu dan perlu ditafsirkan kembali untuk keadaan saat ini (VII).

Teori transisi hutan berbasis nilai ini melengkapi tutupan pohon atau teori transisi hutan yang menggambarkan pola spasial dan temporal yang menggambarkan peran hutan dan pohon dalam lanskap (Dewi *et al.* 2017). Hal ini sesuai dengan pemahaman saat ini tentang "triple bottom garis dasar", ekonomi dan keberlanjutan ekologis serta keseimbangan antara instrumental (antroposentris) dan nilai-nilai relasional alam (van Noordwijk 2021a). Baru-baru ini, minat tentang nilai-nilai relasional alam masih mengeksplorasi bagaimana hal tersebut dapat memberikan kontribusi terbaik untuk kembali ke masa depan yang berkelanjutan, di luar orientasi material dari tujuan pembangunan berkelanjutan (Himes dan Muraca 2018, van Noordwijk *et al.* 2019a, West *et al.* 2020, IPBES 2022).

Tiga konsep agroforestri yang diperkenalkan sebelumnya memberikan perspektif pelengkap dalam tujuh narasi Gambar 11.4. Ketiga skala agroforestri tersebut saling terhubung secara logis, seperti yang disajikan di Tabel 11.1. Terkait dengan hal tersebut, agroforestri tidak hanya membutuhkan keahlian agronomi dan silvikultur, namun juga perspektif yang berorientasi tentang sistem ekologi, ekonomi dan sosial serta memperhatikan pola geografis, ditambah dengan pengalaman sejarah dan politik, tentang bagaimana perubahan dan inovasi, konflik dan perjuangan telah mengarah pada situasi saat ini. Selain beragam cabang teori dan metode ilmiah ini, pengetahuan ekologi lokal dan basis pengetahuan serta penjelasan rasionalisasi kebijakan publik perlu diselaraskan, sebelum ketahanan dapat diapresiasi dan ditingkatkan.

Bab-bab sebelumnya yang menggambarkan lanskap agroforestri dan penghidupan di enam gunung di sekitar Malang (Kelud, Kawi, Bromo, Anjasmara, Arjuna-Welirang, dan Semeru), telah memberikan banyak benang merah untuk alur cerita yang koheren. Tujuh narasi dalam analisis ini secara khusus menekankan perspektif awal mengenai pegunungan sebagai menara air yang 'adil', yang dikelola demi kepentingan dataran rendah, produksi makanan pokok yang terjangkau, dan pusat pembangunan ekonomi perkotaan. Meskipun narasi 3 masih relevan, telah terjadi perubahan besar dalam struktur kekuasaan di Indonesia. Pada masa 'Orde Baru' dan khususnya sebelum tahun 1990, fokusnya adalah untuk pembangunan infrastruktur irigasi dan pengoperasiannya, yang direncanakan, dikembangkan dan dikelola melalui sumber daya pemerintah pusat, yang dipandang sebagai kewajiban sosial dan prioritas politik, serta menghindari kerusakan di perkotaan. Pemangku kepentingan di pedesaan diperlakukan sebagai obyek (Bhat *et al.* 2005); setelah tahun 1990 dibentuklah struktur pengelolaan air yang



lebih terdesentralisasi, yaitu Badan Pengelola Daerah Aliran Sungai Brantas (Perum Jasa Tirta I - PJT 1), yang diikuti dengan desentralisasi setelah tahun 1998 dan kekuasaan pengambilan keputusan dan anggaran di tingkat desa. Hal ini berarti realitas politik harus menerima suara yang lebih kuat dari masyarakat dataran tinggi dan pemerintah daerah. Transformasi yang sedang berlangsung dari pertanian yang berorientasi 'barang' (memanfaatkan peluang iklim di dataran tinggi dalam narasi 4 dan 5) menjadi ekonomi yang berorientasi 'jasa' (naratif 6) yang merespons meningkatnya kebutuhan rekreasi di kota besar di masa depan. aliran keluar cekungan, juga menemukan kembali sisa-sisa narasi 2, dengan menggunakan narasi 1 sebagai latar belakang geologi

**Tabel 11.1 Relevansi dari tiga konsep agroforestri (Plot/lahan petani, Lansekap dan Tata Kelola) untuk tujuh narasi (aspek) dari mata pencaharian daerah pegunungan yang dinamis**

Konsep Agroforestri	I Abu vulkanik / tanah	II Mata air suci	III Menara air	IV Kehidupan pegunungan	V Produk khusus	VI Layanan penyembuhan	VII Pemerintahan
AF1	Karbon organik tanah	Pohon keramat	Limasan, infiltrasi	Pepohonan di lahan pertanian, tumpang sari	Keanekaragaman, peremajaan	Layanan penyembuhan	Legalitas produksi kayu di lahan pertanian
AF2	Erosi/sedimentasi, Restorasi sedimentasi, Restorasi		Aliran bawah permukaan	Intensifikasi ekologi	Polusi & pengendalian, sertifikasi	Keindahan pemandangan alam	Multi-fungsi
AF3	Kesiapsiagaan darurat	Hak	Zonasi hutan, hak guna air	Perhutanan sosial,	Zonasi spasial, pengolahan tanaman	Ekowisata	Negotiation

### 11.3 Kehidupan dimulai dari abu vulkanik

Tanah vulkanik, adalah puncak kesuburan tanah, diawali dengan hujan abu yang merusak saat terjadi letusan (Tabel 11.2), sebagaimana tradisi Wayang “Gunungan” menunjukkan dua sisi gunung: harmoni dan konflik. Pohon asli *Parasponia rigida* atau ‘anggrung hijau’ yang menjebak abu vulkan (Ishaq *et al.* 2020), memulai pembentukan tanah yang menangkap karbon (Minasny *et al.* 2021); pohon asli tersebut, sayangnya, sejauh ini belum dikenal dalam perencanaan tanggap bencana nasional (van Noordwijk *et al.* 2019b).

Andisol, tanah di pegunungan yang dicirikan oleh kandungan karbon organik tanah tinggi dan bobot isi tanah yang rendah (Hairiah *et al.* 2020a). Transformasi abu vulkanik telah mempesona para ilmuwan untuk meneliti lebih detail di Indonesia selama 150 tahun (sepanjang sejarah ilmu tanah) (Hairiah *et al.* 2022). Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi abu-seresah organik menyebabkan gangguan infiltrasi tanah (Saputra *et al.* 2022, 2023) sehingga meningkatkan risiko erosi.

Redistribusi tanah berbasis abu yang subur ke bagian lembah selama pembentukan lanskap saat ini dan penggunaan lanskap selanjutnya sebagai sistem sawah, telah mendukung penyimpanan karbon yang substansial.

**Tabel 11.2** Contoh narasi pertama (“Hidup dimulai dari abu”) di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung di Jawa Timur

Gunung	Kelud	Kawi	Anjasmoro	Arjuna-Welirang	Bromo	Semeru
	Hujan abu episodik (~ siklus 15 tahun)	Historis	Historis	Tambang belerang	Kawah aktif yang dapat diakses	Hujan abu episodik, aliran lava
Box contoh	Box 4.1. Kondisi pasca erupsi di Gunung Kelud dan pengaruh vegetasi dan masukan organik terhadap pemulihan kondisi infiltrasi tanah			Box. 8.3. Dampak cacing tanah terhadap fungsi tanah & pandangan pengetahuan ekologi lokal petani AF kopi		Box 9.1. Penambangan pasir (abu vulkanik) di lahan pertanian

## 11.4 Semangat sumber air pegunungan

Gunung berapi aktif selalu mengingatkan kita akan kekuatan alam yang merusak, mata air pegunungan yang penuh semangat menunjukkan sisi menyenangkan hidup di gunung berapi dengan aliran air tanah di atas substrat geologi yang kompleks (Toulier *et al.* 2019). Mata air Rambut Monte tempat air dari Gunung Kawi menyembur dan mengalir menuju Blitar, memiliki sebuah pura Hindu kecil, dan pohon keramat (*Ficus benjamina* atau 'beringin') yang melindungi kolamnya, dengan ikan yang dapat diberi makan tetapi tabu untuk ditangkap (Tabel 11.3). Cerita-cerita lama menceritakan bahwa pada zaman Majapahit yang memanfaatkan kolam di wilayah tersebut sebagai tempat 'mundur'; dan hingga saat ini masih diadakan upacara setiap 35 hari (dalam kalender Jawa memiliki 5 hari), yang bertepatan dengan "Hari Jum'at", hari suci kalender Islam. Sementara banyak dari mata air yang lebih besar telah diambil alih oleh perusahaan pemasok air perkotaan, namun beberapa mata air yang lebih kecil tetap mempertahankan perannya dalam upacara pernikahan dan upacara serupa lainnya.

**Tabel 11.3** Contoh narasi kedua ("Semangat sumber air pegunungan") di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung

Gunung	Kelud	Kawi	Anjasmoro	Arjuna	Bromo	Semeru
		Mata air daerah Batu diantara Gunung Kawi, Anjasmoro dan Arjuna	Sumber Brantas, Songoriti	Mata air Umbulan (Malang)		
Box contoh		Box 5.2. Kolam mata air Rambut Monte menunjukkan peran nilai-nilai relasional dalam menjaga sumber daya alam		Box 8.4. Konservasi tanah dan air di sekitar Stupa Sumber-awan berbasis kearifan lokal		

Spirit untuk menjaga aliran air bersih pada beberapa sumber mata air saat ini digabungkan dengan masjid. Siraman (memandikan calon pengantin dengan air dari tujuh mata air sehari sebelum pesta pernikahan) dalam upacara pernikahan di daerah perkotaan masih menjadi tradisi. Air untuk memandikan calon pengantin ini diramu dari tujuh sumber mata air sakral yang dibawa oleh sanak saudara dan calon keluarga baru atas mempelai wanita dengan perpaduan emosional dari berbagai tradisi, penuh makna simbolis, dan terbuka untuk multitafsir (Hakim *et al.* 2023). Hal ini menunjukkan hubungan yang kuat antara nilai-nilai spiritual, kehidupan dan lanskap masa lalu dan masa depan, kenyamanan tempat di mana orang hidup, dari, dengan dan/atau sebagai alam (bandingkan Gambar 11.2).

Candi lain yang berhubungan dengan mata air di kaki Gunung Arjuna adalah apresiasi awal terhadap siklus hidrologi, seperti namanya mengacu ke 'Sumber Awan'. Perspektif lokal tentang penyebab curah hujan adalah perpaduan umum antara nilai 'relasional' dan 'instrumental' (Tanika *et al.* 2023), dimana efek orografis pegunungan, efek pengundulan hutan dan penghutanan kembali, dengan merujuk kepada 'pawang hujan' yang biasanya pegang andil dalam acara pernikahan membantu kelancaran acara agar tidak terganggu oleh turunnya hujan.

Sisi spiritual dari upacara musiman "Bersih Desa" yang meminta berkah untuk panen berikutnya, dan menyatakan terima kasih atas panen yang diperoleh baru-baru ini, menyiratkan berbagai jenis tanaman yang ada sekarang adalah berasal dari beragam agroforestri kompleks, karena keberadaan hutan alam semakin langka dan dilindungi oleh aturan-aturan negara (Kusumawati *et al.* 2022, Mulyoutami *et al.* 2023).

## 11.5 Tandon Air: Layanan pengaturan air untuk dataran rendah

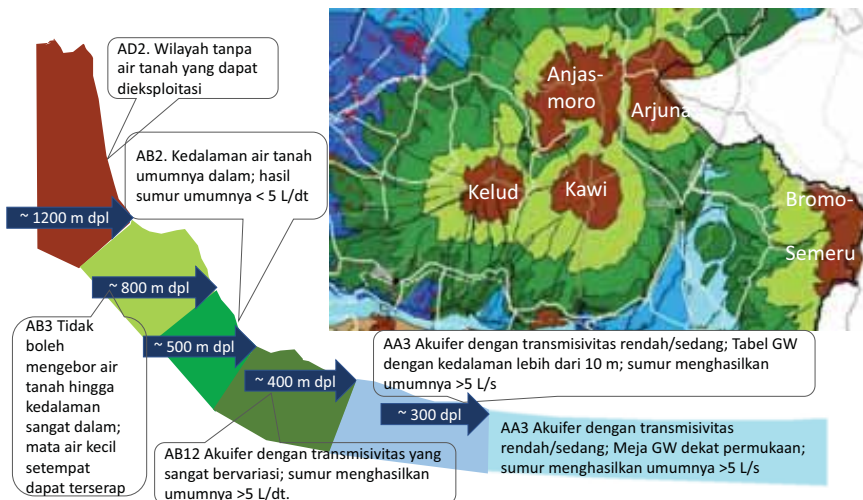
Pegunungan dan (agro)forestri memberikan jasa pengaturan untuk dataran rendah, melalui pengaturan iklim, mengamankan curah hujan dan aliran air tanah yang andal untuk memberi pasokan air ke sistem irigasi dataran rendah, menyediakan air minum yang aman dan sumber energi tenaga air. Hal ini mewakili perspektif '*hidup dari*' bagi masyarakat di dataran rendah yang secara politik dominan mengharapkan kebutuhan airnya untuk dilayani. Masyarakat juga harus memahami perspektif '*hidup di dalam, dari* dan *dengan*' di dataran tinggi dan pegunungan.

'*Paradoks menara air*' (Gambar 11.5) di lereng gunung berapi dengan tingkat infiltrasi tinggi adalah area yang berkontribusi besar terhadap mata air di lereng bagian tengah yang hampir tidak memiliki air tanah tersedia bagi manusia (Tabel 11.4). Kekurangan

air sering kali menjadi faktor pembatas bagi manusia di pemukiman. Hutan pendidikan Universitas Brawijaya (UB Forest), justru berperan dalam melindungi fungsi ‘menara air’ dari hutan di lereng atas.

**Tabel 11. 4** Contoh narasi ketiga (“Menara Air”) di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung di Jawa Timur

Gunung	Kelud	Kawi	Anjasmoro	Arjuna	Bromo	Semeru
	Lembah Kali Konto di antara tiga gunung, termasuk PLTA Selorejo			Sumber Sungai Brantas	Sumber aliran sungai Rejoso dan air tanah	
Box contoh	Box 4.2 Kali Konto sebagai program pengelolaan DAS terpadu pertama di Indonesia pada tahun 1980-an, di hulu waduk Selorejo			Box 8.1. Pengelolaan agroforestri di hutan pendidikan UB		



**Gambar 11.5** Paradoks menara air kering yang membatasi pemukiman dan penggunaan lahan pertanian (berdasarkan Roestamy and Fulazzaky 2022)

Zonasi hutan mewakili kepentingan di dataran rendah, dimana hutan berfungsi sebagai 'pelindung' di taman nasional yang berada pada lereng hingga puncak gunung, melindungi keanekaragaman hayati yang relevan. Aturan untuk hutan 'lindung DAS/ daerah aliran sungai' ('Hutan lindung'), termasuk hutan produksi *Pinus merkusii* (asli Sumatera) tahun 1970-an, menyebabkan banyak konflik dengan masyarakat sekitar. Aturan yang ada saat ini yang memperbolehkan masyarakat sekitar untuk menanam kopi dan rumput pakan ternak telah mengurangi konflik antar kelompok masyarakat, sedangkan penanaman sayuran sebagai komoditas pilihan petani masih tetap menjadi tantangan (Rowe *et al.* 2022). Sementara, hutan alam masih menjadi titik referensi untuk berbagai fungsi hidrologi di lereng gunung (van Noordwijk *et al.* 2022), penggunaan lahan yang ramah infiltrasi dapat dicapai dengan sebagian tutupan pohon (Suprayogo *et al.* 2020), yang mampu mempertahankan lapisan serasah untuk menjalankan fungsi perlindungan tanahnya (Sari *et al.* 2022), cacing tanah meningkatkan infiltrasi (Mardiani *et al.* 2022) dan akar pohon melindungi tanah dari longsor (dangkal) (Hairiah *et al.* 2020b). Pemahaman tingkat proses pada skala AF1 dan AF2, dapat mendukung restorasi lahan berbasis alam yang berpusat kepada manusia melalui agroforestri (van Noordwijk *et al.* 2020a,b).

Tingginya muatan sedimen terutama selama musim hujan, Sungai Porong memiliki delta yang sangat luas, hal tersebut mendorong pertumbuhan bakau yang sebagian digantikan oleh tambak udang (Jennerjahn 2022). Beban sedimen pada musim hujan biasanya sangat tinggi dan pengendapan yang cukup besar di sungai, maka dasar Sungai Porong muncul lebih tinggi daripada tanah di sekitarnya dan dibuat tanggul untuk melindungi dataran rendah dari banjir selama musim hujan. Di antara delapan bendungan dan waduk yang dibangun antara tahun 1970 sampai dengan 2001, waduk terbesar Karangates mengalami penurunan kapasitas efektif terbesar hingga 57% setelah 31 tahun beroperasi. Diperkirakan 100-300 juta m<sup>3</sup> material vulkanik per letusan memperparah dampak erosi di dataran tinggi, tepi jalan dan tepi sungai. Konsentrasi karbon organik partikulat (POC) lebih tinggi di Sungai Brantas, bila dinyatakan per luas cekungan, dibandingkan dengan sungai mana pun (Jennerjahn 2022), sedangkan total zat tersuspensi masih lebih tinggi di Sungai Gangga-Brahmaputra di India. Lebih dari tiga perempatnya telah terjebak di dalam waduk yang dibangun.

Setelah pembangunan waduk dilakukan dan ketika tingkat sedimentasi menurun hingga dapat diabaikan bila ditinjau dari aspek penilaian kelayakan ekonomi dari desain proyek, maka disimpulkan bahwa penyebab degradasi lahan dapat ditujukan kepada praktik pertanian di dataran tinggi atas peningkatan erosi, meskipun buktinya seringkali masih kurang (Diemont *et al.* 1991). "Di sub DAS Kali Konto, laju sedimentasi yang diukur di Waduk Selorejo jauh lebih besar dibandingkan dengan penghitungan laju erosi permukaan dari pengukuran di banyak plot percobaan. Proses pengangkutan sedimen dari kegiatan-kegiatan yang tidak terkait dengan penggunaan lahan juga menyumbang sebagian besar sedimen, misalnya erosi permukaan dari jalan setapak di pedesaan,

kegiatan penambangan pasir di dasar sungai dan sebagainya (Carson 1989). Sejak 1989 kemajuan telah dicapai dalam menghubungkan peningkatan laju aliran puncak sungai yang menyebabkan pengangkutan masa tanah dan bahan organik, terkait dengan alih guna lahan di dataran tinggi dan berkurangnya 'persistensi aliran' sungai (van Noordwijk *et al.* 2017).

Hanya satu dari proyek infrastruktur yang lebih besar di Sungai Brantas yang terletak di dalam wilayah studi enam gunung saat ini. Sungai Kali Konto mengalir ke Selatan dari Gunung Anjasmoro, membelok ke barat, mengambil aliran dari sisi utara Gunung Kawi dan mendapatkan kontribusi lebih lanjut dari Gunung Kelud. Wilayah tersebut merupakan lembah tengah kompleks pegunungan di sebelah barat laut Malang yang dikelilingi oleh Sungai Brantas. Sebelum Kali Konto mengalir ke barat dan bergabung dengan Brantas di Kediri, ketinggiannya semakin berkurang. Pada tahun 1960-an sebuah waduk dibangun, yaitu bendungan Selorejo di Ngantang, untuk menangkap tenaga air sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Pembangunan waduk ini didasarkan pada asumsi bahwa aliran sedimen dapat dikendalikan, sehingga umur ekonomis PLTA yang menarik dapat dicapai. Namun, adanya endapan abu dari Gunung Kelud yang cukup sering terjadi, maka terjadilah peralihan penggunaan lahan ke hortikultura yang lebih intensif (produksi sayuran) di hulu sungai di daerah Pujon, dan terjadi degradasi hutan pegunungan yang terus berlanjut di seluruh daerah tangkapan air sehingga mendapat banyak perhatian.

Pada tahun 1980-an Kali Konto menjadi fokus studi perintis yang mendukung salah satu upaya 'pengelolaan DAS terpadu' pertama di Indonesia. Studi penginderaan jauh yang terperinci tentang perubahan tutupan lahan (sebelum data satelit tersedia secara luas), dikombinasikan dengan studi tentang hidrologi (Rijsdijk *et al.* 2007), tanah, pola penggunaan lahan yang mencakup sistem agroforestri (Thalen and Smiet 1985) dan kondisi sosial-ekonomi (Nibbering 1986) digabungkan menjadi sebuah studi dari skenario kebijakan (Nibbering dan de Graaf 1998). Tujuan proyek selanjutnya untuk (a) meningkatkan kondisi kehidupan masyarakat setempat, mendorong kemandirian dan memelihara serta meningkatkan taraf hidup mereka; (b) menciptakan sistem ekologi yang sehat dan stabil; (c) menciptakan sistem kehutanan berdasarkan pengelolaan multiguna yang sesuai dengan kebijakan kehutanan nasional.

Bila diperhatikan, tujuan tersebut di atas sebagian besar tercapai. Namun, sebagian dengan cara yang berbeda dari apa yang telah dibayangkan dan didukung oleh proyek (Sari *et al.* 2023). Sementara itu, sedimentasi Waduk Selorejo terus berlanjut. Penghidupan lokal muncul dari risiko over-intensifikasi sistem berbasis tanaman pangan (Nibbering 1993) dengan fokus pada agroforestri berbasis kopi dan pohon buah-buahan seperti durian (Mardiani *et al.* 2022). Pemulihan hidrologi dari kondisi masa lalu tidak dapat dilakukan (Rijsdijk *et al.* 2007), karena adanya peningkatan jaringan jalan raya dan drainase yang berpengaruh cukup besar terhadap pengangkutan sedimen,



dari pada besarnya erosi yang terjadi di lahan pertanian atau degradasi hutan. Hal tersebut merupakan bagian utama dari masalah hidrologi di pegunungan, seperti halnya juga ditemukan di daerah aliran sungai lainnya di Indonesia (Verbist *et al.* 2010). Pengembangan industri susu, telah meningkatkan permintaan pakan ternak (Lusiana *et al.* 2012), hal tersebut dapat didukung oleh pengelolaan bersama lahan hutan produksi pinus, di mana rumput gajah dapat ditanam di bawah tegakan dan dipotong secara teratur oleh petani. Sistem tersebut juga dapat menambah keuntungan lainnya yaitu melindungi tanah dari bahaya erosi.

Mata air Rejoso – Umbulan digunakan sebagai jaringan pipa baru untuk menyediakan air pegunungan berkualitas tinggi bagi masyarakat Surabaya (dan kota-kota tetangga), karena sumber air lokal sudah terlalu tercemar (Khasanah *et al.* 2021). Namun, jumlah mata air semakin berkurang dan desain pipa air kini terlihat berlebihan, menyebabkan persaingan kebutuhan air bersih setempat. Lanskap produksi DAS Rejoso memiliki masalah pembangunan pertanian yang tidak berkelanjutan, terutama di bagian dataran rendahnya, di mana padi merupakan penggunaan lahan utama. Penggunaan sumur artesis yang tidak dibatasi untuk mengairi sawah mengurangi tekanan dan hasil air sumur artesis bagi pengguna air perkotaan, sementara hasil beras aktual yang dicapai berada di bawah potensi yang dicapai di tempat lain. Pengenalan teknologi hemat air, dengan modifikasi budidaya padi konvensional, dan desain yang lebih baik serta pengelolaan sumur bor yang lebih terkontrol terhadap sumur, dapat menargetkan peningkatan hasil serta dampak lingkungan yang positif (Khasanah *et al.* 2021).

## 11.6 Daya lenting kehidupan masyarakat pegunungan

Dalam '*story of origin*' agroforestri kopi di sebagian DAS Kali Konto, kejadian banjir besar dan tanah longsor beberapa dekade lalu telah memicu perubahan dari bercocok tanam jagung dan tanaman pangan lainnya di lereng bukit, menjadi agroforestri berbasis kopi. Tentu saja kopi telah ditanam di pegunungan sekitar Malang sejak awal abad ke-19, dan telah menjadi bagian dari tradisi agroforestri campuran, bersama-sama dengan pohon buah-buahan lokal (van Noordwijk *et al.* 2021b). Menggantikan tanaman pangan di lahan miring yang menyebabkan tanah longsor, agroforestri berbasis kopi memungkinkan 'outsourcing' sebagian dari bahan pangan pokok berbasis pasar, sementara lahan yang dapat diairi digunakan untuk menanam padi (biasanya satu kali panen per tahun) untuk konsumsi lokal, ditambah sayuran pada sisa tahun yang sama. Agroforestri yang beragam mendukung pola makan yang sehat dengan rempah-rempah, buah-buahan, sayuran, dan mungkin pakan ternak yang cukup untuk beberapa ekor kambing. Jenis pohon cepat tumbuh yang ditanam di perkebunan seperti *Falcataria moluccana* atau 'sengon', menggantikan jenis kayu yang berasal dari hutan yang tidak lagi dapat diakses. Sengon adalah salah satu pohon pertama yang dideregulasi oleh otoritas kehutanan

untuk digunakan petani, karena baunya yang khas tidak diragukan lagi lebih mudah untuk mengontrolnya dan risiko penipuan dianggap kecil. Melalui penambangan pasir di kali dan sungai, masyarakat sekitar bisa langsung mendapatkan keuntungan dari abu vulkanik. Ketahanan mata pencaharian di komunitas ini sangat penting (Sari *et al.* 2023), karena bentuk-bentuk '*bricolage*' (menanggapi peluang yang muncul) daripada 'perencanaan' masih layak dilakukan, dengan sumber daya yang cukup beragam di dalam dan sekitar desa.

Berdirinya industri susu (baik koperasi maupun perusahaan swasta sebagai *off-taker*) meningkatkan jumlah ternak sapi di lahan, sehingga terdapat kekurangan produksi pakan ternak musiman dan petani menanam rumput gajah sebagai pengganti padi di lahan irigasi menjadi lebih menarik secara finansial (Lusiana *et al.* 2012), sementara sebagian besar jagung sekarang digunakan sebagai pakan, bukan ditanam untuk produksi biji. Rerumputan pakan ternak sejak akhir 1990-an telah diizinkan ditanam sebagai tumbuhan bawah di hutan produksi pinus yang dikelola oleh perusahaan hutan negara. Sementara itu dengan mengizinkan penanaman kopi sebagai tumbuhan bawah

**Tabel 5** Contoh narasi keempat ("Daya lenting kehidupan masyarakat pegunungan") dalam bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung di Jawa Timur

Gunung	Kelud	Kawi	Anjasmoro	Arjuna	Bromo	Semeru
Lereng tengah	Kopi, agroforestri buah-buahan, padi	Kopi, agroforestri buah-buahan, padi	Kopi, agroforestri buah-buahan, padi, ternak	Kopi, agroforestri buah-buahan, padi	Agroforestri buah-buahan, padi	Kopi, pohon buah-buahan, agroforestri pakan dan pakan ternak, padi
>1200 mdpl			Sayuran beriklim sedang	Kentang, sayuran; teh	Kentang, kebun sayuran	Kentang, sayuran
Boxs			Box 7.1. Pilihan petani terhadap pohon peneduh kopi dalam sistem agroforestri	Box 8.2. Pengelolaan kanopi pada agroforestri pinus-kopi		Box 9.2. Agroforestri untuk reklamasi lahan

dengan pohon pinus, baru-baru ini di hutan produksi – telah muncul tantangan baru dalam manajemen pohon pinus untuk mengatur cahaya yang masuk sesuai dengan kebutuhan pohon kopi (Cahyono *et al.* 2020, Sudharta *et al.* 2022).

Kabupaten Malang merupakan penyumbang migrasi internasional terbesar di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Tidak hanya pendapatan rendah, tetapi juga terbatasnya pekerjaan yang tersedia di desa menyebabkan anggota keluarga bermigrasi (Prayitno *et al.* 2013), sehingga mata pencaharian pegunungan yang tangguh dilengkapi dengan pekerjaan migran perkotaan dan perantauan, menghasilkan pengiriman uang kepada keluarga yang tinggal di desa, terutama jika ada anak kecil dititipkan pada kakek dan nenek. Sebagian kecil dari migrasi ini bersifat 'sirkular' karena kampung halaman di pedesaan masih tetap menarik untuk dikunjungi kembali, ketika tabungan yang tersedia sudah mencukupi (Mulyoutami *et al.* 2020).

## 11.7 Gaya Bertani khas pegunungan: pergeseran pasar

Peluang untuk sayuran beriklim sedang, kentang, produksi susu, dan apel memungkinkan spesialisasi pertanian lebih lanjut, tetapi peluang pasar terus berubah. Produksi kentang di dataran tinggi memanfaatkan tanah abu vulkanik yang sangat subur, tetapi menyebabkan erosi. Dukungan eksternal untuk memulihkan dan mempertahankan kerapatan minimum pohon-pohon yang beradaptasi secara lokal (*Casuarina junghuhniana* atau 'cemara gunung') sangat dihargai di lereng utara Gunung Bromo (Leimona *et al.* 2018).

Produksi apel di Batu (Gunung Arjuna, Gunung Kawi) dimulai pada tahun 1950-an dengan percobaan di sejumlah lokasi dataran tinggi di Indonesia. Meskipun pertumbuhan vegetatifnya baik, tidak ada induksi bunga yang dicapai hingga "perompesan" (pengguguran) daun secara radikal untuk menginduksi kondisi serupa 'musim dingin' dan menjadi teknologi yang dapat disempurnakan (walaupun tetap bergantung pada investasi tenaga kerja yang tinggi dan/atau penggunaan bahan kimia pertanian yang berat). Namun, ketika hambatan perdagangan internasional diturunkan, buah impor dengan varietas lainnya, menguasai sebagian besar pasar domestik. Sebagai contoh produksi jeruk dalam negeri (jeruk siam) harus bersaing dengan jeruk impor dari Thailand (Leimona *et al.* 2018a). Kopi dari lereng gunung berapi di Jawa Timur memenuhi syarat sebagai indikasi geografis yang dapat mendukung jalur pemasaran khusus yang bertujuan untuk margin yang lebih tinggi (Suryanata *et al.* 1999, Wijayanil *et al.* 2022).

Terdapat banyak variasi kualitas buah pada durian lokal (*Durio zibethinus* atau 'duren'), kebanyakan diproduksi di kebun agroforestri campuran. Meskipun beberapa petani mulai mengelola kebun durian secara lebih intensif dengan varietas pilihan yang dicangkokkan pada batang bawah lokal, karena buah lokal masih dihargai di pasar lokal. Petani memiliki

akses ke berbagai jalur pemasaran dan dapat memperoleh margin keuntungan yang sebagian besar dapat diterima (Baladina *et al.* 2011). Di luar musim, buah durian lokal asal tempat lain di Indonesia kadang-kadang juga tersedia, namun karena prosesnya agak rumit dan adanya pematangan paksa, maka buah lokal yang tersedia sesuai musimnya masih lebih disukai. Buah durian kebanyakan dijual di sepanjang jalan ke orang yang lewat (wisatawan) atau juga melalui outlet perkotaan.

Bagian dari pasar untuk sayuran beriklim sedang dan produk susu, pasarnya terhubung ke sektor pariwisata di Bali, yang kondisinya sangat terpuuk oleh pengeboman tahun 2002 (Putra *et al.* 2006) dan pandemi Covid19. Keduanya menunjukkan bahwa spesialisasi yang kuat pada rantai nilai (*value chain*) yang bergantung pada pariwisata adalah berisiko dan manajemen portofolio keragaman perusahaan sangat diperlukan, sejalan dengan studi ketahanan pasca-Covid di tempat lain (Duguma *et al.* 2021).

Tanaman hias (bunga potong, tanaman hias, bonsai) dapat menjadi batu loncatan ke tahap berikutnya dalam dinamika lanskap (Tabel 6), karena tanaman ini paling baik dijual langsung ke wisatawan lokal (yang mungkin mendapati bahwa apa yang tumbuh dengan baik di iklim dataran tinggi tidak akan bertahan lama di kota yang terletak di dataran rendah).

**Tabel 6** Contoh narasi kelima (“Pertanian khusus, pergeseran pasar”) pada bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung

Gunung	Kelud	Kawi	Anjasmoro	Arjuna	Bromo	Semeru
Contoh	-	Jeruk, kopi spesial	Tanaman hias, durian	Apple, tanaman hias	Domestikasi Edel-weiss	Apple, jeruk
Box	-	Box 5.1. Wajah petani tersenyum dan biji kopi merah	Sayuran beriklim sedang	Kentang, sayuran; kebun teh	Kentang, sayuran	Kentang, sayuran

## 11.8 Ekoturisme: layanan kenyamanan

Di luar sumber air dan produk khusus, pegunungan telah menjadi tempat bersantai melepaskan kepenatan bagi wisatawan domestik kelas menengah perkotaan, menciptakan peluang mata pencaharian baru bagi masyarakat lokal. Nilai-nilai relasional dan *sense of place* melengkapi nilai-nilai instrumental (van Noordwijk 2021). Bentang

alam membantu menemukan kembali nilai spiritualitas, keindahan air terjun, mata air, pemandangan gunung, dan tentunya kedai makanan lokal mendapat manfaat dari adanya peningkatan jumlah wisatawan yang melakukan perjalanan sehari penuh yang tentunya membutuhkan fasilitas penginapan selama perjalanan akhir pekan dan musim liburan.

**Tabel 7 Contoh narasi keenam (“Ekowisata dan jasa kenyamanan”) di bab-bab sebelumnya yang membahas agroforestri di enam gunung**

Gunung	Kelud	Kawi	Anjasmoro	Arjuna	Bromo	Semeru
		Pendakian Gunung Panderman	Batu sebagai pusat wisata utama dengan kebutuhan air untuk hotel bersaing dengan jumlah mata air		Daya tarik wisata utama	Taman Nasional, pendakian gunung
Box			Box 8.5. Wisata religi di lereng Gunung Arjuno		Box 6.1. Pemadatan tanah akibat kunjungan wisatawan ke Gunung Bromo	

Medan yang menantang di kawasan pegunungan juga menyediakan tempat yang ideal sepanjang tahun untuk kegiatan olah raga luar ruangan. Kompetisi *road marathon* dan *trail running*, seperti *Bromo Marathon* dan *BTS Ultra Trail*, serta *MSC 116* dan *Sky Race*, masing-masing diselenggarakan di kawasan Bromo Tengger Semeru dan Arjuno-Welirang, menantang peserta dengan medan yang berat dan perubahan elevasi yang signifikan, meningkatkan daya tahan dan kebugaran kardiovaskular. Acara *Downhill* dan *Enduro Mountain Bike Racing*, yang biasanya ditandai dengan kursus yang menantang dan teknis dengan turunan yang curam dan rintangan yang membutuhkan keterampilan dan kebugaran fisik tingkat tinggi dari para pesaing, juga diadakan di berbagai lokasi untuk mempromosikan pariwisata daerah. Lomba sepeda jalan raya ‘Bromo KOM’, yang menempuh rute menantang dari kota pesisir Surabaya hingga puncak Gunung Bromo, merupakan ajang populer lainnya yang menguji daya tahan tubuh dan mental serta kemampuan mendaki peserta sekaligus telah berkontribusi terhadap perekonomian daerah.

Karena ada tradisi panjang wisatawan gunung untuk pulang dengan karangan bunga ‘Edelweis Jawa’, tumbuhan liar tersebut menjadi tereksplorasi secara berlebihan. Namun akhir-akhir ini tumbuhan tersebut dapat ditanam di lahan pertanian dan berhasil didomestikasi di Gunung Bromo. Desa-desa yang berspesialisasi dalam pariwisata lokal yang terkait dengan lanskap pertanian menghadapi tantangan selama pandemi COVID19

dan harus melakukan banyak penyesuaian untuk mempertahankan setidaknya beberapa tingkat bisnis. Seperti yang dianalisis untuk dua desa (di sisi utara dan barat daya Gunung Kawi) oleh (Auliah *et al.* 2011) modal sosial antara petani dan pemerintah daerah dan di antara masyarakat setempat sangat penting dalam adaptasi ini.

## 11.9 Tata kelola: lompatan ke depan, memastikan keberlanjutan, menjaga semuanya tetap bersama

Tata kelola pemerintahan tidak diatur berdasarkan gunung-gunung, melainkan berdasarkan lembah yang ada di antaranya dan tempat tinggal masyarakat. Tata kelola lembah masih menjadi bagian dari wilayah DAS dan konteks nasionalnya, serta berinteraksi dengan kekuatan internasional. Tata kelola, seni dan keterampilan menjaga kebersamaan, terlepas dari perbedaan kepentingan, ambisi, kekuasaan, sumber daya, pengetahuan dan sistem kepercayaan, telah dan masih menjadi target bergerak di wilayah pegunungan vulkanik dan dataran rendah di sekitarnya yang menjadi fokus perhatian saat ini. Sistem pemerintahan selalu harus berhadapan dengan kekuasaan di luar wilayah (termasuk kekuasaan kolonial, pemerintah nasional), dan kekuasaan di wilayah pesisir, dataran rendah, wilayah tengah, dan pegunungan. Pusat kekuasaan berpindah antar periode sejarah, namun peluang bagi masyarakat lokal untuk memanfaatkan potensi kemampuan dan lingkungan mereka, sering kali dibatasi.

Beberapa keputusan di masa lalu mempunyai dampak jangka panjang, yang tidak selalu disadari. Misalnya, pembedaan antara kawasan hutan yang dikuasai negara dan 'penggunaan lahan lain' (APL) yang dikuasai desa sudah ada sejak '*Domeinverklaring*' dalam Undang-Undang Agraria tahun 1870, dan mengawali sistem konsesi untuk perkebunan. Hal ini masih menantang keberadaan agroforestri sebagai perantara konsep kebijakan kehutanan dan pertanian (Galudra dan Sirait 2009). Contoh lainnya, peran pohon komersial yang diperdagangkan secara global seperti kopi dan sentimen seputar penggunaannya, dapat ditelusuri hingga sistem penanaman paksa yang terjadi pada tahun 1830.

Dominasi politik historis di wilayah pesisir, dengan produksi tebu yang berorientasi ekspor, khususnya di Pasuruan pada masa kolonial, diikuti oleh periode dimana produksi padi sawah sebagai prioritas ketahanan pangan nasional. Setelah periode 'reformasi' tahun 1998 barulah muncul pemerintahan yang lebih seimbang dan terdesentralisasi, yang mula-mula menekankan pada skala 'kabupaten', namun kemudian mencapai puncaknya pada dana desa dan kewenangan pengambilan keputusan di daerah. Tidak lagi terkekang oleh kebijakan nasional yang terisolasi (seperti kebijakan yang memisahkan pertanian dari kehutanan), sistem tata kelola lokal dapat menentukan

langkah ke depan, dengan mengintegrasikan kepentingan berbasis air, tumbuh-tumbuhan, dan lahan, serta menggunakan produk dan jasa sebagai basis bagi perekonomian lokal, dibantu dengan bentuk-bentuk baru agroforestri.

Pasuruan menjadi daerah penghasil gula terbesar di Jawa pada abad ke-19 (Elson 1984). Seiring dengan sistem tanam paksa pada tahun 1830 (gula dan kopi; van Niel 1992), reformasi tanah yang memungkinkan perluasan perkebunan Eropa setelah tahun 1870 dan jaringan swasta di beberapa keluarga keturunan Tionghoa (Salmon 1991, Kunio 1989) menyatukan tanah, tenaga kerja, modal dan pasar untuk industri yang berkembang. Industri gula diubah menjadi paradigma 'pembangunan' ekonomi kolonial, karena efisien, sangat menguntungkan dan produktif (Jawa menjadi eksportir gula global kedua setelah Kuba, dibantu oleh kapal uap yang memotong biaya transportasi (Knight 2014), secara besar-besaran bermodal dan dilengkapi dengan mesin terbaik dan terkini (Knight 2008). Krisis ekonomi global pada tahun 1930-an menjadi pemicu berakhirnya boom ini, yang diikuti dengan ketegangan sosial pada periode pasca kemerdekaan, termasuk pembakaran tebu sebagai protes terhadap pemerintahan kolonial (Elson 1979), dan akhirnya penyingkiran massal pada tahun 1965/6 (Knight 2012, Leksana 2020), yang diikuti oleh transformasi lahan tebu menjadi sawah ketika sumur artesis sederhana yang membawa air tanah ke permukaan tersebar luas (Khasanah *et al.* 2021).

Pada tahun 1870-an sistem kepemilikan tanah di Jawa dibatasi oleh peraturan adat di desa; pendatang baru harus terlebih dahulu mendapatkan tempat di masyarakat sebelum mereka bisa mendapatkan akses terhadap tanah. Berpijak pada Undang-Undang Agraria tahun 1870 pemerintah mengklaim sebagai pemilik seluruh tanah di luar desa yang ada dan memberikan kepada perusahaan perkebunan swasta untuk menyewa tanah hingga 75 tahun. Di Kabupaten Malang, industri kopi dan gula berkembang pesat: dari tahun 1881 hingga 1884, hampir sepertiga produksi kopi di Jawa berasal dari Malang, dan pada tahun 1922, kabupaten ini menyumbang hampir 20% dari seluruh produksi kopi di Jawa dan Madura (Leksana 2020). Perkebunan kopi dan gula menarik tenaga kerja dari wilayah pesisir (termasuk Madura), namun ketegangan sosial antara tenaga kerja dan manajemen mempunyai konsekuensi jangka panjang.

Selama perang revolusi tahun 1945-1948, sebagian besar perkebunan di kawasan Malang Selatan dihancurkan, dan para perambah lahan bekas perkebunan mengubahnya menjadi tanaman pangan, sehingga menguras tanah dan berdampak negatif di bagian hilir. Hanya beberapa perkebunan setelah berakhirnya perang dikembalikan ke pemilik Belanda sebelumnya dan kemudian dinasionalisasi pada akhir tahun 1950an. Ketegangan sosial pada periode ini memuncak ketika penyingkiran massal pada tahun 1965/6, setelah itu aliansi masyarakat lokal dengan negara mulai berubah – dari berorientasi ekonomi menjadi otoritatif dan berorientasi pada kekuasaan (yang melibatkan

penciptaan keamanan dan ketertiban). Setelah tahun 1965, program intensifikasi pertanian BIMAS (Bimbingan Massal) berfokus pada revolusi hijau dalam produksi padi beririgasi (JICA 2019).

Selama sistem pemerintahan Orde Baru di Indonesia, pembangunan infrastruktur yang bersifat *top-down*, seperti pengaturan aliran air di DAS Brantas berkembang pesat, sehingga tidak ada peluang bagi suara-suara lokal untuk didengar. Perusahaan Umum Jasa Tirta, sebagai kemitraan publik-swasta, ditugaskan untuk mengatur dan mengelola infrastruktur pengelolaan air yang dibiayai publik, termasuk bendungan perangkap sedimen, saluran irigasi dan waduk Selorejo. Prioritasnya jelas dimana pengguna air industri harus berkontribusi terhadap biaya operasi dan pengelolaan, kecuali para petani yang masih dapat menggunakan 80% air yang dialokasikan untuk irigasi secara gratis. Salah satu kekhawatirannya adalah konversi lahan sawah yang memiliki infrastruktur irigasi lengkap menjadi perluasan perkotaan, sebuah proses yang secara teori dikendalikan oleh perencanaan tata ruang kota dan kabupaten, namun dalam praktiknya tidak.

Kota-kota besar mempunyai Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang mengontrol mata air di luar wilayahnya, yang kemudian airnya disalurkan ke pengguna perkotaan (PDAM Malang mengontrol mata air di lereng kaki Gunung Arjuna, Surabaya, mata air Umbulan di Rejoso di kaki Gunung Bromo). Ketika masyarakat lokal tertarik untuk mengatur pasokan air bersih mereka sendiri, mereka hanya punya pilihan mata air yang lebih kecil, seperti yang terjadi di Batu. Penurunan debit mata air Umbulan (Rejoso) dari sekitar 5000 liter/detik pada tahun 1980 menjadi 3500 liter/detik pada tahun 2020, dengan tren penurunan yang terus menerus merupakan tantangan tata kelola (Khasanah *et al.* 2021): air tanah berada di bawah kewenangan provinsi, air permukaan merupakan permasalahan bagi kabupaten. Sementara, para petani mempunyai hak yang tidak dibatasi untuk menggunakan air ke permukaan untuk mengairi tanaman mereka, meskipun sebagian besar air tersebut terbuang sia-sia. Bentuk-bentuk tata kelola sumber daya yang baru masih lambat untuk muncul, karena jalur informal masih sangat bergantung pada individu-individu yang berkehendak baik dalam berbagai organisasi.

Pengelolaan kualitas air di Indonesia belum cukup terintegrasi dengan pengelolaan wilayah sungai, yang fokus utamanya adalah pada kuantitas air. Kualitas air dipengaruhi oleh sedimen dari pegunungan dan kandungan unsur hara dari penggunaan lahan pertanian (tingginya tingkat pemberian pupuk untuk padi dan sayuran, pengelolaan kotoran ternak yang buruk di daerah penghasil susu). Waduk Selorejo di Sungai Konto menunjukkan tanda-tanda eutrofikasi yang jelas dengan konsentrasi nitrat hingga 150 mM dan pertumbuhan eceng gondok serta tanaman air lainnya yang berlebihan. Namun tingginya kadar silika dalam material vulkanik, konsentrasi nitrogen dan fosfor



yang tinggi dalam air masih belum menyebabkan mekarnya alga biru, melainkan diatom (kelompok besar dari alga plankton yang paling sering ditemui) tumbuh subur di perairan pesisir Selat Madura (Jennerjahn *et al.* 2022).

Hutan di Indonesia diatur oleh suatu sistem yang terpisah dari sistem yang ada di wilayah lain, dengan kewenangan keseluruhan berada di Jakarta. Dalam struktur organisasi saat ini, 'Kesatuan Pengelolaan Hutan' (KPH) merupakan antarmuka lokal, dengan sembilan KPH di DAS Brantas yang bertanggung jawab atas wilayah seluas 520.499 ha (68,2% hutan produksi, 21,9% hutan lindung, dan 9,9% hutan konservasi). Melalui *trial and error*, pengelolaan hutan untuk hutan produksi kini banyak memanfaatkan kontrak yang memungkinkan petani menanam rumput pakan ternak atau kopi di bawah pohon pinus, dan bahkan dapat memperoleh bagian dari nilai kayu di masa depan jika pohon tersebut berhasil. Dampak alih guna lahan tersebut terhadap fungsi daerah aliran sungai masih belum terkuantifikasi dengan baik, dan narasi dominan di Brantas masih berupa degradasi sumber daya dimana penanaman pohon merupakan solusi universal, terlepas dari hak milik dan aliran manfaatnya.

Dokumen pemerintah memberikan kesan adanya pengendalian yang tidak tepat: 30,9% wilayah DAS Brantas diakui sebagai lahan kritis berdasarkan Rencana Rekayasa Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RTkRHL DAS) oleh BP DAS Brantas pada tahun 2009. Seluruh DAS dikategorikan menjadi sangat kritis (4,5%), kritis (14,3%), agak kritis (12,1%), potensial kritis (8,2%) dan tidak kritis (60,9%) (JICA 2019).

Sesuai dengan Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2014 tentang Dana Desa, (VF= *Village Funds*), pemerintah Indonesia mendelegasikan sebagian besar kewenangan penganggarannya kepada pemerintah tingkat desa untuk mempercepat pembangunan pedesaan. Antara tahun 2015 - 2020, pemerintah Indonesia mentransfer lebih dari Rp 257 triliun (atau sekitar USD 18 miliar dengan nilai tukar saat ini) kepada pemerintah desa, menjadikan program Dana Desa (DD) di Indonesia sebagai salah satu transfer antar pemerintah terbesar di dunia yang diarahkan ke tingkat terendah pemerintahan (Hartojo *et al.* 2022). Berdasarkan perubahan indikator penerangan/lampu malam, program ini sangat efektif di Indonesia Timur dan Tengah, dimana rata-rata pertumbuhan lampu malam setelah penerapan DD masing-masing adalah 156 dan 141% dari nilai sebelum DD. Prioritas pertama di banyak bidang adalah perbaikan jalan lokal (Putra 2022). Antara tata kelola di tingkat desa dan kabupaten/kota atau provinsi, masih terdapat tantangan untuk mengatasi isu-isu 'missing middle', seperti air dan mata pencaharian pegunungan yang berkelanjutan. Sementara itu, skema Pembayaran Jasa Ekosistem (PES) yang bersifat *top-down* secara bertahap bertransformasi menjadi investasi bersama dalam pengelolaan, dengan landasan yang lebih setara (Leimona *et al.* 2018b).

## 11.10 Fase de/re spiritualisasi

Ketujuh narasi tersebut sesuai dengan empat fase alur cerita transisi hutan spiritual sebagai berikut:

- a. Fase dimana alam berkuasa, ditakuti dan dihormati (I dan II),
- b. Penaklukan alam, digantikan dengan budaya yang bersifat kemanusiaan, melalui konversi hutan menjadi pertanian (persaingan untuk mendapatkan ruang), perampasan tanah dan air untuk memenuhi kebutuhan pusat populasi utama (hubungan kekuasaan perkotaan-pedesaan), dan/atau secara lebih halus dengan mendomestikasi hutan sebagai 'agroforest', dimana hubungan simbiosis dapat dilakukan (III, IV),
- c. Suatu fase merupakan respon terhadap permasalahan yang disebabkan oleh konversi sistem alam – perencanaan penggunaan lahan, rekayasa aliran dan penyimpanan air, zonasi spasial lanskap dan otoritas hutan yang kuat mengatur aktivitas manusia, yang didominasi oleh rasionalisasi sumber daya alam dari 'nilai-nilai instrumental' dan 'jasa ekosistem' (yang memberikan manfaat nyata bagi tujuan manusia dan masyarakat), (V)
- d. Sebuah fase di mana spiritualitas (alam tersisa dalam Fase A dan cara-cara baru pemulihan kondisi dari gaya hidup perkotaan yang terlalu tertekan) ditemukan kembali dan lanskap menjadi penyedia layanan dan pengalaman jenis baru (VI).

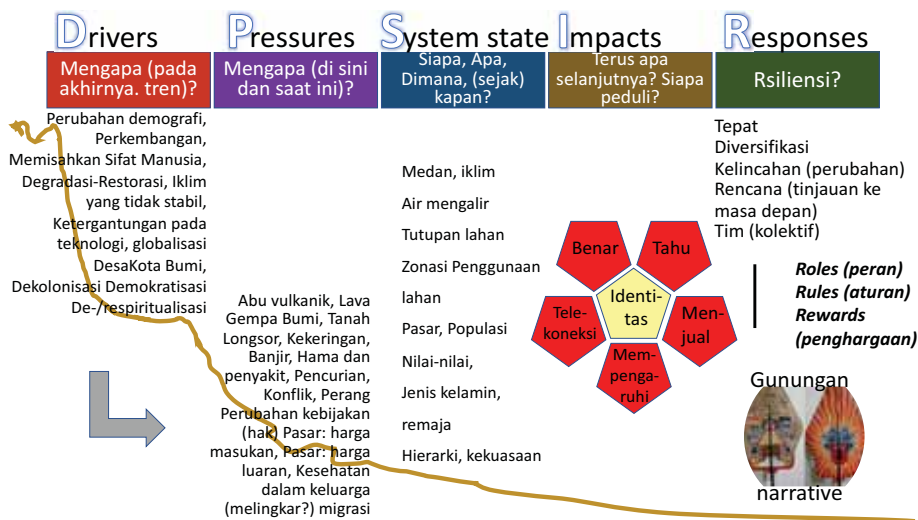
Meskipun keempat fase ini mungkin menggambarkan suatu rangkaian sejarah, mereka hidup berdampingan dan berinteraksi dalam lanskap bersama. Sebagian dari interaksi tersebut didasarkan pada institusi (norma perilaku dan aturan yang mempunyai konsekuensi terhadap keputusan individu) yang dibentuk di masa lalu dan perlu ditafsirkan ulang untuk keadaan saat ini (VII).

Kerangka transisi hutan spiritual yang diusulkan baru-baru ini (Roux *et al.* 2022) dengan empat fasenya merupakan cara yang efisien untuk mewakili dan memahami transformasi di pegunungan vulkanik di sekitar Malang. Namun, konsep 'transisi hutan spiritual' telah diartikulasikan pada tingkat analisis Alam-Masyarakat (Gambar 11.1A), namun perlu penyempurnaan dalam pembedaan antara masyarakat pedesaan dan perkotaan (Gambar 11.1B), yang kemudian menjadi pendorong peralihan ke fase IV. Perbedaan lebih lanjut antara kawasan pertanian intensif (seperti dataran rendah Brantas dan Rejoso) yang berinteraksi dengan sistem lereng tengah di mana agroforestri (dan penerapan agroekologi yang lebih luas) mengarah pada skema dalam Gambar 11.1C. Komplikasi lebih lanjut bahwa di zona dataran tinggi, daya tarik ekonomi dari sayuran dan kentang di daerah beriklim sedang menyebabkan intensifikasi penggunaan lahan yang sulit untuk diatasi.

Aspek penting dari penelitian ini adalah bahwa keempat fase tersebut hidup berdampingan dalam bentang alam yang sama, karena keempat fase tersebut menghubungkan empat perspektif pada Gambar 11.2, dan bahwa sistem tata kelola perlu menangani interaksi di antara fase-fase tersebut. Fase teori transisi mungkin berguna dalam menganalisis perdebatan saat ini, yang mungkin mengarah pada konfrontasi, misalnya antara pengembang hotel yang berorientasi pariwisata versus kekhawatiran atas penggunaan air tanah yang berlebihan.

## 11.11 Siklus Pendorong – Tekanan – Keadaan Sistem – Dampak – Respons (DPSIR)

Setelah merefleksikan narasi dan bukti yang mendasarinya, kita dapat mengidentifikasi karakteristik utama dari keadaan sistem sosial-ekologi saat ini, dalam kaitannya dengan penyebab langsung (tekanan) dan pemicu yang mendasarinya, serta konsekuensi dan respons yang dihasilkannya (Gambar 11.6).



**Gambar 11.6** Konsep yang digunakan dalam menganalisis ketahanan sistem sosial-ekologis dalam konteks agroforestri pegunungan yaitu Drivers – Pressures – System state – Impacts – Responses (DPSIR) hutan-air-manusia (van Noordwijk et al. 2020c); semua istilah yang disebutkan memainkan setidaknya beberapa peran dalam wacana saat ini.

Keadaan sistem saat ini, harus dipahami berdasarkan antarmuka antara medan dan iklim, aliran air, peraturan zonasi untuk penggunaan lahan, pasar, kepadatan penduduk dan nilai-nilai instrumental dan relasional yang terlibat yang dapat bervariasi berdasarkan gender dan generasi, saling berinteraksi dengan hierarki dan kekuasaan.

Di balik faktor-faktor ini kita dapat melihat serangkaian tekanan 'langsung' di dalam lanskap, dan perubahan yang lambat, namun merupakan faktor pendorong yang kuat di luar lanskap. Inti dari pertanyaan 'so-what' mengenai dampak alih guna lahan adalah identitas dan harga diri para penghuni lanskap, yang berinteraksi dengan hak, pengetahuan, aktivitas ekonomi, dampak lingkungan lokal, dan telekoneksi. Ketika aspirasi dalam identitas tidak sesuai dengan kenyataan, adaptasi akan dilakukan melalui penyesuaian, diversifikasi, agility (kecenderungan untuk terus berubah) dan tindakan kolektif dalam tim. Pada skala masyarakat atau tata kelola, hal ini tercermin dalam perubahan peran, aturan, dan penghargaan. Namun pada akhirnya, ketahanan masyarakat pegunungan dapat diringkas dengan baik dalam 'kayon' atau 'gunungan' yang selalu ada dalam cerita wayang kulit: seringkali berada dalam model 'harmoni', yang mencerminkan keselarasan antara manusia, alam, dan spirit (roh). Namun hal ini tidak terjadi, di sela-sela letusan gunung berapi, kebakaran, konflik dan peristiwa perang yang membuat cerita malam yang diceritakan dalam konteks sosial.

Banyak elemen dalam skema konseptual DPSIR pada Gambar 11.5 memang dapat dikenali dalam lanskap (Gambar 11.6), namun hanya pada tingkat yang disederhanakan agar seseorang dapat memahaminya, apalagi memprediksi dinamika lanskap dan kehidupan yang dihasilkannya. Dalam studi kasus ini, peningkatan jangka panjang kehidupan di pedesaan memiliki hubungan yang ambivalen (saling bertentangan) dengan ketahanan Jasa Ekosistem di wilayah sungai secara keseluruhan. Perspektif pertanian perkotaan dan DAS Brantas yang sederhana (Gambar 11.1B) perlu disesuaikan secara substansial (Gambar 11.1C) untuk mencakup empat zona: puncak gunung yang dilindungi yang menarik wisatawan lokal, agroforestri dataran tinggi/pegunungan ditambah pertanian intensif, pertanian irigasi dataran rendah - pertanian dan kota-kota besar perkotaan bergantung pada makanan dan air bersih dari zona lain.

Menariknya, 'insentif pembangunan' dari *Human Development Index* (HDI) yang lebih tinggi relatif kecil untuk kota-kota di wilayah studi, dimana pendidikan dan layanan kesehatan tersedia dan dapat diakses di daerah pedesaan. Posisi Batu yang berada di tengah-tengah antara kota dan kabupaten mungkin disebabkan oleh konteks topografi, sehingga tidak masuk akal untuk mempertahankan bagian pinggir daerah tangkapan air di Kabupaten Malang (Prayitno *et al.* 2020). Karena migrasi melingkar dari pedesaan ke perkotaan yang tidak dibatasi (jika dibandingkan dengan Tiongkok), banyak keluarga besar yang tersebar di seluruh kontinum desa-kota dan dapat mempertahankan perspektif hidup yang menyelaraskan kehidupan di, dari, dan dengan alam. Perspektif 'hidup sebagai' (belum) diartikulasikan dengan kuat sebagai 'hak alam', namun merupakan bagian dari pengalaman pendakian gunung bagi generasi muda perkotaan yang mencicipi cita rasa alam tersebut.

Ketika tantangan utama aliran air di DAS Brantas diatasi dengan infrastruktur waduk dan pipa pelimpah ke laut, permasalahan kualitas air menjadi perhatian utama (Risjani *et al.* 2020). Infrastruktur untuk menampung air bersih dari luar DAS Brantas terkendala oleh pembangunan di dalam DAS Welang-Rejoso.

Sementara itu, persepsi yang mengkhawatirkan masih sering terjadi: “Di DAS Brantas, Jawa Timur, Indonesia. Deforestasi untuk pertanian telah menyebabkan peningkatan erosi tanah, hilangnya keanekaragaman hayati, dan penurunan retensi air. Dampak-dampak tersebut menyebabkan banjir menjadi lebih parah dan mengurangi pengisian kembali air tanah, sehingga di daerah hilir terjadi masalah kelangkaan air saat musim kemarau. Banjir dan kekeringan diperkirakan akan semakin parah seiring dengan perubahan iklim, dan jika tidak ada tindakan yang diambil, degradasi lahan akan terus berlanjut” (Bassi *et al.* 2022). Dalam narasi ‘menara air’ ini, hanya ada sedikit ruang bagi mata pencaharian dan kekhawatiran masyarakat yang tinggal di pegunungan untuk dilihat sebagai bagian dari solusi.

Dalam analisis ini interaksi antara subsistem perkotaan dan pedesaan dalam upaya keseluruhan untuk menghadapi perubahan iklim global dan hilangnya jasa lingkungan sebagai akibat dari pengarus utamaan pembangunan, pegunungan vulkanik di Jawa Timur telah mengalami peningkatan penghidupan pedesaan yang bertahan lama. Dikotomi yang ada seperti pedesaan versus perkotaan, pertanian versus alam (hutan), fokus ekonomi versus sosial, pembangunan versus lingkungan hidup, pusat versus pinggiran, barang versus jasa, semuanya harus diperkaya dengan alternatif-alternatif kontinumnya agar dapat memberikan keadilan dan memahami, perubahan historis dalam lanskap pegunungan, dan pilihan yang ada saat ini untuk bangkit dan mempertahankan keberlanjutannya.



## Bab 12.

# PROSPEK AGROFORESTRI NUSANTARA KINI DAN MASA DEPAN

*Didik Suprayogo, Kurniatun Hairiah, Meine Van Noordwijk, Subekti Rahayu, Sonya Dewi, Aqmal Nur Jihad, Budiadi, Suyanto*

### 12.1 Pengantar

Populasi manusia di dunia diperkirakan mencapai 9 Miliar pada tahun 2050. Jumlah tersebut meningkat 1,2 Miliar dari populasi manusia saat ini. Kondisi tersebut tentu berdampak pada sejumlah aspek, paling tidak pada kebutuhan primer seperti kebutuhan pangan, sandang, dan papan. Terdapat relevansi atau linieritas antara peningkatan populasi dan kebutuhan primer. Pada sisi yang lain ketersediaan akan lahan tidak mampu bertambah, atau jikapun bertambah (misal melalui reklamasi) diperkirakan tidak mampu mengimbangi kecepatan peningkatan kebutuhan yang ada. Ehrlich *et al.*(2021) menyebut bahwa kawasan pegunungan terkonfirmasi menjadi kawasan yang berkontribusi sebagai tempat tinggal bagi sejumlah populasi manusia.

Secara umum demografi dan problem global seperti perubahan iklim menjadi pemicu konsekuensi pada kawasan pegunungan (Thornton *et al.* 2022). Keterbatasan dalam penyediaan lahan menimbulkan sejumlah konsekuensi yang turut memberikan dampak bagi kawasan pegunungan. Dampak tersebut seperti adanya tekanan sosial pada kawasan pegunungan, khususnya pada daerah dengan elevasi yang lebih rendah (Elsen *et al.* 2020). Disisi lain, sejumlah kawasan pegunungan sebetulnya menyimpan catatan terkait aktivitas manusia pada masa sebelumnya seperti sektor kehutanan, pertanian, hingga pertambangan (Catalan *et al.* 2017). Kondisi saat ini, ketika aspek sosial mulai masuk pada kawasan pegunungan, menjadi indikator adanya tantangan dalam pengelolaan kawasan pegunungan di masa mendatang.

Tindakan atau pembiaran dapat berpotensi munculnya kerusakan atau penurunan level resiliensi terhadap ancaman yang lebih rendah dibandingkan dengan keadaan sebelumnya. Karakteristik lahan yang berlereng menjadi salah satu karakteristik yang akan muncul dan menjadi pertimbangan dalam pengelolaan. Kesalahan pengelolaan dapat memicu bencana seperti tanah longsor, banjir, dan atau bahkan pada kondisi sebaliknya berupa kekeringan. Kesalahan pengelolaan juga dapat mengancam biodiversitas pada area pegunungan yang dapat diklasifikasikan sebagai kawasan dengan biodiversitas yang tinggi.

Ekosistem hutan berada pada posisi esensial di kawasan pegunungan yang memiliki fungsi untuk mencegah atau paling tidak meminimalisir dampak akibat bencana (Moos *et al.* 2018). Urgensi dari kawasan pegunungan sangat terasa penting, sebagaimana diungkap dalam deklarasi PBB tahun 2002 yang menyebutkan bahwa kawasan pegunungan adalah bagian penting dalam sistem bumi untuk mendukung suplai air, keanekaragaman biologi, penyediaan area atau destinasi wisata alam, dan tempat tinggal bagi manusia. Mempertahankan eksistensi hutan yang berada di kawasan pegunungan menjadi penting untuk diupayakan seiring dengan sejumlah ancaman yang akan dihadapi.

Beragam jenis ancaman pada daerah pegunungan memerlukan upaya alternatif. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan optimalisasi lahan melalui penerapan sistem agroforestri. Agroforestri sebagai jalan tengah dalam pengelolaan lahan di masa mendatang dapat digunakan. Melalui implementasi sistem agroforestri, lahan-lahan eksisting dapat ditingkatkan efisiensi penggunaannya baik melalui konfigurasi horizontal maupun vertikal. Agroforestri sebagai jalan tengah mampu menjadi sarana pertemuan kepentingan ekonomi dan ekologi.

Pengelolaan kawasan pegunungan dapat dianalogikan seperti dua sisi mata uang. Adanya intervensi tetapi tanpa pengelolaan maka dapat berujung pada kerusakan; pun apabila dilakukan pengelolaan tanpa memerhatikan aspek lingkungan atau ekologi. Maka diperlukan sebuah upaya pemanfaatan dalam koridor yang tepat pada kawasan pegunungan yang dapat menjadikan peluang bagi daerah pegunungan.

## **12.2** Sistem manajemen penggunaan lahan di pegunungan

Pada akhir penulisan buku ini, pemikiran tentang sistem manajemen sumberdaya alam dipaparkan untuk membantu menjelaskan tuntutan kompleks pengembangan kawasan pedesaan yang dikaitkan dengan keberadaan agroforestri. Secara khusus, praktik penggunaan lahan pertanian dan kehutanan serta agroforestri dicermati melalui prinsip-prinsip biofisik dan sosial ekonomi tertentu yang menjadi dasar pengelolaan sumber daya alam. Prespektif historis mengenai evolusi pengelolaan hutan dan praktik produksi pertanian serta pengembangan kegiatan agroforestri diulas dalam Bab ini untuk memahami dinamika yang terjadi.

### **12.2.1 Prinsip dasar yang mempengaruhi sistem manajemen**

---

Manajemen dapat dianggap sebagai intervensi terencana ke dalam proses alami untuk memastikan hasil manfaat yang dapat diprediksi untuk kesehatan dan kesejahteraan manusia. Oleh karena itu, faktor sosiologis seringkali menjadi prinsip penggerak yang



menentukan banyak keputusan penggunaan lahan. Misalnya, etika kepengurusan yang menempatkan kebaikan sosial jangka panjang di atas keuntungan pribadi jangka pendek dapat menggerakkan orang untuk menggunakan waktu, tenaga, dan dana untuk menjamin keutuhan ekologi lahan yang mereka miliki saat ini. Sebaliknya, misalnya etika yang menggaungkan “lebih penting mana mendahulukan kebutuhan perut atau menjaga dan memelihara sumberdaya alam”, ini lebih menekankan kebutuhan mendesak individu masyarakat, yang konsekwensinya dapat mendorong aktivitas destruktif terhadap sumberdaya lahan yang berdampak negatif terhadap generasi mendatang (Nash 1982). Fokus antroposentris untuk manajemen menjadi tantangan dalam kurun waktu beberapa dekade akhir-akhir ini (Stone 1996). Jelas, kelompok pengguna yang berbeda dapat memiliki pandangan yang sangat berbeda mengenai pemanfaatan, konservasi, dan pelestarian sumber daya alam, seringkali membuat konteks sosial di mana keputusan penggunaan lahan yang dibuat dapat sangat kontroversial.

Konteks sosial untuk pengambilan keputusan penggunaan lahan juga tunduk pada perubahan yang semakin cepat karena laju evolusi sosial semakin cepat dalam menanggapi peningkatan pengetahuan dan kemajuan teknologi. Misalnya, abad ini telah menyaksikan perubahan besar yang terkait dengan transisi dari masyarakat pedesaan ke perkotaan, pergeseran struktur etnis dan usia, perpindahan ke masyarakat berbasis informasi, dan kebangkitan berkala minat dan kepedulian publik terhadap lingkungan dan penggunaan masyarakat akan lahan pertanian dan hutan negara. Oleh karena itu, keputusan pengelolaan yang dapat diterima secara sosial di satu generasi mungkin tidak diterima di generasi lain (misalnya, pembukaan lahan dengan tebang bakar, pengelolaan hutan produksi berbasis masyarakat, atau penggunaan pestisida kimia untuk pengendalian hama penyakit tanaman).

Secara normatif, sistem ekonomi di Indonesia adalah sistem ekonomi kerakyatan/sistem Ekonomi Pancasila sesuai dengan yang tertuang dalam UUD 1945 pasal 33 khususnya ayat 1 yang berbunyi: Perekonomian disusun sebagai usaha bersama atas asas kekeluargaan. Namun kenyataan bahwa pelaksanaan atau penerapan sistem ekonomi Indonesia adalah sistem ekonomi pasar. Padahal menurut pengalaman dari Indonesia sendiri dan beberapa negara maju maupun negara yang sedang berkembang, bahwa kegiatan ekonomi yang sepenuhnya dikendalikan oleh mekanisme pasar telah gagal untuk menciptakan pemerataan pendapatan di masyarakatnya.

Kegiatan ekonomi yang dikendalikan penuh oleh mekanisme pasar akan cenderung menciptakan penguasaan terhadap potensi ekonomi hanya pada segelintir orang saja. Hal demikian akan berkembang menjadi ekonomi liberal dengan munculnya praktik-praktik oligopoli bahkan monopoli. Praktik ekonomi yang demikian terus mendorong banyak keputusan mengenai produksi makanan, hijauan, ternak, dan serat. Disisi lain masyarakat yang mengelola agroforestri belum memiliki tatanan organisasi sosial ekonomi yang kuat dalam pemanfaatan sumberdaya alam sehingga kehidupan subsisten

semakin tertekan. Pertanian dan kehutanan sekarang menjadi bisnis besar yang beroperasi dalam ekonomi dunia yang dinamis. Sayangnya, belum ada dasar teori yang kuat yang mendukung pemahaman masyarakat subsiten tentang variabel ekonomi yang mendorong kapitalisme, seperti rasio biaya/manfaat, hubungan penawaran-permintaan, dan dinamika pasar. Banyak dari teori neoklasik yang berjalan menyederhanakan atau mengabaikan isu-isu kritis, seperti nilai jangka panjang yang terkait dengan eksternalitas yang timbul dari praktik pengelolaan yang baik, seringkali membuatnya tidak memadai untuk menjelaskan realitas saat ini tentang penggunaan lahan dan proses pengambilan keputusan lingkungan (Daly & Cobb 1989, Tisdell 1990).

Meskipun demikian, selama dua dekade terakhir telah terjadi peningkatan minat untuk menginternalisasi biaya dan manfaat lingkungan yang belum tentu tercermin oleh sistem pasar (Mann & Wustemann 2008, Wang & Wolf 2019). Pembayaran untuk jasa lingkungan atau ekosistem telah memasuki pembahasan pembuat kebijakan di tingkat nasional dan diujicobakan di beberapa tempat, misalnya di DAS Rejoso Lereng Gunung Bromo. Praktik jasa lingkungan saat ini masih belum melembaga dan belum berjalan sesuai dengan teorinya.

Pengelolaan penggunaan lahan bersifat interdisipliner karena banyaknya faktor yang saling terkait yang harus dipertimbangkan saat memutuskan cara terbaik mengoptimalkan penggunaan lahan untuk mewujudkan berbagai nilainya (Ferraz-de-Oliveira *et al.* 2016, Savory 1988, Stankey 1996). Sejauh mana pengetahuan ilmiah berguna dalam proses pengambilan keputusan seperti itu bergantung pada kemampuannya untuk memperdalam pemahaman manajer tentang sistem yang kompleks dan bagaimana menyesuaikannya untuk mencapai tujuan tertentu. Pendekatan interdisipliner sangat penting untuk pengembangan pengetahuan tersebut (Chubin *et al.* 1986). Studi tentang sistem pengelolaan penggunaan lahan interdisipliner, yang sebelumnya diabaikan (Stankey 1996), telah menjadi topik utama yang menarik dalam komunitas penelitian dan pengembangan (LaCanne & Lundgren 2018). “Tirani disiplin”, meskipun masih menjadi norma dalam menciptakan hambatan institusional untuk integrasi yang efektif (Campbell 1986), bukan lagi satu-satunya paradigma yang dipromosikan dan secara aktif digantikan selama dekade terakhir oleh pergeseran menuju peningkatan diversifikasi bentang alam. dan sistem tanam (Geertsema *et al.* 2016, Liebman & Schulte 2015). Landasan teoretis untuk pengelolaan agroekosistem kompleks seringkali tidak memenuhi kebutuhan praktis manajer tingkat lapangan (Wezel & Bellon 2018). Hal ini dapat mengakibatkan salah urus oleh mereka yang memiliki tanah atau mengendalikan penggunaannya—perilaku yang tidak dapat diterima dalam masyarakat yang semakin menuntut pengelolaan ekologis yang baik atas sumber daya alamnya.

## 12.2.2 Evolusi sistem manajemen

---

Indonesia mewarisi praktik pengelolaan hutan diawali dari kerajaan-kerajaan yang berkembang sebelum jaman kolonial dan dilanjutkan jaman kolonial dari Eropa dan Jepang hingga bagian akhir abad ke-19 yang memodifikasi sumberdaya alam untuk kepentingan ekonomi, dengan potensi kekayaan akan sumber daya alam yang luar biasa, dengan populasi penduduk yang masih relatif rendah.

Revolusi industri membawa serta teknologi pasca panen baru, yang sangat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan lahan (Williams 1989). Praktik hutan seperti itu dipercepat seiring dengan pertumbuhan penduduk yang kecepataannya seperti huruf "J" dan menjadi lebih urban. Sekitar pergantian abad ke-19, eksploitasi berlebihan yang terus berlanjut memicu perhatian publik dan lahirnya gerakan pentingnya konservasi sumberdaya alam (Jordan 1994), yang mencakup pengembangan lembaga pengelolaan hutan profesional dan lembaga akademik (Skok 1996, Spencer 1996).

Pasca kemerdekaan, melalui Kementerian Kehutanan mempromosikan hasil hutan yang berkelanjutan, yang dirancang untuk menyediakan bahan kayu dari hutan negara secara berkelanjutan. Konflik atas penggunaan lahan hutan negara dengan tujuan tunggal membuat Kementerian Kehutanan mengembangkan pendekatan multiguna untuk pengelolaan hutan nasional, yang memastikan bahwa, dengan basis lahan yang cukup luas dan beragam, penggunaan hutan yang lengkap, dapat dinikmati tanpa konflik. Akan tetapi, pada akhirnya, pendekatan ini juga menimbulkan masalah ketika publik mulai mempertanyakan keputusan yang dibuat tentang masing-masing bidang tanah, terutama yang berkaitan dengan pertukaran antara pelestarian hutan belantara dan produksi kayu (Nash 1982). Kekhawatiran seperti itu, bersama dengan pemahaman yang berkembang tentang dampak hutan tanaman terhadap keanekaragaman hayati dan fungsi alami ekosistem hutan, telah mendorong profesi kehutanan untuk mempertimbangkan strategi pengelolaan baru—pengelolaan ekosistem—berdasarkan pendekatan holistik dan integratif terhadap penggunaan lahan (Coufal & Webster 1996, Maser 1994, Nunez-Mir *et al.* 2015, Probst & Crow 1991, Stankey 1996).

Sejalan dengan upaya tersebut dan karena meningkatnya minat untuk melestarikan hutan nasional kita bebas dari kegiatan produksi, hutan nasional semakin dilarang untuk dipanen, mengalihkan hutan produksi dan pemanenan ke lahan hak milik (Adams *et al.* 2006). Bersamaan dengan itu, semakin banyak seruan publik untuk mengurangi peraturan pemerintah dan kembali ke etika konservasi yang diwujudkan dalam gagasan penatagunaan yang baik (Jordan 1994). Demikian pula, butuh satu setengah abad bagi pertanian Indonesia untuk berkembang ke tingkat kompleksitas yang membutuhkan pendekatan manajemen terpadu.

Penduduk di pegunungan Jawa mayoritas adalah petani subsisten, dan juga mempraktikkan agroforestri dalam skala lanskap (Rossier & Lake 2014). Dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan industri, muncul kebutuhan yang meningkat untuk meningkatkan kemampuan produksi pangan dan mata pencaharian ekonomi petani untuk memberi makan masyarakat perkotaan yang terus meningkat.

Ketidakpastian pemasaran domestik dan global, biaya tinggi untuk peralatan, benih, input kimia dan energi, suku bunga tinggi, dan masalah identitas dan keamanan regional memaksa banyak petani modern untuk mengembangkan sistem pertanian terpadu yang melibatkan produksi berbagai produk. Kekhawatiran publik yang lebih baru tentang dampak lingkungan dari praktik pertanian modern dan keamanan pangan mendorong pengembangan pendekatan manajemen baru berdasarkan prinsip agroekologi: pertanian alternatif atau berkelanjutan (LaCanne & Lundgren 2018, Liebman & Schulte 2015, National Research Council 1989, 1991, 1996).

Baru-baru ini, pertanian ramah lingkungan dan pertanian berkelanjutan—mengintegrasikan produksi dan konservasi pada skala lanskap dengan memasukkan tanaman tahunan secara sengaja—telah diajukan sebagai paradigma baru untuk menghubungkan produksi dan konservasi dalam lanskap pertanian (Elevitch *et al.* 2018, Scherr & McNeely 2007, 2008). Pohon dan semak, dan praktik agroforestri, dapat berfungsi penting dalam sistem pertanian berkelanjutan (Elevitch *et al.* 2018, Prinsley 1992).

### 12.2.3 Evolusi sistem agroforestri pegunungan Nusantara

---

Meskipun belum didefinisikan sampai saat ini, praktik mirip agroforestri telah menjadi bagian dari budaya yang turun-temurun pada masyarakat di Indonesia. Akan tetapi, meluasnya penggunaan strategi-strategi ini sebagian besar menghilang selama abad terakhir ini seiring dengan perkembangan penelitian pertanian dan kehutanan serta manajemen infrastruktur yang sektoral. Saat ini, praktek agroforestri yang subsisten dipraktikkan petani-petani pedesaan yang kurang makmur yang terpinggirkan secara ekonomi. Praktik agroforestri tradisional bertahan di kawasan pegunungan hingga saat ini yang dapat diterima secara budaya untuk mendukung pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari dan di beberapa tempat mendirikan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) untuk memanfaatkan produksi agroforestri.

Bencana pertanian berkala telah mendorong kegiatan kehutanan yang unik berupa praktik agroforestri. Sebagai contoh, lahan yang berbukit di Desa Sumberagung, lereng Gunung Anjasmoro, pada tahun sekitar 1980an dimanfaatkan untuk pertanaman semusim. Dengan adanya kejadian hujan ekstrim di desa tersebut terjadi banjir bandang. Berangkat dari bencana banjir tersebut, masyarakat secara sukarela beralih dari pertanian semusim menjadi sistem pertanian agroforestri. Masalah ekologi seperti itu juga merangsang minat dalam penggunaan dan perbaikan genetik pohon durian oleh

petani lokal untuk merebut kembali dan meningkatkan produksi dari lahan marginal untuk praktik agroforestri. Bencana banjir memiliki dampak ekonomi dan sosial yang menghancurkan di banyak komunitas pedesaan (Fitchen 1991).

Ada dua bagian utama praktik agroforestri yang berjalan secara luas di Indonesia saat ini yaitu agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Agroforestri sederhana merupakan kombinasi satu atau lebih dari komponen kehutanan dan pertanian; sedangkan agroforestri kompleks perpaduan beberapa jenis pohon dengan beberapa jenis tanaman pertanian sekaligus dengan komponen peternakan (Hairiah *et al* 2003). Implementasi agroforestri akhir-akhir ini semakin diutamakan dalam upaya menanggulangi degradasi lahan. Selain itu, dengan meningkatnya minat dalam penyerapan karbon terrestrial untuk mitigasi perubahan iklim dan kebutuhan bahan bakar alternatif yang disediakan oleh pertumbuhan kayu dan herba, telah terjadi peningkatan minat dalam peran praktik agroforestri untuk menyerap dan menyimpan karbon serta sistem yang menghasilkan biofuel. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, RI terus menetapkan kebijakan- kebijakan untuk mendorong terimplemantasikannya agroforestri di lanskap.

## **12.3** Prospek Agroforestri Pegunungan Nusantara

Ada berbagai peluang untuk pengembangan agroforestri di Indonesia, termasuk agroforestri di kawasan pegunungan. Berikut ini adalah pertimbangan pentingnya agroforestri untuk pengembangan: (a) sistem penataan penggunaan lahan yang mampu menjawab tarik ulur kepentingan sosial-ekonomi dan perlindungan lingkungan, (b) pengaturan kelembagaan, (c) peluang pengembangan kajian ilmiah, dan (d) membangun sistem pengetahuan. Penting untuk dicatat bahwa banyak dari pernyataan berikut perlu dilakukan validasi dan dievaluasi secara terus menerus oleh para profesional agroforestri.

### **12.3.1** Prospek untuk aplikasi terapan

---

Kemungkinan mengembangkan agroforestri untuk daerah pedesaan dan skala perkebunan di Indonesia sangat menggembirakan. Iklim politik dan sosial di Indonesia berubah dengan cepat, yang memungkinkan pengembangan strategi penggunaan lahan yang inovatif termasuk agroforestri. Peluang pengembangan dan penerapan praktik agroforestri di skala rumah tangga dan skala perkebunan dapat dipisahkan menjadi komponen ekologi, ekonomi, dan sosial untuk tujuan diskusi; namun perlu diingat bahwa komponen-komponen ini saling terkait, dan interaktif.

### **12.3.1.1. Ekologis**

---

Salah satu keuntungan utama agroforestri di Indonesia mungkin terletak pada manfaat ekologis dan karakteristik perlindungan lingkungan yang dihasilkannya. Sebagai strategi pengelolaan lahan berbasis ekologis, praktik agroforestri membantu menjaga keanekaragaman ekosistem dan proses yang penting untuk keberlanjutan jangka panjang dari praktik penggunaan lahan ekstraktif dan eksplotatif di sektor pertanian dan kehutanan. Pendekatan ini menawarkan peluang untuk mempertahankan dan kemungkinan meningkatkan kualitas sumber daya tanah dengan mengurangi erosi, meningkatkan kesuburan tanah, dan meningkatkan tingkat infiltrasi dan penahanan air tanah (Dollinger & Jose 2018, Udawatta *et al.* 2017). Pepohonan juga dapat mengendalikan perubahan iklim mikro yang ekstrem. Praktik agroforestri juga dapat mengakibatkan penurunan penggunaan bahan kimia (misalnya pupuk dan pestisida) dalam sistem pertanian (Jose 2019, Lerch *et al.* 2017). Akhir-akhir ini ada gerakan yang berkembang untuk menilai beberapa jasa lingkungan yang disediakan oleh praktik agroforestri, yang memungkinkan manfaatnya diterjemahkan menjadi insentif ekonomi bagi pemilik lahan.

### **12.3.1.2. Ekonomis**

---

Agroforestri menawarkan peluang finansial yang terkait dengan peningkatan profitabilitas sistem pertanian tradisional (Alavalapati & Mercer 2004, Campbell *et al.* 1991, Nair 1993, Van Vooren *et al.* 2016). Salah satu opsi adalah mengurangi biaya produksi dengan mengurangi kebutuhan bahan kimia, air, energi, dan/atau tenaga kerja dari luar. Lainnya adalah bahwa agroforestri dapat meningkatkan nilai bersih produksi dari lahan pertanian melalui pengoptimalan campuran tanaman primer (misalnya pinus dan kopi) serta layanan ekologi (misalnya, penyerapan karbon dan kredit kualitas air) yang sistem transaksinya telah atau sedang dikembangkan (Van Vooren *et al.* 2016, de Jalon *et al.* 2018). Produksi total juga dapat ditingkatkan dengan meningkatkan produksi dari tanah marginal yang sangat mudah tererosi atau sering tergenang air tanpa menyebabkan degradasi lingkungan, misalnya melalui penggunaan tanaman pohon seperti yang disarankan oleh Smith (1950).

### **12.3.1.3. Sosial**

---

Pengembangan agroforestri di Indonesia memiliki konsekuensi sosial yang akan diwujudkan pada tingkat individu, komunitas, regional dan nasional. Sebagai strategi pemanfaatan lahan berkelanjutan, praktik agroforestri dapat memajukan konsep pengelolaan lahan berkelanjutan (Jordan 1994, Montambault & Alavalapati 2005, Roesch-McNally *et al.* 2017, Udawatta *et al.* 2017, Weber 1991) dengan menyediakan

jaminan kepada pemilik lahan bahwa mereka memenuhi tanggung jawab kepemilikan mereka untuk menyediakan ekosistem yang sehat bagi generasi mendatang. Jika agroforestri terbukti dapat meningkatkan kemampuan produksi lahan pedesaan, praktik semacam itu akan membantu merevitalisasi masyarakat pedesaan, yang telah tertekan secara sosial karena masalah ekonomi (Jose *et al.* 2018). Petani dengan lahan terbatas melakukan manajemen lahan dengan praktik padat karya yang umum dilakukan di agroforestri (Faulkner 2014). Memahami peran agroforestri dalam sistem penggunaan lahan modern juga akan membantu individu menghargai bahwa orang-orang dari negara berkembang memiliki pengalaman, wawasan, dan pengetahuan yang berpotensi membantu untuk memecahkan banyak masalah yang saat ini mengganggu masyarakat modern (Coulibaly *et al.* 2016, Jose & Dollinger 2019). Apresiasi terhadap nilai modal manusia dan pengetahuan lokal (Rossier & Lake 2014) akan membantu mengurangi bias etnosentris dan pendidikan yang membentuk penghalang antara individu yang harus bekerja sama agar berhasil mengatasi krisis lingkungan saat ini. Pengembangan praktik agroforestri dan sistem penggunaan lahan pertanian dan kehutanan terpadu akan menetapkan standar internasional untuk pengelolaan yang baik secara ekologis. Keprihatinan kita tentang penggundulan hutan, meningkatnya lahan kritis, dan erosi tanah di Indonesia, agroforestri sebagai “rumah ekologis” yang tertata semakin dipercaya untuk diterapkan di lanskap.

Pada aspek sosial, tren penerapan agroforestri kedepan memiliki potensi percepatan penerimaan pada masyarakat. Hal ini didasarkan pada sejumlah dukungan kebijakan pada level nasional dalam penerapan agroforestri seperti misalnya perhutanan sosial.

Disisi lain, pada tahap perencanaan agroforestri, kajian adoptabilitas atau penerimaan masyarakat mulai meningkat. Hal tersebut memberi dampak positif dimana evaluasi penerimaan suatu komoditas atau pengembangan komoditas dapat diputuskan secara presisi sehingga mampu meminimalisir resiko kegagalan dalam pengembangan komoditas atau penerapan inovasi dalam agroforestri. Adoptabilitas dalam Kuehne *et al.*(2017) membagi menjadi 4 kuadran yang perlu dievaluasi dalam mengenalkan komoditas atau inovasi baru yang meliputi, keuntungan bagi masyarakat, keuntungan bagi lingkungan, dukungan pembelajaran, hingga karakteristik inovasi. Perkembangan adoptabilitas cukup esensial dalam menjamin keberhasilan agroforestri, mengingat adoptabilitas masuk dalam tiga pilar keberhasilan agroforestri.

### 12.3.2 Prospek Pengembangan Kelembagaan

---

Agroforestri sebagai “kendaraan” untuk menjalankan pembangunan berkelanjutan menawarkan peluang unik bagi berbagai organisasi yang bertanggung jawab untuk mendukung jaringan penghasil pangan, hijauan, ternak, dan serat nasional. Ini termasuk perguruan tinggi, lembaga pemerintah baik pusat dan daerah, organisasi

non-pemerintah (LSM) yang berorientasi konservasi, dan sektor swasta. Peluang tersebut meningkatkan kemampuan kelompok ini untuk memberikan dukungan kepada masyarakat pedesaan sambil menanggapi permintaan publik akan praktik penggunaan lahan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pengalaman sebelumnya baik di negara maju maupun negara berkembang dengan jelas menunjukkan perlunya kolaborasi kelembagaan dalam mengembangkan kebijakan agroforestri yang efektif (Biggs 1990). Agroforestri telah mencapai titik dimana pendekatan baru, interdisipliner, dan antarlembaga untuk pengelolaan penggunaan lahan terpadu (USDA 2019). Dengan demikian berfungsi sebagai metodologi desain untuk menyatukan kembali bidang pertanian dan kehutanan dalam pencarian bersama untuk keberlanjutan.

### *12.3.2.1. Institusi akademik*

---

Pengembangan program agroforestri dalam negeri sangat penting bagi institusi akademik, dan khususnya perguruan tinggi di bidang pertanian dan kehutanan. Perguruan tinggi bertanggung jawab untuk mendidik para profesional masa depan. Pengajaran bidang agroforestri menawarkan kesempatan dalam membantu memenuhi minat mahasiswa untuk melakukan pemecahan masalah interdisipliner, yang sulit diberikan karena tuntutan ketelitian ilmiah dalam kurikulum berbasis multidisiplin (Gold & Jose 2012, Lassoie 1990, Lassoie *et al.* 1994). Lebih khusus lagi, agroforestri dapat memberikan model untuk mengajarkan pendekatan holistik dalam pengelolaan penggunaan lahan dan dapat menarik mahasiswa dari berbagai disiplin ilmu ke dalam ilmu pertanian dan sumber daya alam. Demikian pula, agroforestri menyediakan persimpangan antara bidang studi utama, dan menghubungkan kembali pertanian dan kehutanan pasti akan memperkuat bidang ini saat mereka bergerak untuk mengembangkan dasar ilmiah bagi paradigma manajemen baru. Selain itu, peluang baru untuk pendanaan dan pengembangan program akan muncul seiring dengan meningkatnya kepentingan agroforestri dalam negeri, sehingga memberikan area baru untuk kemajuan profesional bagi akademisi muda.

Perguruan Tinggi menekankan penelitian interdisipliner dan transdisipliner untuk menangani masalah dunia nyata yang lintas disiplin ilmu. Pendekatan ini juga menyadari bahwa banyak masalah yang dihadapi saat ini memerlukan solusi yang memerlukan pendekatan interdisipliner dan/atau transdisipliner (Stock & Burton 2011). Agroforestri, dengan akarnya sebagai ilmu terapan, memberikan banyak peluang untuk penelitian lintas disiplin ilmu biofisik dan sosial untuk mengatasi masalah terapan. Agroforestri sebagai jalan tengah jelas memperlihatkan adanya urgensi terhadap interdisipliner karena diharapkan mampu menjadi fasilitator kepentingan ekologi dengan ekonomi. Pun dengan aspek tujuan pembangunan berkelanjutan, agroforestri turut berpeluang kontribusi pada sejumlah poin SDGs.



Terakhir, agroforestri akan memungkinkan perguruan tinggi melakukan kerjasama internasional. Oleh karena itu, program agroforestri komprehensif dari perguruan tinggi dapat berkomitmen ulang dan mengisi kembali energi intelektual yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat internasional, sebuah misi yang jauh lebih luas daripada yang awalnya diidentifikasi untuk lembaga ini. Penawaran gelar dan sertifikat secara daring adalah jalan lain di mana perguruan tinggi dapat menawarkan pelatihan agroforestri yang sangat dibutuhkan baik secara nasional maupun global.

### ***12.3.2.2. Institusi Pemerintah***

---

Pemerintah pusat dan pemerintah daerah mendapatkan keuntungan dari pengembangan program agroforestri. Program dalam negeri yang ada bergantung pada, dan mendorong, kerja sama dan efektivitas antar-lembaga, bidang-bidang yang selalu membutuhkan perbaikan. Agroforestri memberikan peluang unik dalam mengembangkan pendekatan baru untuk membantu masyarakat pertanian dan kehutanan dengan program insentif, mempromosikan pembangunan pedesaan yang dibutuhkan. Hal ini sangat penting bagi petani kecil yang mandiri dan pengelola hutan produksi dan hutan tanaman industri.

Sementara saat ini ada kecenderungan konsolidasi yang cepat dari pertanian kecil ke dalam struktur perusahaan yang lebih besar, dengan pertanian besar dan super besar mengendalikan sebagian besar produksi serat dan makanan, ada pengakuan dan apresiasi yang berkembang untuk peran penting yang dimainkan oleh pertanian kecil. dalam memproduksi tidak hanya bahan makanan tetapi juga berbagai produk dan jasa ekonomi, sosial, dan lingkungan (Schoeneberger *et al.* 2017). Ada juga sektor yang berkembang dari petani kecil pemula dan pendatang yang memasuki daerah pedesaan yang tertarik pada sistem yang lebih beragam dan pilihan organik yang beradaptasi dengan baik terhadap pengelolaan agroforestri. Kepadatan penduduk memberikan pilihan manajemen padat karya yang terkait dengan praktik produksi agroforestri.

Hal yang sangat penting dalam menetapkan kebijakan dan program agroforestri di tingkat nasional adalah rekognisi terhadap hasil hutan atau multi guna usaha, yang menandakan perubahan besar dalam pengakuan agroforestri oleh Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup tentang nilai agroforestri dalam pertanian saat ini. Kerangka kerja strategis menciptakan "peta jalan" untuk memajukan ilmu pengetahuan, praktik, dan penerapan agroforestri, memperluas peran pemerintah dalam pengembangan agroforestri di Indonesia.

### 12.3.2.3. Perusahaan Swasta

---

Ada berbagai macam kelompok swasta—organisasi lingkungan (misalnya, WWF), yayasan (misalnya, Yayasan *Cempaka Education Center*, Kehati)—yang didedikasikan untuk menemukan solusi alternatif terhadap praktik penggunaan lahan yang merusak lingkungan dan masalah pembangunan pedesaan. Keberagaman kepentingan mereka seringkali menghalangi kolaborasi serta interaksi mereka yang bermakna dengan lembaga pemerintah dan individu, organisasi, dan perusahaan swasta. Karena pendekatannya yang terintegrasi, agroforestri dapat memberikan peluang bagi berbagai stakeholder untuk mengembangkan agenda bersama dan pendekatan untuk konservasi dan penggunaan lahan berkelanjutan, khususnya pada tingkat lanskap. Kerja sama semacam itu dapat membantu setiap orang lebih memahami perspektif yang berbeda, sehingga membantu meringankan beberapa tekanan konstan yang ada di antara organisasi dengan kepentingan dan tujuan yang berbeda.

Pada perspektif perusahaan swasta, agroforestri turut menjadi upaya menjaga keberhasilan tanaman kehutanan. Sebagaimana contoh klasik Perhutani yang mengalami perkembangan dalam konfigurasi lahan. Tidak hanya pertimbangan teknik silvikultur dengan formula yang lebih pasti, tetapi juga inovasi-inovasi dalam pemasaran produk-produk dari agroforestry, bahkan dihubungkan dengan pengembangan usaha jasa lingkungan dan ekowisata. Hari ini dan beberapa waktu silam, pertimbangan konfigurasi diperkaya dengan pertimbangan sosial. Terdapat perubahan dari jarak tanam 3 m x 3 m menjadi 8 m x 2 m yang salah satu tujuan dari transisi tersebut adalah untuk memberikan akses atau periode pengolahan lahan bagi masyarakat.

### 12.3.3 Prospek untuk Komunitas Ilmiah

---

Pengembangan program agroforestri skala lokal di Indonesia menawarkan peluang unik bagi komunitas ilmiah yang merangkul ilmu hutan dan pertanian dan dapat memberikan peluang untuk memfokuskan sains berbasis masalah untuk mengatasi beberapa masalah paling kompleks saat ini. Komunitas ilmiah saat ini ditantang untuk mencari solusi yang layak untuk masalah lingkungan yang kompleks yang berada di luar kemampuannya untuk mengatasi dengan presisi dan kepastian spesifik lokasi (Burke *et al.* 2017). Pertimbangan masalah lingkungan dan ekonomi yang dihadapi petani dan rimbawan saat ini dibandingkan dengan kebutuhan produksi yang relatif sederhana di abad lalu (*National Research Council* 1996, Sampson & Hair 1990). Pengalaman penelitian di negara berkembang telah menunjukkan bahwa agroforestri sebagai cara yang efektif bagi tim penelitian interdisipliner dalam pendekatan-pendekatan masalah penggunaan lahan, khususnya diagnosis dan metodologi desain (Murray & Bannister 2004, Raintree 1987, 1990).

Agroforestri di negara berkembang mengalami kemajuan dengan kombinasi dukungan dari komunitas penelitian (mis., World Agroforestry Center) dan dari pendampingan pembangunan masyarakat (misalnya, Yayasan Cempaka Education Center) dalam mempromosikan praktik-praktik tersebut. Hal ini juga mulai terungkap di Indonesia, dimana baik ilmu biofisik dan sosial ekonomi yang mendasari dan infrastruktur pengetahuan yang lebih luas untuk agroforestri mulai mencapai massa kritis, menggabungkan pendekatan petani-ke-petani “dari bawah ke atas,” dan pendekatan “dari atas ke bawah”, untuk mencari terobosan ilmiah berteknologi tinggi.

Ada minat yang meningkat dalam penelitian tingkat lanskap tentang sistem penggunaan lahan yang lebih berkelanjutan yang memberikan pendapatan bagi petani dan layanan ekologis bagi masyarakat (Lovell *et al.* 2010). Konsep dan aplikasi agroforestri memberikan banyak peluang untuk melakukan hal itu (Brown *et al.* 2018, Palma *et al.* 2007a, 2007b). Saat ini sedang dilakukan penelitian yang menunjukkan bagaimana kedua tujuan tersebut dapat digabungkan, memberikan peluang bagi komunitas ilmiah untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi opsi penggunaan lahan terpadu yang baru (Brown *et al.* 2018). Prinsip agroekologi, eko-pertanian, dan pertanian regeneratif mengintegrasikan faktor biofisik, sosial, dan ekonomi di tingkat lanskap dan menjanjikan untuk memindahkan agroforestri ke tingkat lanskap (Altieri *et al.* 2017, Geertsema *et al.* 2016, LaCanne & Lundgren 2018, Liebman & Schulte 2015, Scherr & McNeely 2007).

Agroforestri domestik berada di sepanjang kontinum agroekologi dan pertanian regeneratif, menghadirkan kebutuhan akan jenis informasi baru—tantangan yang melahirkan kreativitas dan vitalitas dalam komunitas penelitian. Terlepas dari ruang lingkupnya, agroforestri dalam negeri menawarkan banyak peluang untuk pengembangan profesional yang muncul dari proyek penelitian baru, program pendidikan dan pelatihan, dan usaha kerjasama dengan lembaga publik dan organisasi swasta.

#### 12.3.4 Prospek untuk Pengembangan Sistem Pengetahuan Baru

---

Dalam ulasannya tentang ilmu agroforestri, Sanchez (1995), selaku direktur ICRAF berpendapat bahwa tantangan utama yang dihadapi oleh komunitas penelitian pertanian dan kehutanan adalah pentingnya mengembangkan pemahaman prediktif tentang persaingan, kompleksitas, profitabilitas, dan aspek keberlanjutan dari praktik agroforestri. Hal ini tampaknya juga terjadi di Indonesia. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi keempat kriteria utama kinerja agroforestri ini, diperlukan pemahaman yang baik tentang proses ekologis (Ong & Huxley 1996) serta kondisi sosial ekonomi dan kebijakan yang memengaruhi praktik agroforestri (Buck 1995, Garrett & Buck 1997) dan bagaimana mereka dapat dioptimalkan melalui manajemen.

Praktik agroforestri yang inovatif di Indonesia mencakup banyak karakteristik dan asosiasi unik dari spesies komponen karena pemilik tanah bereksperimen dengan berbagai spesies tanaman dan pepohonan, seringkali melalui pendekatan kearifan lokal. Sebagian besar penerapan agroforestri oleh masyarakat ini belum dipelajari, sehingga ada kesenjangan pengetahuan yang signifikan. Kajian peneliti di skala nasional dan internasional yang sedang berlangsung memberikan sintesis berbasis sains tentang penggunaan agroforestri untuk layanan mitigasi dan adaptasi dalam menghadapi variabilitas dan perubahan iklim. Hasil sintesis ini berfungsi sebagai: (1) kerangka kerja untuk memasukkan sistem agroforestri dalam strategi pertanian untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan serta membangun ketahanan di bentang alam ini, (2) memberikan masukan teknis tentang perlunya strategi inovatif untuk mengatasi tantangan variabilitas iklim yang signifikan yang dihadapi oleh pertanian Indonesia, (3) menyediakan kajian yang meninjau aspek sosial, budaya, dan ekonomi agroforestri, (4) memberikan pemahaman mengenai kapasitas sistem agroforestri untuk memberikan solusi multifungsi, dan (5) menyajikan perspektif Indonesia yang komprehensif tentang kekuatan dan keterbatasan agroforestri.

Tantangan untuk menghasilkan pengetahuan yang praktis dan bermanfaat secara luas tentang agroforestri didokumentasikan dengan baik (Sanchez 1995), antara lain: (1) kajian berputar di sekitar kompleksitas komparatif dan kekhususan lokasi dari berbagai aplikasi menyebabkan kesulitan men-generalisasi dari studi praktik tertentu, (2) setiap praktik melibatkan banyak komponen dan proses, dinamika yang berubah seiring waktu seiring dengan matangnya komponen abadi dan mengambil peran ekologis dan biologis yang berbeda, (3) profitabilitas, penerimaan sosial, dan insentif peraturan untuk mempraktikkan agroforestri bervariasi dan berubah sebagai fungsi dari interaksi yang kompleks di antara sejumlah faktor sosial ekonomi dan kebijakan yang diinginkan dan tidak diinginkan (Van Vooren *et al.* 2016).

Kompleksitas berbagai faktor ini sangat rumit untuk diuraikan (Buck 1995), tetapi dalam beberapa tahun terakhir para peneliti telah mengembangkan alat baru untuk mengatasi kerumitan ini. Misalnya, metode adoptabilitas yang turut berkembang. Namun, masalah kelembagaan sumber daya yang tersebar, seringkali tidak terkoordinasi yang sebenarnya jika digabungkan dapat memengaruhi pembuatan dan penggunaan pengetahuan baru—terutama bagi peneliti, apalagi jika tersedia informasi, infrastruktur, dan dukungan keuangan.

Penelitian ilmiah yang relevan dan mencakup konteks yang luas menjadi sangat mahal—terutama dalam iklim ekonomi Indonesia saat ini di mana sumber daya penelitian pertanian semakin langka dan sering dimonopoli oleh kepentingan “bisnis besar” yang fokus utamanya adalah menghasilkan produk yang menguntungkan. Kekhawatiran tentang mengintegrasikan konservasi dan tujuan pembangunan berkelanjutan melalui agroforestri kemungkinan akan terus mendapat prioritas terbatas.

Kami mengusulkan strategi pelengkap untuk memajukan pemahaman tentang kondisi di mana atribut praktik agroforestri yang diinginkan dapat dicapai dan seberapa baik kinerja berbagai sistem dapat diharapkan. Hal ini melibatkan pemanfaatan pengalaman dan proses pembelajaran dari banyak praktisi agroforestri yang tersebar ke dalam jaringan pengetahuan yang bertujuan untuk pengembangan. Selama dekade terakhir, serangkaian jaringan agroforestri di Indonesia telah dibentuk (misalnya, Masyarakat Agroforestri Indonesia/MAFI, *Indonesian Network for Agroforestry Education/INAFE*, dll.). Selain itu, sejumlah koperasi tanaman khas daerah juga telah dibentuk. Namun, hal yang masih dibutuhkan adalah menantang gerakan daerah ini untuk berbagi dan mengevaluasi pengalaman mereka dengan orang lain tentang kegiatan spesifik di sepanjang tema integratif.

Fasilitator, yang mungkin berasal dari universitas, Dinas Kehutanan, Perum Perhutani dan/atau LSM, akan membantu menghubungkan pemilik lahan satu sama lain dan dengan aktor kunci lainnya dari para produsen, perdagangan, LSM, asosiasi profesional, pertanahan, Perguruan Tinggi, Lembaga penelitian nasional (Badan Riset dan Inovatif Nasional/BRIN), pasar yang penting untuk sistem yang layak, dan berbagai unit kebijakan. Mereka akan mendokumentasikan proses pembelajaran individu dan kolektif dengan tujuan untuk memindahkan pengetahuan dari keadaan khusus konteks spesifik ke keadaan yang lebih global dan prediktif yang mengintegrasikan pengetahuan lintas lanskap.

Lokakarya, studi banding dan sekolah lapangan dirancang membantu kelompok tani dan pemerhati agroforestri berbagi pengetahuan dan membangun pengetahuan baru. Proses diseminasi melalui sejumlah kanal turut menjadi sarana promosi agroforestri. Era saat ini dimana teknologi bertumbuh secara masif turut menjadi sistem pendukung dalam penyebaran ilmu tentang agroforestri. Sebagaimana Montoya *et al.* (2023) menyimpulkan bahwa teknologi informasi dan komunikasi memiliki kontribusi dalam kegiatan konservasi dan manajemen hutan.

Berbagai pelatihan, lokakarya, dan studi banding telah sangat berhasil menarik para praktisi agroforestri. Usia para peserta bervariasi dari 20- 60-an. Para peserta tersebut biasanya adalah pemilik lahan yang memiliki kaingin-tahuan, berpikiran terbuka, percaya akan adanya cara yang lebih baik atau berbeda dalam mengelola sumber daya pertanian dan kehutanan bila dibandingkan dengan pendekatan penggunaan lahan konvensional. Mereka juga cenderung memiliki visi multigenerasi untuk pengembangan sistem produksi. Pada saat yang sama mereka mengadopsi dan berkeinginan untuk mengkompromikannya secara praktis sesuai dengan realitas masyarakat saat ini.

Agroforestri menarik individu yang menghargai kerja keras dan memahami peran penting manajemen dalam menghasilkan banyak keluaran dengan cara yang saling melengkapi dan tidak kompetitif. Mereka cenderung bereksperimen dengan berbagai

komponen sistem produksi mereka yang berkembang dan telah menciptakan jaringan sumber daya informasi yang beragam untuk membantu upaya mereka merancang sistem baru dan secara informal menguji hipotesis baru. Orang-orang dengan karakteristik tersebut dapat ditemukan dalam keanggotaan berbagai organisasi petani misalnya Kelompok Tani Hutan (KTH), yang peduli dengan pengembangan dan pemasaran tanaman serta usaha alternatif atau pengelolaan sumber daya alam. Dalam dunia media sosial yang sangat terhubung, mereka dapat dengan mudah menjangkau organisasi yang ada, mengantisipasi peran mereka dalam memenuhi kebutuhan mereka untuk belajar, meningkatkan praktik mereka, dan mengatasi masalah sosial yang penting. Begitu mereka menjadi bagian dari jaringan tersebut, mereka menarik orang lain untuk bergabung.

Implementasi strategi yang diusulkan berjalan dengan baik, dan hambatan persepsi kritis dan kelembagaan untuk meningkatkan kapasitas pengetahuan dan generasi informasi tentang agroforestri sedang ditangani. Pengetahuan ilmiah tentang agroforestri dengan cepat diintegrasikan ke dalam praktik melalui sejumlah organisasi (Gold 2019).

Implikasi penting adalah bahwa pemilik lahan kini telah menjadi bagian integral dari proses pembangkitan pengetahuan. Hal ini membutuhkan pemeriksaan yang cermat terhadap proses yang mereka gunakan, produk yang mereka kembangkan, dan berbagai kelompok belajar dengan siapa mereka berinteraksi. Dengan demikian, komunitas penelitian dan pengembangan sekarang mengakui dan berpartisipasi dalam jaringan padat pembelajaran informal tentang agroforestri yang mereka pahami dan hargai. Sekarang, banyak organisasi memainkan peran penting dalam mengembangkan pengetahuan yang dapat digeneralisasikan, tetapi harus diakui dan diorganisir secara memadai dalam penerapannya. Berbagai tindakan sedang dilakukan untuk menghubungkan antara pengetahuan dengan penerapan agroforestri. Dengan cara ini, agroforestri kini dapat menawarkan peluang penting untuk mendorong inovasi dalam pengelolaan penggunaan berbagai lahan.

## 12.4 Kemajuan agroforestri saat ini dan tantangan ke depan

Agroforestri sebagai sebuah ilmu pengetahuan yang relatif baru, dirintis pada 1970-an, tentu masih akan menghadapi kendala atau tantangan dalam perkembangannya. Praktik agroforestri menjadi bagian dari strategi pengelolaan yang muncul dari komunitas penelitian dan pengembangan untuk mengatasi masalah keberlanjutan penggunaan lahan yang kompleks dalam forum interdisipliner.

Namun, seperti disebutkan di atas, agroforestri adalah campuran dari bidang pertanian dan kehutanan yang sudah mapan, selaras erat dengan ilmu agroekologi dan pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, setiap pendekatan baru akan menghadapi serangkaian tantangan, apalagi saat beralih dari teori ke praktik. Penerapan praktis dari pendekatan ini juga akan menghadapi tantangan yang berbeda dan menawarkan peluang yang berbeda untuk penelitian dan pengembangan masyarakat. Tantangan dan kemajuan yang terjadi saat ini dibahas di sini sebagai rekomendasi khusus untuk lebih memajukan penelitian, pengembangan, dan praktik agroforestri di Indonesia.

### 12.4.1 Tantangan Dasar dan Kemajuan

---

Agroforestri di Indonesia telah menghadapi beberapa tantangan unik sebagai strategi penggunaan lahan yang muncul, banyak di antaranya saat ini sedang diatasi. Pertama, konsep dan metodologi awalnya diperoleh dari pengalaman masyarakat tradisional dengan konteks ekologi dan sosial ekonomi secara empiris dipraktikkan di lapangan secara turun temurun. Dokumentasi atas praktik tradisional masyarakat menjadi penting untuk didokumentasi terlebih dahulu dan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam merintis pengembangan. Dalam beberapa dekade terakhir, agroforestri di Indonesia telah membuat langkah besar untuk menyempurnakan konsep dan metodologi yang relevan yang sesuai dengan kebutuhan implementasi perhutanan sosial untuk pengelolaan lahan berkelanjutan dalam menghadapi perubahan iklim. Dengan demikian, agroforestri telah berkembang di persimpangan bidang pertanian, hortikultura, dan kehutanan yang sudah mapan. Sebagai ilmu terapan yang muncul, agroforestri telah selaras dengan agroekologi dan membentuk infrastruktur penelitian-pendidikan-pengembangan yang mengintegrasikan seluruh disiplin ilmu yang mapan namun terpisah ini.

### 12.4.2 Kendala Inheren yang diatasi

---

Karena agroforestri telah berkembang dalam masyarakat modern terutama yang terletak di daerah tropika basah Indonesia, pengembangan agroforestri menghadapi kendala yang melekat tidak ditemukan di sebagian besar negara lainnya. Pertama, konfigurasi lahan yang sangat bervariasi. Kedua, ketersediaan atau dukungan pasar. Ketiga, ketersediaan dukungan otomatisasi.

Indonesia sebagai negara yang terbentang cukup luas dari timur ke barat memiliki konsekuensi keanekaragaman yang begitu tinggi. Bentangan tersebut menyebabkan keanekaragaman sosial budaya juga terdampak. Hal itu terlihat dari bagaimana komoditas pangan yang sangat beragam disesuaikan dengan kultur budaya hingga kesesuaian lahan masing-masing. Akibatnya, komoditas agroforestri memiliki

variasi yang begitu tinggi tanpa adanya komoditas tunggal yang terkonsentrasi. Konsekuensinya tentu pada laju perkembangan riset yang menjadi sangat beragam. Kombinasi konfigurasi lahan begitu sangat tinggi, terlebih ketika terbagi lagi menjadi konfigurasi secara spasial dan temporal.

Diversifikasi yang begitu tinggi pada sisi hulu turut berdampak pada hilir. Opsi-opsi begitu sangat banyak. Padahal disisi lain, dukungan pasar terhadap perkembangan komoditas memiliki korelasi positif. Sebagaimana kopi dan kakao yang dapat kita ketahui menjadi magnet bagi pasar, turut menarik magnet institusi pendidikan untuk melakukan kajian pada komoditas tersebut. Dengan demikian, perkembangan atau evaluasi terhadap aspek budidaya menjadi lebih cepat dan peningkatan produktivitas sebagai resultante dapat tercapai. Dukungan pasar turut menjadi salah satu faktor penting dalam adoptabilitas. Kepastian pasar bagi masyarakat dipandang sebagai kepastian akan penjualan.

### 12.4.3 Perkembang infrastruktur

---

Kedalaman dan luasnya infrastruktur aplikasi pendidikan, penelitian agroforestri telah berkembang paling cepat dalam dekade terakhir. Ditambah dengan percepatan penelitian biofisik dan sosial ekonomi, kini terjadi perubahan positif dalam kebijakan pemerintah dan tren pasar yang positif.

Perkembangan tersebut tidak lepas dari pengaruh utamaan produk-produk hasil hutan non kayu. Hal ini memberikan kesempatan “promosi” bagi komoditas yang berasal dari pertanian, peternakan, hingga perikanan. Terlebih lagi ketika jasa lingkungan menjadi salah satu konsentrasi era saat ini dimana nilai hutan tidak hanya didasarkan pada valuasi hasil kayu. Multi-guna usaha kehutanan misalnya yang merupakan sebuah pendekatan pengelolaan hutan yang menekankan pada berbagai penggunaan hutan seperti konservasi, pariwisata, kayu, hingga produk lain.

Seiring perkembangannya, infrastruktur ini harus menyediakan sistem pengetahuan umpan balik-umpan maju yang saling berhubungan dari peneliti, pendidik, penyuluh, fasilitator dan praktisi lapangan untuk mempromosikan dan mendukung pengembangan, penyempurnaan, dan penerapan ide dan praktik baru.



## 12.5 Agroforestri sebagai Ilmu Terapan

Tantangan yang terus berlanjut adalah pengembangan praktik agroforestri yang berkelanjutan seiring dengan pengembangan strategi penggunaan lahan pertanian dan kehutanan berkelanjutan yang lebih berbasis multidisiplin. Perkembangan era dengan permasalahan yang lebih kompleks seperti memaksa untuk menjadikan sudut pandang interdisipliner sebagai arus utama. Perspektif yang beragam terhadap suatu masalah akan menghasilkan sebuah solusi atau strategi komprehensif.

Urgensi perspektif interdisiplin dalam bidang agroforestri menjadi sangat penting. Hal ini mengingat agroforestri sebagai jalan tengah atas beragam tujuan. Van Noordwijk (2020) menyebutkan bahwa agroforestri adalah hub, atau penghubung dari tujuan pembangunan berkelanjutan hingga mencapai seluruh poin dalam SDGs.

### 12.5.1 Penelitian dan Pengembangan

---

Sejak 2010, telah terjadi peningkatan dramatis dalam jumlah penelitian agroforestri baik bidang biofisik dan sosial ekonomi penelitian di Indonesia. Hal ini dapat tercermin dalam Budiadi *et al* (2021) dimana pada 2010 hingga 2020 jumlah publikasi jurnal meningkat secara signifikan. Lebih lanjut, diskursus dalam riset mulai beragam baik kata kunci dalam komoditas, praktek lokal, sosial ekonomi, hingga jasa ekosistem.

Sebelumnya dianggap sebagai ilmu baru, interdisipliner, terapan, agroforestri dulunya disamakan dengan “kabur” dan “tidak ketat” secara profesional oleh banyak orang yang bekerja dalam disiplin ilmu yang lebih sempit. Namun, NAAC dua tahunan, konferensi Agroforestri Eropa (EURAF), dan literatur ilmiah yang luas dan dalam membantu mengubah situasi ini dengan meningkatkan pengakuan profesional bagi mereka yang bekerja di agroforestri domestik.

### 12.5.2 Pendidikan di Perguruan Tinggi

---

Rekognisi agroforestri sebagai sebuah ilmu pengetahuan dimulai pada era 1970-an. Melalui perbincangan tentang ilmu pengetahuan, maka tidak bisa dilepaskan dengan aspek pendidikan atau produksi ilmu yang identik dengan perguruan tinggi. Dalam konteks pendidikan agroforestri di Indonesia, terdapat sebuah *milestone* dimana jejaring pendidik agroforestri membentuk sebuah asosiasi yang dinamai dengan *Indonesian Network for Agroforestry Education* (INAFE) pada tahun 2005.

Kelahiran INAFE menjadi titik sejumlah perkembangan pendidikan agroforestri di perguruan tinggi dengan kemunculan kurikulum agroforestri di Indonesia. Sejak awal mula hingga saat ini, posisi pendidikan agroforestri di perguruan tinggi tentu memiliki irisan yang tinggi baik dari fakultas kehutanan atau pertanian; atau bidang studi kehutanan atau pertanian.

Studi kasus di Indonesia, pendidikan agroforestri didominasi pada tingkat mata kuliah. Oleh karena itu pembahasan agroforestri pada level mahasiswa di Indonesia secara formal seringkali masih pada level dasar atau pengantar. Hal ini tentu berbeda apabila agroforestri menjadi obyek kajian khusus dalam tugas akhir atau penelitian. Pada beberapa universitas di Indonesia, kajian mengenai agroforestri dapat dipilih untuk menjadi obyek dalam tugas akhir. Pemilihan agroforestri sebagai bagian dari tugas akhir atau penelitian akan menyebabkan seseorang mengetahui secara mendalam tentang agroforestri.

Pendidikan agroforestri di Indonesia telah muncul dalam jenjang pendidikan baik *undergraduate* maupun *postgraduate*. Data tahun 1998 yang disitir dari Rubedjer *et al.* (2004) menyebutkan bahwa terdapat 26 universitas di Indonesia yang telah menawarkan mata kuliah agroforestri sebagai bagian dari perkuliahan fakultas atau jurusan kehutanan. Hanya saja dalam nomenklatur akademik yang diterbitkan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi di Indonesia, terdapat satu gelar magister yang terafiliasi dengan agroforestri tropis. Bidang tersebut masuk dalam rumpun program studi pertanian.

Menurut catatan Sabarnurdin (2011) Indonesia pernah memiliki catatan sejarah bahwa agroforestri menjadi program studi. Program studi agroforestri pernah diterbitkan oleh Universitas Lambung Mangkurat. Universitas yang terletak di Pulau Kalimantan. Namun, saat ini program studi agroforestri telah ditutup dan penulis belum mendapati latar belakang dibalik penutupan program studi agroforestri pada universitas tersebut.

Secara umum, pendidikan agroforestri pada level universitas di Indonesia memiliki bentuk yang variatif. Agroforestri dapat berbentuk sebagai mata kuliah, praktek, dan atau tugas akhir tiap jenjang pendidikan. Turunan atau tahap lanjutan dari matakuliah pengantar agroforestri juga telah dikembangkan oleh masing-masing perguruan tinggi.

### 12.5.3 Pelatihan untuk Profesional dan Praktisi

---

Selain tentang pendidikan agroforestri di kampus, pendidikan agroforestri turut diperlukan di luar kampus atau pasca kampus. Pelatihan menjadi diksi yang pas yang dapat diikuti oleh masyarakat umum, tanpa adanya struktur formal pendidikan. Disisi lain, pembahasan mengenai hasil dari pendidikan agroforestri adalah tahap implementasi dari pendidikan atau pasca kampus.

Saat ini pelatihan agroforestri untuk profesional dan atau praktisi mulai secara formal ditemukan. Salah satu penyebabnya adalah adanya kompetensi yang tidak tunggal. Seseorang secara tidak langsung dituntut untuk memahami dua bidang baik kehutanan maupun pertanian.

Pelatihan untuk profesional dan praktisi menjadi salah satu sarana penting untuk promosi atau komunikasi sains tentang agroforestri. Segmen yang sangat berpeluang adalah penyuluh pertanian dan kehutanan yang memiliki relevansi sangat tinggi dalam implementasi agroforestri di lapangan. Disisi lain, personil dari yayasan yang bergerak di bidang pemberdayaan masyarakat merupakan segmen pelatihan tentang agroforestri. Hal tersebut tidak terlepas dari kebijakan nasional terkait yang memerlukan semakin banyak agen diseminasi ilmu pengetahuan agroforestri. Semakin banyak jumlah pendidik agroforestri bagi lembaga, instansi, maupun masyarakat dapat menjadi katalis proses penyebaran praktek agroforestri yang berujung pada optimalisasi lahan di tengah keterbatasan ketersediaan lahan.

### 12.5.4 Identifikasi dan Dukungan Praktisi

---

Penting untuk mengenali tingkat risiko yang diambil oleh seorang praktisi dalam mengadopsi atau mempraktikkan agroforestri. Tanaman pertanian yang dominan dan, pada tingkat yang lebih rendah, tanaman kacang-kacangan dan buah-buahan khusus seringkali memiliki basis penelitian ekstensif yang membantu mengurangi ketidakpastian.

Agroforestri sebagai sebuah praktik yang cenderung dominan diadopsi oleh masyarakat memiliki relevansi tinggi pada aspek sosial, tentu memerlukan identifikasi dan dukungan dari praktisi. Hal ini sejalan dengan Kuehne *et al.* (2017) menyebutkan bahwa salah satu faktor dalam adoptabilitas adalah pengaruh eksternal. Dimana dalam konteks ini, ketersediaan pendidik agroforestri yang berasal dari kalangan apapun baik akademisi, profesional, maupun praktisi dapat meningkatkan potensi ketercapaian level adopsi di masyarakat.

Ketersediaan dukungan praktisi memiliki efek positif yang beragam antara lain: (1) meningkatkan pemahaman akan urgensi agroforestry, (2) meningkatkan keterampilan terkait praktek agroforestri sederhana, (3) meningkatkan pemahaman dan keterampilan terkait implementasi agroforestry, (4) meningkatkan pengetahuan tentang opsi-opsi kombinasi dalam sistem agroforestri. Disisi lain, dukungan praktisi menjadi salah satu cara meyakinkan masyarakat untuk tergabung dalam implementasi agroforestri.

Meski demikian, sebagaimana disebutkan bahwa diagnosis dan desain agroforestri merupakan proses iteratif, maka dalam implementasi di lapangan memang memerlukan *continous improvement*. Pengembangan yang berkelanjutan akan dapat memberikan progres dalam penerapan agroforestri dari satu titik kepada titik yang lain dengan harapan pilar-pilar keberhasilan agroforestri mengalami peningkatan dari sebelumnya.

## 12.6 Kebutuhan Masa Depan

Dalam kurun waktu empat dekade yang singkat, agroforestri di Indonesia telah beralih dari nama dan praktik yang jarang digunakan menjadi teknologi berbasis sains yang diakui secara luas. Sementara Indonesia belum memiliki kebijakan nasional yang konsisten tentang agroforestri, penetapan program pengijauan, Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat (PHBM) dan dilanjutkan dengan program perhutanan sosial sebagai upaya merehabilitasi lahan sebagai titik balik pentingnya implementasi agroforestri di lapangan. Pertanyaannya bukan lagi, apakah kita membutuhkan agroforestri, melainkan seperti apa agroforestri di Indonesia selama empat dekade mendatang?

Komunitas profesional terus berfokus pada penyediaan spesifikasi biofisik dan sosial ekonomi yang diperlukan untuk menerapkan agroforestri di lapangan. Rincian tersebut dari sisa volume ini, menunjukkan janji yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dari agroforestri di Indonesia.

Meskipun kemajuannya bagus, tantangan khusus pengembangan agroforestri di Indonesia masih dihadapi. Pertama, kita harus terus meningkatkan jumlah penelitian yang dilakukan, dan pekerjaan ini harus bersifat interdisipliner dan terfokus pada peluang khusus di mana praktik agroforestri dapat diterapkan. Kedua, kita harus mendidik dan melatih para profesional yang mampu menerapkan metodologi dan hasil penelitian agroforestri ke situasi dunia nyata dan, tentu saja, menjamin kesempatan

kerja bagi mereka di akhir belajar mereka. Ketiga, kita harus memupuk dan mendukung sekelompok praktisi yang bersedia bekerja sama dengan peneliti untuk menguji dan mengevaluasi teknologi baru. Keempat, kita harus mendidik masyarakat umum untuk memahami perlunya mendukung pengembangan sistem pengelolaan penggunaan lahan berkelanjutan seperti agroforestri dan menghargai nilai unik produk dari sistem tersebut. Terakhir, kolaborasi harus dirangsang di antara individu dan organisasi kunci untuk memajukan cita-cita dan praktik agroforestri: penyuluh, peneliti, dan praktisi; berbagai disiplin ilmu, departemen, dan perguruan tinggi; dan organisasi, lembaga, dan lembaga publik dan swasta yang berbeda. Dalam praktiknya, pengembangan komponen teknologi dan organisasi dari program agroforestri dalam negeri harus terjadi secara bersamaan dan berjalan secara paralel, bukan secara seri. Mudah-mudahan, kebijakan nasional tentang agroforestri yang muncul akan memberikan kerangka yang diperlukan untuk mengatasi tantangan-tantangan ini.

Penting bagi penelitian, penyuluh, pemerintah daerah, LSM, asosiasi, koperasi, dan sektor swasta untuk terus membangun dan mengembangkan jaringan pengetahuan dan infrastruktur untuk mendukung pertumbuhan agroforestri. Dengan upaya kolaboratif yang berdedikasi, praktik agroforestri akan menjadi semakin penting dalam sistem produksi pangan, hijauan, dan serat Indonesia. Diharapkan bahwa teks ini memberikan dukungan untuk pendekatan inovatif untuk mempertahankan integritas ekologi jangka panjang dan produktivitas lahan pertanian dan hutan. Begitulah inti dari pencarian masyarakat kita akan keberlanjutan.



## DAFTAR PUSTAKA

---

- Afgani R, Husain SB. 2018. Manisnya Kopi di Era Liberal: Perkebunan Kopi Afdeling Malang, 1870-1930. *Indonesian Historical Studies*, 2(1), 24-35.
- Aini FK, Kurniawan S, Wibawa G, & Hairiah K. 2010. RABA (Rapid Agro-Biodiversity Appraisal). World Agroforestry Centre (ICRAF-SE Asia). Bogor. Indonesia
- Alfian I. 2017. Reklamasi Lahan Pascaerupsi Gunung Kelud secara Biologi: Evaluasi Ketersediaan N dalam Tanah dan Kerapatan Bintil Akar *Parasponia andersonii*. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- Ambong AR, Sayekti RW. 2018. Study of the influence of landuse on water quality in Selorejo reservoir for fisheries. *Jurnal mahasiswa jurusan teknik pengairan* 1.
- Andri FY. 2016. Morfologi dan Klasifikasi Tanah Pada Toposekuen Lereng Tenggara Gunung Kawi. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Andriyanto C, Sudarto, Suprayogo D. 2015. Estimation of Soil Erosion For A Sustainable Land Use Planning: RUSLE Model Validation By Remote Sensing Data Utilization in the Kalikonto Watershed. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 3, 459- 468.
- Anhar A, Widayat HP, Muslih AM, Subhan S, Romano R, Baihaqi A, Bahri TS, Zulkarnain Z, Bagio B. Evaluation of Farmers Management Practices of Arabica Coffee Plantation Across Altitude for Climate Change Adaptation Strategies in Aceh, Indonesia. *Aceh Int. J. Sci. Technol.* 9, 75-82.
- Apriliyanti M. 2015. Peran pohon asal KBR dalam memperbaiki Infiltrasi Tanah pada Sistem Agroforestri. Studi kasus di daerah yang terkena dampak erupsi Gunung Kelud.
- Arias-Arévalo P, Martín-López B, Gómez-Baggethun E. 2017. Exploring intrinsic, instrumental, and relational values for sustainable management of social-ecological systems. *Ecology and Society* 22.
- Ariffin Z. 2016. Tasemat, Anak Pesantren Pendekar Lingkungan Kaki Gunung Kawi. <https://www.liputan6.com/regional/read/2594249/tasemat-anak-pesantren-pendekar-lingkungan-kaki-gunung-kawi>. (Diakses pada 11 November 2022, pukul 17.23 WIB)
- Arsip Pemerintah Propinsi Jawa Timur. 2016. [https://arsipjih.jatimprov.go.id/upload/5077/KEPGUB\\_NOMOR\\_330\\_TAHUN\\_2016\\_TENTANG\\_PENERIMA\\_PENGHARGAAN\\_PELESTARIAN\\_FUNGSI\\_LINGKUNGAN\\_HIDUP\\_PROVINSI\\_JAWA\\_TIMUR\\_TAHUN\\_2016.pdf](https://arsipjih.jatimprov.go.id/upload/5077/KEPGUB_NOMOR_330_TAHUN_2016_TENTANG_PENERIMA_PENGHARGAAN_PELESTARIAN_FUNGSI_LINGKUNGAN_HIDUP_PROVINSI_JAWA_TIMUR_TAHUN_2016.pdf). (Diakses pada 11 November 2022, pukul 17.50 WIB)
- Auliah A, Prayitno G, Ari IRD, Wardani LE, Meidiana, C 2022. The Role of Social Capital Facing Pandemic COVID-19 in Tourism Village to Support Sustainable Agriculture (Empirical Evidence from Two Tourism Villages in Indonesia). *Economies* 10(12), p.320.

- Badan Geologi: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2014. Gunung Kelud – Geologi. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. [https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi /data-dasar-gunungapi/538-g-kelud?start=2](https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/538-g-kelud?start=2). (Diakses pada 09 November 2022, pukul 16.00 WIB)
- Baladina N, Anindita R, Putri AR 2011. Analisis efisiensi pemasaran durian di Desa Wonoagung, Kecamatan Kasembon, Kabupaten Malang. *HABITAT* 22(1), 1-11.
- BAPPEDA Jatim. 2015. Model Kawasan Agribisnis Kopi mendesak dikembangkan. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Timur. <http://bappeda.jatimprov.go.id/2015/10/23/model-kawasan-agribisnis-kopi-mendesak-dikembangkan/>. (Diakses pada 20 November 2022, pukul 12.43 WIB)
- Barton DN, Chaplin-Kramer B, Lazos E, van Noordwijk M, Engel S, Girvan A, Hahn T, Leimona B et al 2022. Value expression in decision-making. In: Methodological assessment of the diverse values and valuation of nature of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Edited by P Balvanera, U Pascual, BM Christie, B Baptiste, D González-Jiménez. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 2022. <https://zenodo.org/record/6522523#.Yw2xDHZ-BzIU>
- Bassi AM, Bechauf R, Cutler E, Gouett M, Guzzetti M 2022. Sustainable Asset Valuation (SAVi) of Forest Restoration in the Brantas River Basin, Indonesia. IISD. retrieved 15 March 2023 from <https://nbi.iisd.org/wp-content/uploads/2022/01/savi-brantas-river-basin-indonesia.pdf>
- Becking JH. 1979. Root–Nodule Symbiosis Between Rhizobium and Parasponia (Ulma-ceae). *Plant and Soil*, 51, 289–296
- Bender G, Rolfe B. 1985. A rapid plant assay for the Parasponia–Rhizobium symbiosis. *Plant Science*, 38, 135–140
- Bernard F, van Noordwijk M, Luedeling E, Villamor GB, Sileshi GW, Namirembe S 2014. Social actors and unsustainability of agriculture. *Curr Opin Environ Sustain* 6, 155–161.
- Bernoux M, Bockel L, Rioux J, Tinlot M. 2011. Carbon sequestration as an integral part of watershed management strategies to address climate change issues. *EASYPol*. FAO Policy Brief, 19.
- Bhat A, Ramu K, Kemper K 2005. Institutional and policy analysis of river basin management: the Brantas river basin, East Java, Indonesia. Policy Research Working Paper Series No. WPS3611. World Bank, Washington, DC.
- BMKG. 2018. Climate Data of Ngantang 2014–2018. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso, Malang. <https://karangploso.jatim.bmkg.go.id/> . (Diakses pada, 01 June 2019)
- Bote A D, Struik PC. 2011. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry*, 3(11), 336–341.
- BPS, 2022. Data curah hujan dan suhu udara POS Karangates Tahun 2012–2021.
- BPS, 2022. Data curah hujan dan suhu udara Stasiun Karangates Tahun 2012–2021.



- Brill GC, Anderson PML, O'Farrell P. 2022. Relational Values of Cultural Ecosystem Services in an Urban Conservation Area: The Case of Table Mountain National Park, South Africa, *Land*, <https://doi.org/10.3390/land11050603>
- Budiadi, Jihad AN, Lestari LD. 2021. An Overview and Future Outlook of Indonesian Agroforestry: a Bibliographic and Literature Review. *E3S Web Conf.* 305 07002. doi:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130507002>
- Budiadi, Jihad AN, Lestari LD. 2021. An Overview and Future Outlook of Indonesian Agroforestry: a Bibliographic and Literature Review. *E3S Web of Conferences* 305, 07002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130507002>
- Cahyono D. 2017. *Pratipa (Prasawya Tirtha Ppawitra): Tirthayatra Mengitari Ardi Suci Penanggungan*. Retrieved from <https://patembayancitrareleka.wordpress.com/2017/03/15/prasawya-tirtha-pawitra/>
- Cahyono ED, Fairuzzana S, Willianto D, Pradesti E, McNamara NP, Rowe RL, van Noordwijk M 2020. Agroforestry Innovation through Planned Farmer Behavior: Trimming in Pine-Coffee systems. *Land* 2020, 9(363): 1-20.
- Cahyono E, Fairuzzana S, Willianto D, Pradesti E, Mcnamara NP, Rowe RL, van Noordwijk M. 2020. Agroforestry Innovation through Planned Farmer Behavior: Trimming in Pine-Coffee Systems. *Land*. 9. 363. [10.3390/land9100363](https://doi.org/10.3390/land9100363)
- Cahyono ED. 2018. *Aspek kelembagaan di DAS mikro Bangsri. Final report Capacity Development for implementing Rio Conventions through Enhancing Incentive Mechanism for Sustainable Watershed / Land Management*.
- Carson B 1989. Soil conservation strategies for upland areas of Indonesia. Occasional Paper 9, East-West Environment and Policy Institute, University of Hawaii. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/6e792425-840c-49d9-b46a-142dbae6732f/content> (retrieved March 11 2023)
- Catalan J, Ninot JM, Aniz MM. 2017. The High Mountain Conservation in a Changing World. In: Catalan, J., Ninot, J., Aniz, M. (eds) *High Mountain Conservation in a Changing World*. *Advances in Global Change Research*, 62. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55982-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55982-7_1)
- Cerdan CR, Rebolledo MC, Soto G, Rapidel B, and Sinclair FL. 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *Agricultural Systems*, 110(0), 119-130
- Chemura A, Kutuywayo D, Chidoko P, Mahoya C. 2015. Bioclimatic modelling of current and projected climatic suitability of coffee (*Coffea arabica*) production in Zimbabwe. *Regional Environmental Change*, 16, 473-485.
- Clough Y, Barkmann J, Juhbandt J, Kessler M, Wanger T C, Anshary A, Buchori D, Cicuzza D, Darras K, Putra DD, Erasmi S, Pitopang R, Schmidt C, Schulze C H, Seidel D, Steffen-Deventer I, Stenchly K, Vidal S, Weist M, Wielgoss A C and Tschardtke T. 2011. Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1016799108](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1016799108).
- Collison A dan Pollen N. 2005. The effects of riparian buffer strips on streambank stabil-

- ity: Root reinforcement, soil strength and growth rates. In: Zobel R W dan Wright S F (eds.) *Roots and soil management: Interaction between roots and the soil*. Am. Soc. Agr, 48, 15–56.
- Craig H, Wilson T, Stewart C, Villarosa G, Outes V, Cronin S, Jenkins S. 2016. Agricultural impact assessment and management after three widespread tephra falls in Patagonia, South America. *Nat Hazards*, 82, 1167–1229. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2240-1>
- Dawud SM, Raulund-Rasmussen K, Domisch T, Finer L, Jaroszewicz B, and Vesterdal L. 2016. Is tree species diversity or species identity the more important driver of soil carbon stocks, C/N ratio, and pH?. *Ecosystems*, 19, 645–660.
- De Vos A, Joana CB, Dirk R. 2018. Relational values about nature in protected area research. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 35, 89–99, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.018>
- Dewi S, Van Noordwijk M, Zulkarnain MT, Dwiputra A, Hyman G, Prabhu R, Gitz V, Nasi R 2017. Tropical forest-transition landscapes: a portfolio for studying people, tree crops and agro-ecological change in context. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 13(1): 312–29.
- Dewi S, Mulia R, Johana F, Ekadinata A, van Noordwijk M 2023. Integrating relational and instrumental values of nature in planning land use for multiple ecosystem services (LUMENS): tools and process. *Curr Opin Environ Sustain* 64:101333.
- Díaz S, Malhi Y 2022. Biodiversity: concepts, patterns, trends, and perspectives. *Annu Rev Environ Resour* 47, 29. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-054300>
- Diemont WH, Smiet A, Nurdin N 1991. Re-thinking erosion on Java. *Neth J Agric Sci* 39(4), 213–224.
- Dinas Kehutanan Kabupaten/Kota. 2013. Luas dan lokasi hutan rakyat Provinsi Jawa Timur Tahun 2008–2012. Dinas Kehutanan Kabupaten/Kota, Jawa Timur.
- Duguma LA, van Noordwijk M, Minang PA, Muthee K 2021. COVID-19 pandemic and agro-ecosystem resilience: Early insights for building better futures. *Sustainability* 13(3):1278.
- Ehrlich D, Melchiorri M, Capitani C. 2021. Population Trends and Urbanisation in Mountain Ranges of the World. *Land*, 10(3), 255. <https://doi.org/10.3390/land10030255>
- Ekadinata A dan Dewi S. 2011. Estimating losses in aboveground carbon stock from land-use and land-cover changes in Indonesia (1990, 2000, 2005). ALREDDI brief 03. World Agroforestry Centre (ICRAF), Southeast Asia Program. Bogor, Indonesia.
- Elsen PR, Monahan WB & Merenlender AM. 2020. Topography and human pressure in mountain ranges alter expected species responses to climate change. *Nat Commun* 11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15881-x>
- Elsou RE 1979. Cane-burning in the Pasuruan area: An expression of social discontent. In *Between People and Statistics: Essays on Modern Indonesian History Presented to P. Creutzberg*. Dordrecht: Springer Netherlands. pp. 219–233.
- Elsou RE 1984. Javanese peasants and the colonial sugar industry: impact and change

- in an East Java residency, 1830–1940. Singapore: Oxford University Press.
- Enderwati MA, Wicaksono KS, & Suprayogo D. 2017. Biodiversitas Vegetasi dan Fungsi Ekosistem: Hubungan antara Kerapatan, Keragaman Vegetasi, dan Infiltrasi Tanah pada Inceptisol Lereng Gunung Kawi, Malang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 4(2), 577–588.
- FAO 1997. *Agriculture and Climate Change: FAO Role*; Viale delle Terme di Caracall: Rome, Italy
- Fiantis D, Ginting FI, Nelson M, Minasny B. 2019. Volcanic ash, Insecurity for the people but securing fertile soil for the future. *Sustainability*, 11(11), p.3072.
- Fischer J, Abson DJ, Butsic V, Chappell MJ, Ekroos J, Hanspach J, Kuemmerle T, Smith HG, von Wehrden H 2014.. Land sparing versus land sharing: moving forward. *Cons Let* 7(3), 149–157.
- Fitrahayunitisna F. 2019. Kesadaran Ekologi dalam Mitos di Telaga Rambut Monte Desa Krisik, Kecamatan Gandusari, Kabupaten Blitar. *Studi Budaya Nusantara*, 3, 40–52, <http://dx.doi.org/10.21776/ub.sbn.2019.003.01.03>
- Futaki SS. 2021. Meneguhkan Tradisi Metri di Desa Adat Serpihan Menara Air Gunung Kawi. *Times Indonesia*. <https://www.timesindonesia.co.id/peristiwa-daerah/369226/meneguhkan-tradisi-metri-di-desa-adat-serpihan-menara-air-gunung-kawi>. (Diakses pada 11 November 2022, pukul 12.17 WIB)
- Galudra G, Sirait M 2009. A discourse on Dutch colonial forest policy and science in Indonesia at the beginning of the 20th century. *Intern Forest Rev* 11(4), 524–533.
- Goode LR, Handley HK, Cronin SJ, Abdurrachman M. 2019. Insights into eruption dynamics from the 2014 pyroclastic deposits of Kelut volcano, Java, Indonesia, and implications for future hazards. *J Volcanol Geoth Res*, 382, 6–23. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.02.005>
- Guckland A, Jacob M, Flessa H, Thomas FM, and Leuschner C. 2009. Acidity, nutrient stocks, and organic-matter content in soils of a temperate deciduous forest with different abundance of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 500–511. doi:<https://doi.org/10.1002/jpln.200800072>
- Guillaume T, Maranguit D, Murti Laksono K, Kuzyakov Y. 2016. Sensitivity and Resistance of Soil Fertility Indicators to Land-Use Changes: New Concept and Examples from Conversion of Indonesian Rainforest to Plantations. *Ecological Indicators*. Elsevier Ltd
- Hairiah K, Dewi S, Agus F, Velarde S, Andree E, Rahayu S, van Noordwijk M. 2011. *Measuring Carbon Stocks*. World Agroforestry Centre. Bogor, Indonesia.
- Hairiah K, Dewi S, Agus F, Velarde S, Ekadinata A, Rahayu S and Van Noordwijk. 2011. *A Manual. Measuring Carbon stocks across land use systems*. World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia and University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia ISBN 978-979-3198-55-2. 154 pp.
- Hairiah K, Hamid A, Widiyanto, Kurniawan SW, Sari RR, Lestariningsih ID, Lestari ND.

2010. Potensi kawasan Tahura R. Soerjo sebagai penambat dan penyimpan karbon. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hairiah K, Handayanto E, Nura'ini YA, Prasetyo B, Prayogo C. 2015. Reklamasi lahan pascaerupsi Gn. Kelud: Pemanfaatan tanaman pioneer *Parasponia andersonii* untuk perbaikan kesuburan tanah. Laporan Penelitian 2015. Universitas Brawijaya.
- Hairiah K, Sardjono MA, Sabardini S. 2003. Pengantar Agroforestri. Indonesia World Agroforestry Centre (ICRAF), Southeast Asia Regional Office. PO Box 161 Bogor, Indonesia
- Hairiah K, Sari RR, Widiyanto, Kurniawan SW, Hamid A. 2011. Degradasi Kandungan Bahan Organik Tanah dan Faktor Emisi di Tahura R. Soerjo, Jawa Timur. Prosiding Kongres dan Seminar Nasional HITI X.
- Hairiah K, Sulistyani H, Suprayogo D, Widiyanto, Purnomosidhi P, Widodo R H, and Van Noordwijk M. 2006. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management*, 224: 45-57.
- Hairiah K, Sulistyani H, Suprayogo D, Widiyanto, Purnomosidhi P, Widodo RH, van Noordwijk M. 2006. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management*, 224, 45-57.
- Hairiah K, Suprayogo D, Sudarto, Widiyanto, Ishaq R M, Nugraha A P, Sutanto TD, Saputra D D, Sari R R. 2016. Kajian pemulihan ekosistem Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS): Pengembangan kriteria dan indikator hutan terdegradasi. Laporan hasil penelitian kerjasama UB- KLHK TNBTS. 78.
- Hairiah K, Suprayogo D, Widiyanto, Saputra DD. 2017. Reklamasi lahan pertanian pascaerupsi gunung kelud: Efisiensi serapan N dalam system agroforestry kopi-kakao. Brawijaya University, Malang, p. 53.
- Hairiah K, Widiyanto, Suprayogo D, Van Noordwijk M. 2020. Tree Roots Anchoring and Binding Soil: Reducing Landslide Risk in Indonesian Agroforestry. *Land*, 9(8), 256. doi:<https://doi.org/10.3390/land9080256>.
- Hairiah K, Widiyanto, Suprayogo D, Van Noordwijk M. 2020. Tree Roots Anchoring and Binding Soil: Reducing Landslide Risk in Indonesian Agroforestry. *Land* 9.
- Hairiah K, Widiyanto, Utami SR, Suprayogo D, Sunaryo, Sitompul SM, Lusiana B, Mulia R, Van Noordwijk M, and Cadish G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ISBN. 979-95537-7-6. ICRAF Bogor. 187 p
- Hairiah K, van Noordwijk M, Sari RR, Saputra DD, Suprayogo D, Kurniawan S, Prayogo C, Gusli S 2020a. Soil carbon stocks in Indonesian (agro) forest transitions: Compaction conceals lower carbon concentrations in standard accounting. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 294:106879.
- Hairiah K, Widiyanto W, Suprayogo D, Van Noordwijk M 2020b. Tree roots anchoring and binding soil: Reducing landslide risk in Indonesian agroforestry. *Land* 9(8):256.

- Hairiah K, Fiantis D, Utami SR, Nurbaity A, Utami SN, Ginting FI, Ariyanto DP, Nurcholis M, Minasny B, van Noordwijk M 2022. Hundred fifty years of soil security research in Indonesia: Shifting topics, modes of research and gender balance. *Soil Security* 2022, 6:100049.
- Hakim AL, Saputra DD, Tanika L, Kusumawati IA, Sari RR, Andreotti F, Abdurrahim AY, Wamucii C, Lagneaux EG, Githinji M, Suprayogo D. et al 2023. Protected spring and sacred forest institutions at the instrumental–relational value interface. *Curr Opin Environ Sustain* 62:101292.
- Hartojo N, Ikhsan M, Dartanto T, Sumarto S 2022. A Growing Light in the Lagging Region in Indonesia: The Impact of Village Fund on Rural Economic Growth. *Economies* 10(9), p.217.
- Himes A, Muraca B. 2018. Relational values: the key to pluralistic valuation of ecosystem services. *Curr Opin Environ Sustain* 35, 1-7.
- Hudiyanto R. 2015. Kopi dan Gula: Perkebunan di Kawasan Regentschap Malang 1832–1942. *Sejarah dan Budaya : Jurnal Sejarah, Budaya, dan Pengajarannya*, 9(1), 96–115. doi:<http://dx.doi.org/10.17977/um020v9i12015p96-115>
- Indriyanto. 2005. *Ekologi Hutan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by The National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds.). Published by IGES Japan.
- IPBES 2022. *Methodological assessment of the diverse values and valuation of nature of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Edited by Balvanera P, Pascual U, Christie M, Baptiste B, González-Jiménez D. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6522522>
- Ishaq RM, Hairiah K, Alfian I and van Noordwijk M. 2020. Natural Regeneration After Volcanic Eruptions: Resilience of the Non-legume Nitrogen-Fixing Tree *Parasponia rigida*. *Front. For. Glob. Change* 3:562303. doi: 10.3389/ffgc.2020.562303
- Ishaq RM, Saputra DD, Sari RR, Suprayogo D, Widiyanto, Prayogo C, Hairiah K. 2020. Turning Volcanic Ash into Fertile Soil: Farmers' Options in Coffee Agroforestry After the 2014 Mount Kelud Eruption. *Journal Agrivita* 42.
- Iskandar BS, Iskandar J, Partasasmita R, Alfian RL. 2018. Planting coffee and take care of forest: A Case Study on Coffee Cultivation in the Forest Carried Out Among People of Palintang. Indonesia. *J. Biol. Divers.* (19): 2183–2195.
- Jennerjahn TC, Baum A, Damar A, Flitner M, Heyde J, Jänen I, Lukas MC, Lukman M, Nugrahadi MS, Rixen T, Samiaji, J 2022. Human interventions in rivers and estuaries of Java and Sumatra. In: *Science for the Protection of Indonesian Coastal Ecosystems (SPICE)* Elsevier. 2022. pp. 45–82.
- JICA [Japan International Cooperation Agency] 2019. *The Project for Assessing and Integrating Climate Change Impacts into the Water Resources Management Plans for Brantas and Musi River Basins*. JICA, Tokyo. Retrieved 15 March 2023 from

- [https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12353090\\_02.pdf](https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12353090_02.pdf)
- Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry systems*. DOI:10.1007/s10457-009-9229-7
- Kabir GM. 2022. *Meninjau Ulang Animisme*. BINUS University, Jakarta.
- Kenter JO, O'Connor S. 2022. The Life Framework of Values and living as nature; towards a full recognition of holistic and relational ontologies. *Sust Sci* 17(6), 2529-2542.
- Khasanah NM, Tanika L, Pratama LD, Leimona B, Prasetyo E, Marulani F, Hendriatna A, Zulkarnain MT, Toulie A, van Noordwijk M 2021. Groundwater-extracting rice production in the Rejoso Watershed (Indonesia) reducing urban water availability: characterisation and intervention priorities. *Land* 10(6):586.
- Knight GR 2014. *Sugar, Steam and Steel: The Industrial Project in Colonial Java, 1830-1850*. University of Adelaide Press. 2014.
- Knight GR 2008. *From Plantation to Padi-field: The Origins of the Nineteenth Century Transformation of Java's Sugar Industry*. Cambridge University Press, 2008.
- Knight GR 2012. From Merdeka! to massacre: The politics of sugar in the early years of the Indonesian republic. *J. Southeast Asian Stud* 43(3), 402-421.
- Knyazev A, Kuluev B, Vershinina Z, Chemeris A. 2018. Callus Induction and Plant Regeneration from Leaf Segment of Unique Tropical Woody Plant *Parasponia andersonii* Planch. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 28(1): 45-55
- Kunio Y 1989. *Oei Tiong Ham Concern: The First Business Empire of Southeast Asia*. Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University. 1989.
- Kuehne G, Llewellyn R, Pannel DJ, Wilkinson R, Dolling R, Ouzman J, Ewing M. 2017. Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. *Agricultural System*, 156, Pages 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.007>
- Kurniawan S, Prayogo C, Widiyanto M, Lestari ND, Aini FK, & Hairiah K. 2008. *Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur: RACSA (Rapid Carbon Stock Appraisal)*. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office. Bogor, Indonesia.
- Kurniawan S, Prayogo C, Widiyanto, Zulkarnain MT, Lestari ND, Aini FK, Hairiah K, 2010. *Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Kurniawan S, Utami SR, Miftakhul M, Ian AN, Budi P. 2019. Land use systems, soil texture, control carbon, and nitrogen storages in the forest soil of UB forest, Indonesia. *AGRIVITA*, 42(3), 12. DOI: 10.17503/agrivita.v42i2.
- Kustanti A. 2021. Income adaptation of farmers as long covid-19 pandemy on sustainable ub forest management: a case from Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 883 012069
- Kusumawati IA, 2022. *Multifungsi Agroforestri Kopi Berdasarkan Pengetahuan Ekologi Lokal Petani di Kabupaten Malang*. Program Pascasarjana Interdisipliner. Universitas Brawijaya, Malang.

- Kusumawati IA, Mardiani MO, Purnamasari E, Batoro J, van Noordwijk M, Hairiah K. 2022. Agrobiodiversity and plant use categories in coffee-based agroforestry in East Java (Indonesia). *Journal of Biological diversity*.
- Kusumo EB. 2020. Kebun Bangelan Malang. <http://kekunaan.blogspot.com/2020/01/kebun-bangelan-malang.html>. (Diakses pada 16 November 2022, pukul 21.31 WIB)
- Leimona B, Khasanah N, Lusiana B, Amaruzaman S, Tanika L, Hairiah K, Suprayogo D, Pambudi S, Negoro FS 2018a. A Business Case: Co-Investing for Ecosystem Service Provisions and Local Livelihoods in Rejoso Watershed; World Agroforestry Centre: Bogor, Indonesia, 2018.
- Leimona B, van Noordwijk M, Kennedy S, Namirembe S, Minang PA 2018b. Synthesis and lessons on ecological, economic, social and governance propositions. Chapter 38. in: Namirembe, S., Leimona, B., van Noordwijk, M., Minang, P.A. (eds.) Co-investment in ecosystem services: global lessons from payment and incentive schemes. Nairobi: World Agroforestry (ICRAF). pp. 511-538
- Leksana GT 2020. Embedded remembering: memory culture of the 1965 violence in rural East Java. Doctoral dissertation, Leiden University. Leiden, the Netherlands.
- Lusiana B, van Noordwijk M, Cadisch G 2012. Land sparing or sharing? Exploring live-stock fodder options in combination with land use zoning and consequences for livelihoods and net carbon stocks using the FALLOW model. *Agr Ecosyst Environ* 159: 145-160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.07.006>.
- Maeno F, Nakada S, Yoshimoto M, Shimano T, Hokanishi N, Zaennudin A, Iguchi M. 2019. A sequence of a plinian eruption preceded by dome destruction at Kelud volcano, Indonesia, on February 13, 2014, revealed from tephra fallout and pyroclastic density current deposits. *J Volcanol Geoth Res*, 382:24-41. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.03.002>
- Mardiani MO, Kusumawati IA, Purnamasari E, Prayogo C, van Noordwijk M, Hairiah K. 2022. Local ecological knowledge of coffee agroforestry farmers on earthworms and their relation to soil quality in East Java (Indonesia). *Jurnal Biodiversitas*, 23(7), 3344-3354. DOI: 10.13057/biodiv/d230705.
- Marsudi. (2015). *Bangkitnya Tradisi Neo-Megalitik di Gunung Arjuno*.
- Masitoh F, Rusydi A, & Pratama I. 2021. Pendekatan Hidrogeomorfologi Dan Pendugaan Geolistrik Untuk Identifikasi Potensi Air tanah Di Jedong Malang. *Jambura Geoscience Review*, 3(2), 84-96. doi:<https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v3i2.10252>
- Mattijssen TJM, et al. 2020. Relational values of nature: leverage points for nature policy in Europe. *Ecosystems and People*, 16, 402-410, <https://d.org/10.1080/26395916.2020.1848926>
- McGee TG 1991. The emergence of desa-kota regions in Asia: expanding a hypothesis. In: N Ginsburg, B Koppel and TG McGee (eds) *The Extended Metropolis: Settlement Transition in Asia*. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. pp. 3-26.
- McGee TG 2008. Managing the rural-urban transformation in East Asia in the 21st century. *Sustainability Science* 2008, 3: 155-167.

- Medjibe VP, Poulsen JR, Clark CJ, Mbani OA. 2014. Natural regeneration of selected timber species in the Republic of Congo. *African Journal of Ecology*. doi:10.1111/aje.12167
- Meirezaldi O, Sulasmiyati S, Fahrudi ANLI, Nuzula NF. 2022. Pelatihan Peningkatan Kualitas Kopi untuk Mencapai Keunggulan Kompetitif di Desa Babadan, Kecamatan Ngajum, Kabupaten Malang. *Indonesia Society of Applied Science. Journal of Applied Community Engagement*, 2 (1). doi:https://doi.org/10.52158/jace.v2i1.318
- Méndez VE, C Bacon, S Petchers, D Herrador, C Carranza, L Trujillo, C Guadarrama-Zugasti, A Cordón, and A Mendoza. 2006. Sustainable Coffee from the Bottom Up: Impacts of Certification Initiatives on Small-Scale Farmer and Estate Worker Households and Communities in Central America and Mexico. Research report, Oxfam America.
- Miles AG, Stacey G, Burris RH, Evans HJ. 1992. Biological Nitrogen Fixation. Chapter 13. Chapman and Hall. ISBN 0-412-02421-7. New York. London
- Minasny B, Fiantis D, Hairiah K and Van Noordwijk M. 2021. Applying volcanic ash to croplands–The untapped natural solution. *Soil Security*, 3, p.100006.
- Montoya AVG, Vizuite DDC, Marcu MV. 2023. Exploring the Role of ICTs and Communication Flows in the Forest Sector. *Sustainability*, 15(10973). https://doi.org/10.3390/su151410973
- Moos C, Bebi P, Schwarz M, Stoffel M, Sudmeier-Rieux K, Dorren L. 2018. Ecosystem-based disaster risk reduction in mountains. *Earth-Science Reviews*, 177, 497-513, https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.011.
- Msofe NK, Sheng L, Lyimo J. 2019. Land Use Change Trends and Their Driving Forces in the Kilombero Valley Floodplain, Southeastern Tanzania. *Sustainability*, 11(2), 505. doi: https://doi.org/10.3390/su11020505
- Mulyoutami E, Lusiana B, van Noordwijk M 2020. Gendered migration and agroforestry in Indonesia: Livelihoods, labor, know-how, networks. *Land* 9(12), p.529.
- Mulyoutami E, Tata HL, Silvianingsih YA, van Noordwijk M 2023. Agroforests as the intersection of instrumental and relational values of nature: gendered, culture-dependent perspectives? *Curr Opin Environ Sustain* 62:101293
- Neild J, O'Flaherty P, Hedley P, Underwood RJD. 1998. Impact of a Volcanic Eruption on Agriculture and Forestry in New Zealand. Institute of Geological & Nuclear Sciences Ltd Peter Brown, Professional Forestry Services Ltd, MAF Policy Technical Paper 99/2. 99 p.
- Nibbering JW 1986. Socio-economic conditions and developments Kali Konto upper watershed, east Java. Directorate-General Reforestation and Land Rehabilitation, Ministry of Forestry, Malang, Java, Indonesia.
- Nibbering JW 1993. Rats and droughts: stability in a changing upland farming system in Java. *Asian Geographer* 1993. 12(1-2): 19-32. DOI: 10.1080/10225706.1993.9683982.
- Nibbering JW, de Graaf J 1998. Simulating the past: reconstructing historical land use and modeling hydrological trends in a watershed area in Java. *Environment and*



- History, 1998, 4(3), 251-278.
- Nita I, Listyarini E, & Kusuma Z. 2017. Kajian Lugas Tersedia pada Toposekuen Lereng Utara G. Kawi Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 1(2), 53-62. Retrieved from <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/112>
- Nugroho AF, Ichwandi dan N Kosmaryandi. 2017. Analisis Pengelolaan Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus. *Journal of Environment Engineering & Waste Management*, 2 (2), 51-59.
- Nurdiyansyah PG, Yurisma DY, Riqqoh AK. 2018. Redesign visual identity produk kopi "You Coffee" Wonosalam guna meningkatkan brand awareness.
- Op den Camp RHM, Polone E, Fedorova E, Roelofsen W, Squartini A, Bisseling T, Geurts R. 2012. Nonlegume *Parasponia andersonii* Deploys a Broad Rhizobium Host Range Strategy Resulting in Largely Variable Symbiotic Effectiveness. *MPMI* Vol. 25, No.7
- Palm CA dan Sanchez PA. 1991. Nitrogen Release From some Tropical Legumes As Affected By Lignin and Polyphenol Contents. *Soil Biology and Biochemistry*.
- Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE. 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007—Impacts, Adaptation and Vulnerability (IPCC WGII AR4); Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA
- Peng X, Tamura K, Asano M, Takano A, Kawagoe M, Kamijo T. 2021. Changes in Soil Physical and Chemical Properties during Vegetation Succession on Miyake-jima Island. *Forests*, 12, 1435. <https://doi.org/10.3390/f12111435>
- Perkebunan Tugu Kawisari. <https://kawisaricoffee.com/id/>. (Diakses pada 18 November 2022, pukul 21.45)
- Phalan BT 2018. What have we learned from the land sparing-sharing model? *Sustainability* 10(6), p.1760.
- Prasetyo L, Siswanto B, Soemarno. 2017. Analisis Kualitatif Sebaran Jenis Batuan pada Material Vulkanik Letusan Gunung Kelud Bagian Barat Laut. Skripsi S-1. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/132052>
- Prawiradiputra BR. 2011. Tanaman Pakan untuk Menunjang Rehabilitasi Peternakan di Lereng Gunung Merapi. *Wartazoa*, 21(4)
- Prayitno G, Nugraha AA, Sari N, Balqis PY 2013 The impact of international migrant workers on rural labour availability (case study Ganjaran Village, Malang Regency). *Procedia Environmental Sciences* 17, 992-998.
- Prayitno G, Subagiyo A, Kusriyanto RL 2020. Alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian di Kota Batu Indonesia. *GEOGRAPHY: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan* 8(2), 135-150.
- Priyadarshini R, Hairiah K, Suprayogo D, Baon JB. 2011. Keragaman pohon penabung pada kopi berbasis agroforestri dan pengaruhnya terhadap layanan ekosistem. *Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus* 7F, 81-85.

- Priyadarshini R. 2012. *Layanan Ekosistem Agroforestri Kopi*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Proyek Kali Konto. 1984. *Soils and soil conditions Upper Kali Konto watershed, East Java, Indonesia*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Purnamasari E, van Noordwijk M, Ishaq RM, Saputra DD, Sari RR, Hairiah K. 2021. Decomposition of Fine Roots and Aboveground Agroforestry Litter as Plant-soil Feedback After Volcanic Ash Deposition. PREPRINT (Version 1) available at Research Square.
- Purnomo M, Utomo MR, Pertiwi VA, Laili F, Pariasa II, Riyanto S, Andriatmoko ND, Handono SY. 2021. Resistance to mining and adaptation of Indonesia farmer's household to economic vulnerability of small scale sand mining activities. *Local Environment, The International Journal of Justice and Sustainability*. DOI:10.1080/13549839.2021.1990234
- Putra SW, Prabowo AM, Rayes M. 2014. Studi tingkat perkembangan tanah pada toposekuen Gunung Anjasmoro Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1, 39-50.
- Putra F 2022. Village development initiative as an alternative strategy of rural poverty reduction: An evaluation of village fund program in Indonesia. *International Journal of Social Science And Human Research*, 5(04), 1453-1460.
- Putra IND, Hitchcock M 2006. The Bali bombs and the tourism development cycle. *Progress in Development Studies* 2006. 6(2), 157-166.
- Putri OH, Utami SR, Kurniawan S. 2019. Sifat Kimia Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 6(1), 1075-1081. DOI: 10.21776/ub.jtsl.2019.006.1.6
- Rahayu, Ariyanto DP, Komariah, Hartati S. 2014. Dampak Erupsi Gunung Merapi Terhadap Lahan dan Upaya-Upaya Pemulihannya. *Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret*. Vol. XXIX, No.1.
- Ratnasari ED. 2018. Upacara Panen Kopi Sengon, Simbol Kawin Sri dan Joko. <https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20180702134611-269-310785/upacara-panen-kopi-sengon-simbol-kawin-sri-dan-joko>. (Diakses pada 18 November 2022, pukul 21.43 WIB)
- Riady E. 2020. Banjir Lereng Gunung Kawi Rusak 8 Hektare Sawah dan Hanyutkan Belasan Babi. *Detik.com* <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-4880878/banjir-lereng-gunung-kawi-rusak-8-hektare-sawah-dan-hanyutkan-belasan-babi>. (Diakses pada 11 November 2022, pukul 18.12)
- Rijal S. 2019. Pengembangan Agroforestri Kopi dalam Mendukung Peran Hutan di Kawasan Highland Kabupaten Jenepono. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 11(2), 150. 10.24259/jhm.v11i2.6030.
- Risjani Y, Loppion G, Couteau J, Yunianta Y, Widowati I, Hermawati A, Minier C 2020. Genotoxicity in the rivers from the Brantas catchment (East Java, Indonesia): occurrence in sediments and effects in *Oreochromis niloticus* (Linnæus 1758).

- Environmental Science and Pollution Research 27, 21905–21913.
- Roestamy M, Fulazzaky MA 2022. A review of the water resources management for the Brantas River basin: challenges in the transition to an integrated water resources management. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 11514–11529. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-01933-9>
- Roux JL, Konczal A, Bernasconi A, Bhagwat S, De Vreese R, Doimo I, Marini Govigli V, Kašpar J, Kohsaka R, Pettenella D, Plieninger T. 2022. Exploring evolving spiritual values of forests in Europe and Asia: a transition hypothesis toward re-spiritualizing forests. *Ecol Soc* 27(4).
- Rowe RL, Prayogo C, Oakley S, Hairiah K, van Noordwijk M, Wicaksono KP, Kurniawan S, Fitch A, Cahyono ED, Suprayogo D, McNamara NP 2022. Improved coffee management by farmers in state forest plantations in Indonesia: an experimental platform. *Land* 11(5):671
- Rowcroft P. 2005. *Gaining Ground: The Socio-Economic Driving Forces Behind Decisions Regarding Land Use and Land Use Change; An Overview*, Working Paper 16: Vientiane, Laos
- Rowe R, Prayogo C, Oakley S, Hairiah K, Van Noordwijk M, Wicaksono K, Kurniawan S, Fitch A, Cahyono ED, Suprayogo D, Mcnamara NP. 2022. Improved Coffee Management by Farmers in State Forest Plantations in Indonesia: An Experimental Platform. *Land*. 11. 671. 10.3390/land11050671.
- Rudebjer PG, Sabarnuridin S. 2004. Integrating Natural Resources Education through National Networks: Experiences from Thailand and Indonesia. In Temu, A.B., Chakeredza, S., Mogotsi, K., Munthali, D., and Mulinge, R. *Rebuilding Africa's Capacity for Agricultural Development: The Role of Tertiary Education*. Reviewed Papers Presented at ANAFE Symposium on Tertiary Agricultural Education, April 2003. ICRAF. Nairobi
- Sabarnuridin S. 2011. *Agroforestry: Sebuah Arah Riset*. Workshop Proceeding: Research Status and National Research Master Plan on Agroforestry. Bogor
- Salmon C 1991. The Han Family of East Java. *Entrepreneurship and Politics (18th-19th Centuries)*. *Archipel* 41: 53–87. [https://www.persee.fr/doc/arch\\_0044-8613\\_1991\\_num\\_41\\_1\\_2711](https://www.persee.fr/doc/arch_0044-8613_1991_num_41_1_2711)
- Sanchez PA. 2019. *Properties and Management of Soils in the Tropics*, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/9781316809785>
- Santoso B. 1997. *Pengkajian Sifat-Sifat Andisol untuk Pengelolaan dan Perkembangan Pertanian*. Karya Ilmiah. B. Malang
- Saputra DD, Sari RR, Hairiah K, Suprayogo D and van Noordwijk M. 2022. Recovery after volcanic ash deposition: vegetation effects on soil organic carbon, soil structure and infiltration rates. *Plant and Soil*, 474: pp.163–179. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05322-7>
- Saputra DD, Sari RR, Hairiah K. 2020. Can cocoa agroforestry restore degraded soil structure following conversion from forest to agricultural use?. *Agroforest Syst*,

- 94, 2261–2276. doi:<https://doi.org/10.1007/s10457-020-00548-9>
- Saputra DD, Sari RR, Sari IN, Suprayogo D, van Noordwijk M. 2022. Water repellency by volcanic ash interacting with organic matter: incubation response and effect on hydraulic conductivity. *Geoderma*, under review.
- Saputra DD, Sari RR, Sari IN, Suprayogo D, van Noordwijk M 2023. Water repellency by volcanic ash interacting with organic matter: Incubation response and effect on infiltration. *Geoderma* 436:116535.
- Sari RR, Rozendaal DM, Saputra DD, Hairiah K, Roshetko JM, van Noordwijk M 2022. Balancing litterfall and decomposition in cacao agroforestry systems. *Plant and Soil* 473, 251-271.
- Sari RR, Priyadarshini R, Rozendaal DM, Saputra DD, Hairiah K, van Noordwijk M 2023. Tree diversity and social-ecological resilience of agroforestry after volcanic ash deposition in Indonesia. *Sustainability Science* 18, 2735-2753.
- Sari RR, Hairiah K, Suyanto. 2018. Characteristic of community forest (*Tectona grandis* and *Paraserienthes falcataria*) and its economic benefit in Malang District. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 2, 128-136.
- Sari RR, Hairiah K, Suyanto. 2018. Karakteristik Hutan Rakyat Jati Dan Sengon Serta Manfaat Ekonominya Di Kabupaten Malang. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 2 (1): 129-137.
- Sari RR, Hairiah K. 2013. Komposisi ukuran pohon dan cadangan karbon pada sistem agroforestri di daerah pegunungan. *Seminar Nasional Agroforestri III*, Yogyakarta.
- Sari RR, Rosyda P, Rozendaal DMA, Saputra DD, Hairiah K, van Noordwijk M, in review. Tree diversity and social-ecological resilience of coffee agroforestry after volcanic ash deposition. *Sustainability science*.
- Sari RR, Saputra DD, Kurniawan S. 2018. Struktur dan dekomposisi bahan organik sistem agroforestri kopi pada berbagai kondisi tutupan lahan (Litter transfer experiment). *Universitas Brawijaya*, Malang.
- Sartini. 2021. Tradisi Wiwitan dan Tanaman Padi Sebagai Sumber Ide Motif Batik Dalam Penciptaan Busana Casual Ready To Wear. *Institut Seni Indonesia*, Yogyakarta.
- Sheng Wu B, Sui D 2016. Modeling impacts of globalization on desakota regions: a case study of Taipei Metropolitan Area. *Environment and Planning B: Planning and Design* 43(2), 320-340.
- Shoji T, Takahashi. 2002. Environmental and agricultural significance of volcanic ash soils. *Global Environ. Res.*, pp. 113-135
- SIWI. 2019. Connecting the SDGs through resilient water management. Policy brief. Stockholm International Water Institute in collaboration with the Alliance for Global Water Adaptation (AGWA) as a contribution to the 2019 High Level Political Forum.
- Smiet AC. 1992. Forest ecology on Java. Human impact and vegetation of montane forest. *J.Trop.ecol*, 8(2), 129-152

- Soemarwoto. 1987. in *Agroforestry: a Decade Development*, H. A. Steppeler and P. K. R. Nair, Eds. International Council for Research in Agroforestry
- Styger E, Fernandes ECM, Rakotondramasy H M, & Rajaobelinirina E. 2009. Degrading uplands in the rainforest region of Madagascar: Fallow biomass, nutrient stocks, and soil nutrient availability. *Agroforestry Systems*, 77(2), 107-122. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9225-y>
- Sudharta KA, Hakim AL, Fadhilah MA, Fadzil MN, Prayogo C, Kusuma Z, Suprayogo, D 2022. Soil organic matter and nitrogen in varying management types of coffee-pine agroforestry systems and their effect on coffee bean yield. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 23(11)
- Suharjito D, Sundawati L, Suyanto & Utami SR. 2003. *Aspek Sosial Ekonomi dan Budaya Agroforestri*. Bahan Ajaran Agroforestri, 5. World Agroforestry Centre (ICRAF SE Asia), Bogor. Indonesia
- Suhartono S, Widiyanto A. Optimizing the Utilization of Production Factors of Coffee Framing Under Pine Stands, Pinus merkusii. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 2020 (17), 39-47.
- Sukesi K. 2018. *Aspek sosial ekonomi dan gender*. Final report Capacity Development for implementing Rio Conventions through Enhancing Incentive Mechanism for Sustainable Watershed / Land Management.
- Sulistiyorini D. 2020. Kosmologi danyang Telaga Rambut Monte dalam bersih desa di Desa Krisik Kecamatan Wlingi Kabupaten Blitar Jawa Timur, *Prosiding Seminar Nasional Bahasa dan Sastra Indonesia (SENASBASA)*,
- Suntoro, Widijanto H, Sudadi, Sambodo EE. 2014. Dampak Abu Vulkanik Erupsi Gunung Kelud dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan dan Serapan Magnesium Tanaman Jagung di Tanah Alfisol (The impact of Volcanic Ash of Kelud Eruption and Manure on Availability and Magnesium Uptake of Corn in Alfisols). *Sains Tanah-Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 11(2).
- Sunyoto A. 2000. *Buku Petunjuk Wisata Sejarah Kabupaten Malang*. Malang: Lingkar Studi Kebudayaan.
- Suprayogo D, van Noordwijk M, Hairiah K, Meilasari N, Rabbani AL, Ishaq RM, Widiyanto 2020. Infiltration-friendly agroforestry land uses on volcanic slopes in the Rejoso Watershed, East Java, Indonesia. *Land* 9(8):240
- Suriadikarta D, Abbas A, Sutono, Erfandi D, Santoso E, Kasno A. 2013. Identifikasi Sifat Kimia Abu Volkan, Tanah Dan Air Di Lokasi Dampak Letusan Gunung Merapi. Dalam: Sumarno, Subagyono, K., Bustaman, S. (eds.) *Pengembangan Pertanian Berbasis Inovasi di Wilayah Bencana Gunung Merapi*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementan. Bogor. Hal 195-215.
- Suryanata, K 1999. From homegardens to fruit gardens resource stabilization and rural differentiation in upland Java. In: *Transforming the Indonesian uplands; marginality, power and production*. Li TM (Ed.) Harwood Academic publishers, Amsterdam. pp.257-280.

- Sutomo, Hobbs R, Cramer V. 2011. Plant community establishment on the volcanic deposits following the 2006 nuées ardentes (pyroclastic flows) of Mount Merapi: Diversity and floristic variation. *JURNAL BIODIVERSITAS*, 2(12), 86-91. Doi: 10.13057/biodiv/d120205
- Suyadi, Sumardjo, Zaim U, Prabowo T, dan Dewa KSS. 2018. Status dan Determinan Pendapatan Petani Agroforestri di Lingkungan Taman Nasional Gunung Cermai. *Jurnal Agro Ekonomi*, 36 (1), 71-89 DOI: 10.21082/jae.v36n1.2018
- Tanika L, Wamucii C, Best L, Lagneaux EG, Githinji M, van Noordwijk M 2023. Who or what makes rainfall? Relational and instrumental paradigms for human impacts on atmospheric water cycling. *Curr Opin Environ Sustain* 63:101300.
- Thalen D, Smiet A 1985. Quantified 'Land-use policy options' in forest land evaluation for watershed management. *Neth J Agric Sci* 33: 89-103. doi: <https://doi.org/10.18174/NJAS.V33I2.16855>.
- Thornton JM, Snethlage MA, Sayre R, Urbach DR, Viviroli D, et al. 2022 Human populations in the world's mountains: Spatio-temporal patterns and potential controls. *PLOS ONE* 17(7): e0271466. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271466>
- Titisari. 2017. Intangible Cultural Heritage Candi Sumberawan Dalam Perspektif Kosmologi. Seminar Nasional 2017 "Heritage: Tangible & Intangible Aspects". Cirebon 3-4 Mei, (1), 17-22.
- Toulier A, Baud B, de Montety V, Lachassagne P, Leonardi V, Pistre S, Dautria J, Hendrayana H, Fajar M, Muhammad A et al 2019. Multidisciplinary study with quantitative analysis of isotopic data for the assessment of recharge and functioning of volcanic aquifers: Case of Bromo-Tengger volcano, Indonesia. *J Hydrolol Reg Stud* 26, 100634.
- Tugu Kawisari Coffee. 2022. <https://kawisaricoffee.com/id/kisahperkebunankami/>. (Diakses pada 11 November 2022, pukul 21.11 WIB)
- Utami S, Agustina C, Wicaksono K, Prasajo B, & Hanifa H. 2017. Utilization of locally available organic matter to improve chemical properties of pyroclastic materials from Mt. Kelud of East Java. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 4(2), 717-721. doi:<http://dx.doi.org/10.15243/jdmlm.2017.042.71>.
- Van Niel R 1992. The Introduction of Government Sugar Cultivation in Pasuruan, Java, 1830. In: *Java under the Cultivation System*. 1992. Brill, Leiden. pp. 29-45.
- van Noordwijk M 2019. Integrated natural resource management as pathway to poverty reduction: Innovating practices, institutions and policies. *Agricultural Systems* 172, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.10.008>
- van Noordwijk M 2021a. Agroforestry-Based Ecosystem Services: Reconciling Values of Humans and Nature in Sustainable Development. *Land* 10(7), 699.
- van Noordwijk M 2021b. Theories of place, change and induced change for tree-crop-based agroforestry. *World Agroforestry (ICRAF)*. Bogor (Indonesia). <http://apps.worldagroforestry.org/region/sea/publications/detail?pubID=4790>
- van Noordwijk M, Tata HL, Xu J, Dewi S, Minang PA 2012. Segregate or integrate for mul-

- tifunctionality and sustained change through landscape agroforestry involving rubber in Indonesia and China. pp 69-104 in: *Agroforestry: The Future of Global Landuse*. Nair PKR and Garrity DP (Eds.) Springer, Dordrecht
- van Noordwijk M, Lusiana B, Leimona B, Dewi S, Wulandari D (eds) 2013. *Negotiation-support toolkit for learning landscapes*. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. Bogor (Indonesia).
- van Noordwijk M, Tanika L, Lusiana B 2017. Flood risk reduction and flow buffering as ecosystem services–Part 2: Land use and rainfall intensity effects in Southeast Asia. *Hydrology and Earth System Sciences* 21(5), 2341-2360.
- van Noordwijk M, Duguma LA, Dewi S, Leimona B, Catacutan DC, Lusiana B, Öborn I, Hairiah K, Minang P, Ekadinata A, Martini E. 2019a. Agroforestry into its fifth decade: local responses to global challenges and goals in the Anthropocene. In: *Sustainable Development through Trees on Farms: Agroforestry in Its Fifth Decade*; van Noordwijk M (Ed.) pp 397-418. World Agroforestry (ICRAF), Nairobi.
- van Noordwijk M, Hairiah K, Lasco R, Tata HL 2019b. How can agroforestry be part of disaster risk management. In: *Sustainable Development through Trees on Farms: Agro-forestry in Its Fifth Decade*; Van Noordwijk M (Ed.). World Agroforestry (ICRAF), Nairobi (Kenya). pp 251-68.
- van Noordwijk M, Gitz V, Minang PA, Dewi S, Leimona B, Pingault N, Duguma LA, Meybeck A 2020a. People-centric nature-based land restoration through agroforestry: a typology. *Land* 9(251): 1-29
- van Noordwijk M, Ekadinata A, Leimona B, Catacutan D, Martini E, Tata HL, Öborn I, Hairiah K, Wangpakapattanawong P, Mulia R, Dewi S 2020b. *Agroforestry options for degraded landscapes in Southeast Asia. Agroforestry for Degraded Landscapes: Recent Advances and Emerging Challenges* Springer. pp 307-47.
- van Noordwijk M, Speelman E, Hofstede GJ, Farida A, Abdurrahim AY, Miccolis A, Hakim AL, Wamucii CN, Lagneaux E, Andreotti F, Kimbowa G et al. 2020c. Sustainable agroforestry landscape management: Changing the game. *Land* 9(8):243.
- van Noordwijk M, Coe R, Sinclair FL, Luedeling E, Bayala J, Muthuri CW, Cooper P, Kindt R, Duguma L, Lamanna C, Minang PA 2021a. Climate change adaptation in and through agroforestry: four decades of research initiated by Peter Huxley. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2021, 26(5):18.
- van Noordwijk M, Martini E, Gusli S, Roshetko J, Leimona B, Nguyen MP 2021b. Cocoa and coffee in Asia: contrasts and similarities in production and value addition. In: *Tree Commodities and Resilient Green Economies in Africa*. Minang PA, Duguma LA, van Noordwijk M (Eds). World Agroforestry (ICRAF), Nairobi, Kenya.
- van Noordwijk M, van Oel P, Muthuri C, Satnarain U, Sari RR, Rosero P, Githinji M, Tanika L, Best L, Assogba GG, Kimbowa G et al 2022. Mimicking nature to reduce agricultural impact on water cycles: A set of mimetrics. *Outlook on Agriculture* 51(1):114-28
- van Noordwijk M, Agus F, Suprayogo D, Hairiah K, Pasya G, Verbist B, dan Farida. 2014.

- Peranan agroforestri dalam mempertahankan fungsi hidrologi daerah aliran sungai (DAS). *Jurnal AGRIVITA*, (26): 1.
- van Noordwijk M. 2019. Integrated natural resource management as pathway to poverty reduction: Innovating practices, institutions and policies. *Agricultural Systems*, 172, 60–71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.10.008>.
- van Noordwijk M. 2019. Sustainable development through trees on farms: Agroforestry in its fifth decade. *World Agroforestry (ICRAF)*. Bogor, Indonesia.
- van Noordwijk M. 2021. Agroforestry-Based Ecosystem Services: Reconciling Values of Humans and Nature in Sustainable Development. *Land* 10.
- Verbist B, Poesen J, van Noordwijk M, Widiyanto, Suprayogo D, Agus F, Deckers J 2010. Factors affecting soil loss at plot scale and sediment yield at catchment scale in a tropical volcanic agroforestry landscape. *Catena* 80(1), 34–46. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.08.007>
- West S, Haider LJ, Stålhammar S, Woroniecki S 2020. A relational turn for sustainability science? Relational thinking, leverage points and transformations. *Ecosyst People* 16(1): 304–325.
- Widiadi P. 2020. Gunung Kawi. Available at: <https://bacamalang.com/gunung-kawi/>. (Diakses pada 11 November 2022, pukul 20.37 WIB)
- Widiyanto E. 2019. Kisah di Balik Pesugihan Gunung Kawi. *Terakota.id*. <https://www.terakota.id/kisah-di-balik-pesugihan-gunung-kawi/>. (Diakses pada 16 November 2022, pukul 20.22 WIB)
- Widiyanto E. 2020. Malang Surga Perkebunan Kopi pada Masa Hindia Belanda. *terakota.id*.
- Widiyanto E. 2021. Pertanian Berkelanjutan Tingkatkan Produktivitas Kopi Petani di Malang. *Mongabay*. <https://www.mongabay.co.id/2021/07/20/pertanian-berkelanjutan-tingkatkan-produktivitas-kopi-petani-di-malang/>. (Diakses pada 20 November 2022, pukul 09.50 WIB)
- Widiyanto K H, Suharjo D, & Sardjono M A. 2003. Fungsi dan peran agroforestri. *World Agroforestry Center (ICRAF SE Asia)*. Bogor. Indonesia.
- Wijayanil A, Ardhanariswari KA, Probosari N 2022. Protection of Geographic Indications to Maintain The Quality of Robusta Coffee on The Slopes of MT. Arjuna, Welirang, and Bromo. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1018(1), p. 012018.
- Wiersum KF. 2006. in *Tropical Homegardens: A Time-Tested Example of Sustainable Agroforestry*, B. M. Kumar and P. K. R. Nair, Eds. Springer. Netherlands.
- Willemen L, Kenter JO, O'Connor S, van Noordwijk M. 2023. Nature living in, from, with, and as people: exploring a mirrored use of the Life Framework of Values. *Curr Opin Environ Sustain* 63 p101317.
- Wilson M & Lovell S. 2016. Agroforestry—The Next Step in Sustainable and Resilient Agriculture. *Sustainability*, 8(6), 574; doi:<https://doi.org/10.3390/su8060574> .
- Wirakusumah AD. 1991. Some Studies of Volcanology, Petrology and Structure of Mt.



- Kelut, East Java, Indonesia. Dissertation. Victoria University of Wellington.
- Wolkovich EM, Cook BI, Allen JM, Crimmins TM, Betancourt JL, Travers SE, Pau S, Regetz J, Davies TJ, Kraft NJB, Ault TR, Bolmgren K, Mazer SJ, McCabe GJ, McGill BJ, Parmesan C, Salamin N, Schwartz MD, Cleland EE. 2012. Warming experiments underpredict plant phenological responses to climate change. *Nature*, 485, 494-497.
- Wurianto AB. 2009. Aspek budaya pada upaya konservasi air dalam situs kepurbakalaan dan mitologi masyarakat Malang, IV
- Yuliani EL. 2022. Relational values of forests: Value-conflicts between local communities and external programmes in Sulawesi. *People and Nature*, n/a, <https://doi.org/10.1002/pan3.10389>.
- Yulistyarini T. 2013. Agroforestri kopi dan pengaruhnya terhadap layanan ekosistem di daerah resapan air krisik (Ngantang, Kabupaten Malang). Seminar Nasional Agroforestri, Yogyakarta.
- Zheng X, X Wei, and S Zhang. 2017. Tree species diversity and identity effects on soil properties in the Huoditang area of the Qinling Mountains, China. *Ecosphere*, 8(3). doi: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1732>.

# BIODATA PENULIS

---





Seri Katalog Agroforestri Nusantara (AFN), Volume 3

# ***AGROFORESTRI KHAS PEGUNUNGAN NUSANTARA : JENDELA JAWA TIMUR***

World Agroforestry (ICRAF)  
Indonesia Program

Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang,  
Bogor 16115 [PO Box 161 Bogor 16001] Indonesia;  
Tel: +(62) 251 8625 415; Fax: +(62) 251 8625416;  
Email: [icraf-indonesia@cifor-icraf.org](mailto:icraf-indonesia@cifor-icraf.org)  
[www.worldagroforestry.org/country/Indonesia](http://www.worldagroforestry.org/country/Indonesia)  
[www.worldagroforestry.org/agroforestry-world](http://www.worldagroforestry.org/agroforestry-world)

