



Penyempurnaan Analisis Ketidakpastian Rujukan Tingkat Emisi Hutan Indonesia 2016

Oswaldo Ismael Carrillo Negrete
Daniel Murdiyarso
Rupesh Bhomia

Working Paper 43

Penyempurnaan Analisis Ketidakpastian Rujukan Tingkat Emisi Hutan Indonesia 2016

Oswaldo Ismael Carrillo Negrete
Daniel Murdiyarso
Rupesh Bhomia

Working Paper 43

© 2025 CIFOR-ICRAF



Materi dalam publikasi ini berlisensi di bawah Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DOI: 10.17528/cifor-icraf/009348

Negrete OI, Murdiyarso D, Bhomia R. 2025. *Penyempurnaan Analisis Ketidakpastian Rujukan Tingkat Emisi Hutan Indonesia 2016*. Working Paper 43. Bogor, Indonesia: CIFOR; Nairobi, Kenya: ICRAF.

Terjemahan dari: Carrillo Negrete OI, Murdiyarso D, Bhomia R. 2024. *Improved uncertainties analysis of Indonesia's Forest Reference Emission Level 2016*. Working Paper 29. Bogor, Indonesia: CIFOR; Nairobi, Kenya: ICRAF.

CIFOR
Jl. CIFOR, Situ Gede
Bogor Barat 16115
Indonesia
T +62 (251) 8622622
F +62 (251) 8622100
E cifor@cifor-icraf.org

ICRAF
United Nations Avenue, Gigiri
PO Box 30677, Nairobi, 00100
Kenya
T +254 (20) 7224000
F +254 (20) 7224001
E worldagroforestry@cifor-icraf.org

cifor-icraf.org

Penggunaan istilah dan penyajian materi dalam publikasi ini tidak menunjukkan adanya pendapat dari pihak CIFOR-ICRAF, para mitra, dan lembaga donor; mengenai status hukum suatu negara, wilayah, kota, daerah atau mengenai wewenang, atau pemisahan batas-batasnya.

Daftar Isi

Daftar Singkatan	vi
Kata Pengantar	vii
Ringkasan	viii
1 Latar Belakang	1
2 Tujuan	2
3 Justifikasi	3
4 Metode	4
4.1 Input	4
4.2 Metode Untuk Menggabungkan Ketidakpastian	18
5 Hasil	23
5.1 Pendekatan IPCC 1: Pendekatan Penyebaran Kesalahan (PEA)	23
5.2 Pendekatan IPCC 2: Simulasi Monte Carlo	23
6 Analisis hasil	44
6.1 Analisis Komparatif Emisi Dari Deforestasi Dan Ketidakpastian Terkait	44
6.2 Analisis Perbandingan Emisi Dari Degradasi Dan Ketidakpastian Terkait	46
6.3 Analisis Komparatif Emisi Dari Dekomposisi Gambut Dan Ketidakpastian Terkait	49
6.4 Analisis Komparatif Total Emisi Dan Ketidakpastian Terkait	51
7 Peningkatan Ketidakpastian <i>Baseline</i>/Dasar FREL	53
7.1 Ketidakpastian <i>Baseline</i>	53
7.2 Analisis Ketidakpastian <i>Baseline</i>	53
8 Kesimpulan	56
9 Rekomendasi	57
Referensi	58

Daftar Gambar dan Tabel

Gambar

1	Ilustrasi MCS	20
2	Emisi historis akibat deforestasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS	25
3	Fungsi kerapatan emisi dari deforestasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012	27
4	Emisi historis dari degradasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS	27
5	Fungsi kerapatan emisi dari degradasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012	29
6	Emisi historis dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS	30
7	Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012	32
8	Total emisi historis dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS	32
9	Fungsi kerapatan total emisi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012	34
10	Emisi historis dari dekomposisi gambut akibat deforestasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS	36
11	Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut akibat deforestasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012	38
12	Emisi historis dari dekomposisi gambut akibat degradasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS	38
13	Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut akibat degradasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012	40
14	Emisi historis dari dekomposisi gambut akibat hutan sekunder dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS	41
15	Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut akibat hutan sekunder per periode: (a) 1990–1996 (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012	43
16	Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia	45
17	Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	46
18	Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia	46
19	Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	48
20	Emisi dari dekomposisi gambut yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	50
21	Total emisi yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	51
22	Fungsi kerapatan emisi total rata-rata tahun 1990–2012	53

Tabel

1	Data aktivitas (dan ketidakpastian terkait) dari deforestasi per pulau, jenis hutan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL– 2016 Indonesia yang disempurnakan	5
2	Data aktivitas (dan ketidakpastian terkait) dari degradasi per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL– 2016 Indonesia yang disempurnakan	7
3	Data aktivitas dari dekomposisi gambut karena deforestasi per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL– 2016 Indonesia (dalam hektar) yang disempurnakan	10
4	Data aktivitas dari dekomposisi gambut karena degradasi per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia (dalam hektar) yang disempurnakan	12

5	Data aktivitas dari dekomposisi gambut karena hutan sekunder per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	12
6	Faktor emisi (dan ketidakpastian terkait) dari deforestasi per pulau dan penutupan lahan, berdasarkan FREL–2016 Indonesia	13
7	Faktor emisi (dan ketidakpastian terkait) dari degradasi per pulau dan penutupan lahan, yang diambil dari FREL–2016 Indonesia	15
8	Faktor emisi (dan ketidakpastian terkait) dari dekomposisi gambut per transisi penutupan lahan, berdasarkan FREL–2016 Indonesia (dalam persentase)	17
9	Contoh propagasi kesalahan menggunakan persamaan IPCC 3.1 dan 3.2 untuk: (i) menggabungkan ketidakpastian data aktivitas dan faktor emisi dan (ii) menggabungkan ketidakpastian emisi pada tingkat subkategori	19
10	Estimasi ketidakpastian emisi dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan dengan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA	23
11	Estimasi emisi CO ₂ dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	24
12	Ketidakpastian yang diestimasi dari emisi akibat deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan dengan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS	24
13	Estimasi emisi CO ₂ dari dekomposisi gambut (akibat deforestasi, degradasi, dan hutan sekunder) untuk analisis FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	35
14	Ketidakpastian yang diestimasi dari emisi dekomposisi gambut (akibat deforestasi, degradasi, dan hutan sekunder) untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan dengan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS	35
15	Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia pada tingkat pulau	44
16	Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS) yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	45
17	Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL–2016	47
18	Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS) yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	48
19	Emisi dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia	49
20	Emisi dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	50
21	Total emisi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	51
22	<i>Baseline</i> (1990–2012) dan ketidakpastian terkait dari analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	53
23	Emisi, ketidakpastian emisi secara keseluruhan, ketidakpastian <i>baseline</i> dan <i>baseline</i> dari FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia	54
24	Emisi, ketidakpastian emisi secara keseluruhan, <i>baseline</i> , dan ketidakpastian <i>baseline</i> dari analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan	55

Daftar Singkatan

AD	<i>Activity Data</i> Data Aktivitas
CIFOR	<i>Center for International Forestry Research</i> Pusat Penelitian Kehutanan International
CO ₂ e	Karbon Dioksida Setara
EF	<i>Emission Factor</i> Faktor Emisi
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa
FREL	<i>Forest Reference Emission Level</i> Rujukan Tingkat Emisi Hutan
GRK	Gas Rumah Kaca
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim
ITPC	<i>International Tropical Peatlands Center</i> Pusat Gambut Tropis Internasional
LCT	<i>Land-Cover Transition</i> Transisi Penutupan Lahan
MCS	<i>Monte Carlo Simulation</i> Simulasi Monte Carlo
MoEF	<i>Ministry of Environment and Forestry</i> Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
MRV	<i>Monitoring, Reporting and Verification</i> Pemantauan, Pelaporan, dan Verifikasi
NDC	<i>Nationally Determined Contribution</i> Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional
NFI	<i>National Forest Inventory</i> Inventarisasi Hutan Nasional
NFMS	<i>National Forest Monitoring System</i> Sistem Pemantauan Hutan Nasional
PD	<i>Peat Decomposition</i> Dekomposisi Gambut
PDF	<i>Probability Density Function</i> Fungsi Kerapatan Peluang
PEA	<i>Propagation of Error Approach</i> Pendekatan Penyebaran Kesalahan
REDD	<i>Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation</i> Reduksi Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan
SLMS	<i>Satellite Land Monitoring System</i> Sistem Satelit Pemantauan Tanah
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim

Kata Pengantar

Menurut Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC), perkiraan ketidakpastian merupakan elemen penting untuk melengkapi inventarisasi gas rumah kaca (GRK). Analisis ketidakpastian juga merupakan bagian dari persyaratan pelaporan UNFCCC untuk inventarisasi GRK.

Ketidakpastian Rujukan Tingkat Emisi Hutan 2016 (*Forest Reference Emission Level 2016, FREL–2016*) Indonesia diperkirakan dengan menggunakan pendekatan propagasi kesalahan (*Propagation of Error Approach, PEA*). Lembar kerja ini disusun sebagai rekomendasi dan saran berbasis ilmiah untuk meningkatkan analisis ketidakpastian FREL–2016 dengan menggabungkan simulasi PEA dan Monte Carlo (MCS). Untuk memperkuat analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia, data aktivitas (*activity data, AD*) dan faktor emisi (*emission factor, EF*) (ketidakpastian terkait) dikumpulkan; dilanjutkan dengan standarisasi *database AD* dan EF, dan penerapan pengendalian mutu.

Kami berharap informasi dalam lembar kerja ini dapat bermanfaat bagi para pengambil kebijakan dan praktisi. Selain pernyataan di atas, para penulis juga menyertakan informasi lainnya dalam bentuk tabel dan gambar.

Bogor, Desember 2023

Oswaldo Ismael Carillo Negrete
Daniel Murdiyarso
Rupesh K. Bhomia

Ringkasan

Ketidakpastian Rujukan Tingkat Emisi Hutan 2016 (*Forest Reference Emission Level 2016, FREL–2016*) diperkirakan dengan menggunakan Pendekatan 1 (*Propagation of Error Approach* atau PEA) dari Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC). Pendekatan ini memenuhi syarat, jika ketidakpastiannya tidak besar. Namun, ketidakpastian faktor emisi (*Emission Factor, EF*) FREL–2016 Indonesia dari dekomposisi gambut dan degradasi hutan cukup besar. Dalam kasus seperti itu, Pendekatan 2 IPCC – Simulasi Monte Carlo (*Monte Carlo Simulation, MCS*) – lebih cocok untuk penilaian ketidakpastian secara rinci per kategori. Oleh karena itu, MCS lebih tepat untuk analisis ketidakpastian FREL–2016. Pendekatan ini menggabungkan ketidakpastian AD dan EF untuk memperkirakan ketidakpastian emisi keseluruhan per aktivitas dan periode. Ketidakpastian yang diperkirakan dengan menggunakan MCS lebih tinggi daripada yang dilaporkan dalam FREL–2016. Penerapan MCS yang tepat berupaya mengatasi bias ini.

Menindaklanjuti keputusan 12/CP.17, pedoman IPCC terkini mengharuskan adanya informasi FREL dan/atau Rujukan Tingkat Hutan. Pedoman ini harus mencakup informasi yang transparan, lengkap, konsisten, dan akurat. Akurasi merupakan salah satu fokus utama dalam upaya peningkatan FREL–2016 Indonesia. Untuk itu, pedoman ini bertujuan untuk menunjukkan peningkatan ketidakpastian sewaktu MCS diterapkan.

Untuk meningkatkan analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia, dilakukan penyusunan AD dan EF (ketidakpastian terkait); kemudian standarisasi data AD dan EF serta diterapkannya pengendalian mutu; dirancangnya metodologi untuk menggabungkan ketidakpastian dengan menggunakan MCS (mengikuti Pedoman IPCC 2006); dikembangkannya algoritma (kode dalam perangkat lunak statistik R); terakhir, estimasi emisi FREL–2016 dan ketidakpastian terkait dijalankan kembali dengan menggunakan basis data AD dan EF serta kode R.

Analisis tersebut menemukan:

- Ketika MCS digunakan, ketidakpastian emisi dari deforestasi di tingkat pulau memiliki nilai antara 20% dan 30%, lebih tinggi dari nilai 14% yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia. Hal ini menunjukkan perkiraan yang dicantumkan sebelumnya lebih rendah 1,5 hingga 2 kali lipat.
- Ketika MCS digunakan, ketidakpastian emisi dari degradasi di tingkat pulau memiliki nilai antara 20% dan 50%, lebih tinggi dari nilai 15%–20% yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia. Hal ini menunjukkan perkiraan yang dicantumkan sebelumnya lebih rendah setidaknya 2 kali lipat.
- Ketika MCS digunakan, ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut memiliki nilai antara 35% dan 83% dengan median 50%, lebih tinggi dari nilai 31%–36% (dengan median 36%) yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia. Hal ini menunjukkan perkiraan yang lebih rendah setidaknya 1,5 kali dalam empat periode pertama (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, dan 2003–2006).

Dengan menggunakan MCS, ketidakpastian emisi keseluruhan per periode memiliki nilai antara 13% dan 36%. Sementara itu, nilai yang dilaporkan dalam FREL–2016 berada di antara 8% dan 21%, yang menunjukkan perkiraan yang terlalu rendah. Di sisi lain, ketidakpastian FREL yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia memiliki nilai 16%. Dengan menggunakan MCS, ketidakpastian FREL memiliki nilai –9,1% dan +9,3. Hal ini berarti adanya perkiraan yang terlalu tinggi terhadap ketidakpastian FREL yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia.

Ada beberapa kasus di mana (i) ketidakpastian emisi tahunan dari dekomposisi gambut pada tingkat transisi besar dan distribusinya tidak normal, dan (ii) distribusi emisi tahunan dari degradasi pada tingkat transisi tidak normal. Oleh karena itu, akan lebih tepat untuk menggabungkan ketidakpastian FREL–2016 dengan menggunakan MCS daripada pendekatan IPCC 1.

Analisis yang disempurnakan ini juga menunjukkan bahwa ketidakpastian emisi akibat deforestasi, degradasi, dan dekomposisi gambut pada jenis hutan, pulau dan/atau periode secara keseluruhan lebih besar daripada nilai-nilai yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia. Hal ini terutama karena analisis ini menggunakan MCS dalam menggabungkan ketidakpastian, sementara PEA diterapkan dalam FREL–2016 Indonesia untuk menggabungkan ketidakpastian.

1 Latar Belakang

Dalam Kontribusi yang Ditetapkan secara Nasional (*Nationally Determined Contribution*, NDC), Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) tanpa syarat sebesar 26% pada 2020, dan sebesar 29% pada 2030 dibandingkan dengan skenario *business as usual*. Berdasarkan Laporan Pembaruan Dua Tahunan Indonesia Tahun 2016, Indonesia melaporkan bahwa 51,6% emisinya berasal dari sektor lahan (perubahan penggunaan lahan, degradasi, dan kebakaran hutan/gambut), dengan energi (pembakaran bahan bakar fosil) menyumbang sekitar 36,9% dari total emisi (KLHK 2018). Oleh karena itu, Reduksi Emisi dari Deforestasi, Degradasi Hutan, Peningkatan Cadangan Karbon, Pengelolaan Hutan Berkelanjutan dan Konservasi Karbon Hutan (REDD+) merupakan target utama NDC dari sektor penggunaan lahan. Rujukan Tingkat Emisi Hutan (*Forest Reference Emission Level*, FREL) untuk REDD+ yang disampaikan Indonesia kepada Sekretariat Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC) pada Januari 2016 (selanjutnya disebut “FREL–2016”) mencakup emisi dari deforestasi, degradasi hutan, dan dekomposisi gambut. FREL, yang ditetapkan dengan nilai 0,57 GtCO₂e yr⁻¹ dengan menggunakan referensi periode 1990–2012, merupakan tolok ukur untuk mengevaluasi kinerja REDD+ FREL terhadap emisi aktual selama periode implementasi tahun 2013–2020 (KLHK 2016).

Meskipun FREL Indonesia merupakan upaya awal yang patut dihargai, para pengkaji UNFCCC mengidentifikasi beberapa area yang perlu ditingkatkan secara teknis, antara lain disertakannya kebakaran lahan gambut, emisi non-CO₂, dan penyerapan setelah konversi/intervensi. FREL Indonesia memperhitungkan emisi CO₂ dari perubahan biomassa di atas tanah dan karbon tanah di lahan gambut akibat deforestasi dan degradasi hutan. Emisi dilaporkan pada tingkat Tier 2 dengan menggunakan data khusus negara. Selain faktor emisi (EF) yang telah diadopsi, Indonesia menggunakan dinamika tutupan lahan beresolusi tinggi, yang dikenal sebagai data aktivitas (AD) untuk kategori tutupan lahan yang paling penting dan spesifik untuk setiap negara.

Cadangan karbon terdiri dari lahan basah tropis seperti lahan gambut dan hutan mangrove. Akibatnya, area utama yang perlu ditingkatkan dalam FREL dan sistem pemantauan, pelaporan, dan verifikasi (*Monitoring, Reporting and Verification*, MRV) nasional adalah penyempurnaan penghitungan GRK di lahan basah ini. Emisi dari kebakaran lahan gambut, yang menyumbang 27% dari emisi nasional pada 2014 (Republik Indonesia 2017), harus dimasukkan dalam FREL. Emisi non-CO₂ tahunan dari lahan gambut yang dikeringkan dapat menjadi penting tergantung pada kategori penggunaan lahan, dan karenanya tidak boleh diabaikan. Menurut *IPCC Wetlands Supplement*, ekosistem hutan mangrove di Indonesia merupakan penyerap karbon yang penting. Oleh karena itu, FREL harus mempertimbangkan dinamika perubahan tata guna lahan (deforestasi, degradasi, regenerasi) dan emisi/penyerapan dalam biomassa dan juga dalam tanah.

Strategi yang diusulkan untuk peningkatan FREL dan pembaruan sistem MRV yang ada untuk lahan basah bertujuan untuk mengkaraktirasi dinamika hutan yang kurang terwakili, seperti kebakaran lahan gambut dan deforestasi, degradasi, dan regenerasi gambut. Ada kebutuhan untuk mengurangi ketidakpastian EF dan AD, termasuk GRK non-CO₂, dan untuk memperkuat pemantauan serapan. Hal ini harus sejalan dengan upaya untuk meningkatkan ambisi Indonesia untuk NDC sebagaimana yang ditetapkan dalam Perjanjian Paris.

2 Tujuan

Untuk meningkatkan dan menguji ulang ketidakpastian dalam FREL–2016 Indonesia. Revisi ketidakpastian *baseline* FREL akan bergantung pada *national communications* (NCs) dengan menggunakan AD dan EF dan ketidakpastian terkait yang diberikan oleh Pemerintah Indonesia.

3 Justifikasi

Lampiran keputusan 12/CP.17 menetapkan bahwa Pedoman IPCC terbaru (2006) diharapkan memberikan informasi yang ditetapkan dalam FREL dan mencakup informasi yang transparan, lengkap, konsisten, dan akurat, termasuk metodologi yang dipilih untuk menyiapkan laporan ini. Menurut IPCC (2006), estimasi emisi tidak boleh mengandung bias (menghindari konseptualisasi yang salah, moda input, dan asumsi) sejauh hal tersebut praktis dan memungkinkan. Setelah mengoreksi bias, analisis ketidakpastian harus difokuskan pada kuantifikasi kesalahan acak terkait estimasi rata-rata.

Setelah menentukan ketidakpastian dari berbagai sumber dengan benar, ketidakpastian tersebut dapat digabungkan untuk memperoleh ketidakpastian emisi. Menurut IPCC (2006), terdapat dua metode kombinasi: Metode 1 menggunakan persamaan pendekatan penyebaran kesalahan (*Propagation of Error Approach*, PEA), sedangkan Metode 2 menggunakan simulasi Monte Carlo (MCS). Metode terakhir cocok untuk penilaian dari ketidakpastian secara rinci untuk setiap kategori. Hal ini khususnya relevan dalam kasus-kasus dengan perkiraan ketidakpastian yang besar, distribusinya tidak normal, algoritmanya merupakan fungsi yang kompleks dan/atau terdapat korelasi antara beberapa rangkaian aktivitas, EF, atau keduanya. Selanjutnya, hal ini menjadi praktik yang baik untuk menggunakan Metode 2 sebagai pengganti Metode 1 (IPCC 2006).

Laporan ini bertujuan untuk pengujian ulang FREL–2016 dengan transparansi, akurasi, kelengkapan, dan perbandingan yang lebih tinggi untuk memastikan kepercayaan yang lebih tinggi pada sektor penggunaan lahan Indonesia di bawah NDC-nya untuk mendapatkan dukungan bersyarat yang potensial. Salah satu kegiatan dari strategi ini adalah untuk meningkatkan akurasi estimasi FREL–2016 melalui kombinasi ketidakpastian dengan menggunakan metode yang lebih akurat seperti MCS.

4 Metode

Peningkatan dan pengujian ulang ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang diajukan mengikuti beberapa langkah. Pertama, dikompilasi AD dan EF (ketidakpastian terkait) yang digunakan dalam estimasi analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan. Kedua, diterapkannya basis data AD dan EF yang distandarisasi dan kontrol mutu. Ketiga, dirancangnya pendekatan metodologis untuk menggabungkan ketidakpastian menggunakan MCS (mengikuti Pedoman IPCC 2006). Terakhir, algoritma (kode dalam perangkat lunak statistik R) dikembangkan dan diterapkan untuk meninjau ulang estimasi emisi FREL–2016 dan ketidakpastian terkait. Langkah-langkah ini disajikan secara rinci di bab 4.1 dan 4.2.

4.1 Input

4.1.1 Database Data Aktivitas

Tabel 1 dan 2 menyajikan AD dan ketidakpastian terkait per aktivitas (deforestasi, degradasi, dekomposisi gambut akibat deforestasi, dekomposisi gambut akibat degradasi, dan dekomposisi gambut akibat hutan sekunder) dan periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan.

Tidak ada data untuk memperoleh perkiraan ketidakpastian untuk informasi AD yang tersedia dalam Tabel 3 (dekomposisi akibat deforestasi), Tabel 4 (dekomposisi akibat degradasi), dan Tabel 5 (dekomposisi akibat hutan sekunder).

Tabel 1 Data aktivitas (dan ketidakpastian terkait) dari deforestasi per pulau, jenis hutan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Pulau	Kode	Tipe Hutan	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
			AD	U												
SUMATRA	2001	Hutan lahan kering primer	218	24	12.427	33	862	30	4.502	30	8.063	28	7.871	25	7.300	28
	2002	Hutan lahan kering sekunder	427.906	24	2.132.848	33	162.499	30	291.180	30	775.125	28	185.085	25	206.338	28
	2005	Hutan rawa primer	9.906	24	129.460	33	16	30	3.806	30	99.109	28	10.994	25	5.855	28
	20051	Hutan rawa sekunder	823.209	24	1.535.223	33	206.079	30	647.190	30	664.746	28	298.350	25	141.812	28
	2004	Hutan mangrove primer	198	24	2.666	33			256	30	1.212	28	108	25	710	28
	20041	Hutan mangrove sekunder	7.766	24	54.932	33	10.870	30	10.263	30	25.192	28	4.020	25	5.916	28
KALIMANTAN	2001	Hutan lahan kering primer	38.885	24	140.128	33	465	30	5.496	30	3.051	28	554	25	6.968	28
	2002	Hutan lahan kering sekunder	1.170.928	24	1.440.058	33	388.456	30	557.503	30	598.708	28			198.472	28
	2005	Hutan rawa primer	37.520	24	35.130	33	14	30	849	30	7.073	28	10.994	25	940	28
	20051	Hutan rawa sekunder	1.216.014	24	44.9270	33	227.236	30	311.268	30	410006	28	298.350	25	79.719	28
	2004	Hutan mangrove primer	0	24	17.874	33	2.705	30	1.373	30	483	28	108	25	159	28
	20041	Hutan mangrove sekunder	65.546	24	8.345	33	51.515	30	85.583	30	22.298	28	4.020	25	8.781	28
PAPUA	2001	Hutan lahan kering primer	263	24	301.517	33	2.543	30	46.430	30	17.483	28	14.347	25	9.704	28
	2002	Hutan lahan kering sekunder			338.032	33	34.067	30	158.537	30	71.260	28	11.309	25	22.871	28
	2005	Hutan rawa primer			186.292	33	590	30	3.497	30	13.293	28	5.079	25	1.598	28
	20051	Hutan rawa sekunder			320.213	33	43.840	30	45.055	30	12.397	28	702	25	8.308	28
	2004	Hutan mangrove primer	214	24	38.115	33			33	30	93	28	88	25	209	28
	20041	Hutan mangrove sekunder			34.696	33	2.663	30	8.215	30	793	28	344	25	287	28
SULAWESI	2001	Hutan lahan kering primer	849	24	186.956	33	5.390	30	13.508	30	4327	28	18.985	25	1.888	28
	2002	Hutan lahan kering sekunder	21680	24	777.265	33	202.451	30	257.310	30	121.439	28	55.046	25	17.584	28
	2005	Hutan rawa primer			6.148	33										28
	20051	Hutan rawa sekunder	3724	24	31.199	33	401	30	1.809	30	11.239	28	105	25	65	28
	2004	Hutan mangrove primer	10	24	8.809	33	59	30	75	30	186	28	116	25		28
	20041	Hutan mangrove sekunder	831	24	17.132	33	3.135	30	6.141	30	3.521	28	549	25	215	28

Berlanjut ke halaman berikutnya

Tabel 1 Lanjutan

Pulau	Kode	Tipe Hutan	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
			AD	U												
JAWA	2001	Hutan lahan kering primer			44.402	33	58	30	2.872	30	84	28	150	25		28
	2002	Hutan lahan kering sekunder	35	24	161.504	33	11.128	30	39.949	30	6.341	28	6.297	25	1.264	28
	2005	Hutan rawa primer			30	33										28
	20051	Hutan rawa sekunder														28
	2004	Hutan mangrove primer			1.498	33			6	30						28
	20041	Hutan mangrove sekunder			978	33	228	30	523	30	6.075	28	6	25		28
NUSA	2001	Hutan lahan kering primer			34.126	33	3838	30	1097	30	190	28	146	25	1.409	28
	2002	Hutan lahan kering sekunder	1552	24	17.8991	33	4156	30	32485	30	4.685	28	3.189	25	52.017	28
	2005	Hutan rawa primer							99	30						28
	20051	Hutan rawa sekunder			224	33			2	30						28
	2004	Hutan mangrove primer			579	33							152	25	1.541	28
	20041	Hutan mangrove sekunder			1.091	33	17	30	38	30			115	25	3	28
MALUKU	2001	Hutan lahan kering primer			41.616	33	38	30	36	30	309	28	1.732	25	10	28
	2002	Hutan lahan kering sekunder	0	24	321.931	33	26015	30	28339	30	25.406	28	21.953	25	6.573	28
	2005	Hutan rawa primer			2.400	33										28
	20051	Hutan rawa sekunder			18.411	33					50	28	1.021	25		28
	2004	Hutan mangrove primer			219	33	18	30	13	30	188	28	1	25	105	28
	20041	Hutan mangrove sekunder			529	33	23	30	170	30	48	28	22	25	0	28

AD = Data aktivitas (*activity data*) dalam hektare U = Ketidakpastian dalam persen

Tabel 2 Data aktivitas (dan ketidakpastian terkait) dari degradasi per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL– 2016 Indonesia yang disempurnakan

Pulau	Kode t1	Kode t2	Hutan Primer Tipe t1	Hutan Sekunder Tipe t2	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012		
					AD	U													
SUMATRA	2001	2002	Lahan Kering	Lahan Kering	796	19	362.070	24	147	22	10.520	24	3.595	21	24.472	20	26	24	
		20041		Rawa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20051		Mangrove	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2005	2002	Rawa	Lahan Kering	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20041		Rawa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20051		Mangrove	21.580	19	990	24	3.506	22	19.531	24	38.422	21	18.045	20	2.320	24	
	2004	2002	Mangrove	Lahan Kering	-	-	80	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20041		Rawa	10.836	19	9.261	24	181	22	503	24	28.044	21	248	20	-	-	-
		20051		Mangrove	-	-	104	24	-	-	-	-	-	-	2.672	20	-	-	-
KALIMANTAN	2001	2002	Lahan Kering	Lahan Kering	227.463	19	1.093.551	24	801.687	22	373.224	24	67.601	21	17.713	20	10.210	24	
		20041		Rawa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20051		Mangrove	4.348	19	1.339	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2005	2002	Rawa	Lahan Kering	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20041		Rawa	5.963	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20051		Mangrove	16.082	19	1.480	24	2.860	22	7.129	24	747	21	305	20	-	-	-
	2004	2002	Mangrove	Lahan Kering	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20041		Rawa	72	19	5	24	5.522	22	8.304	24	1.840	21	-	-	-	-	
		20051		Mangrove	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Berlanjut ke halaman berikutnya

Tabel 2 Lanjutan

Pulau	Kode t1	Kode t2	Hutan Primer Tipe t1	Hutan Sekunder Tipe t2	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
					AD	U	AD	U	AD	U	AD	U	AD	U	AD	U	AD	U
PAPUA	2001	2002	Lahan Kering	Lahan Kering		1.526.772	24	698.916	22	523.468	24	832.207	21	38.524	20	1.007	24	
		20041		Rawa		373	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20051		Mangrove		15.150	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2005	2002	Rawa	Lahan Kering		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20041		Rawa		-	-	104	24	-	-	-	-	-	-	-	-	
		20051		Mangrove		2.062	24	101.644	22	159.246	24	151.224	21	23.344	20	514.724		
	2004	2002	Mangrove	Lahan Kering		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20041		Rawa		78	24	8.605	22	13.453	24	8.542	21	305	20			
		20051		Mangrove		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULAWESI	2001	2002	Lahan Kering	Lahan Kering	97.950	19	1.897.146	24	403.464	22	829.066	24	95.649	21	186.689	20	1.046.224	
		20041		Rawa														
		20051		Mangrove														
	2005	2002	Rawa	Lahan Kering														
		20041		Rawa														
		20051		Mangrove														
	2004	2002	Mangrove	Lahan Kering		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20041		Rawa		420	19	409	24	2.972	22	2.674	24	1.790	21	92	20	
		20051		Mangrove		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JAWA	2001	2002	Lahan Kering	Lahan Kering		28.450	24	710	22	28.279	24	265.950	21					
		20041		Rawa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		20051		Mangrove		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2005	2002	Rawa	Lahan Kering														
		20041		Rawa														
		20051		Mangrove														

Berlanjut ke halaman berikutnya

Tabel 2 Lanjutan

Pulau	Kode t1	Kode t2	Hutan Primer Tipe t1	Hutan Sekunder Tipe t2	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012			
					AD	U	AD	U	AD	U	AD	U	AD	U	AD	U	AD	U		
NUSA	2004	2002	Mangrove	Lahan Kering																
		20041		Rawa																
		20051		Mangrove																
	2001	2002	Lahan Kering	Lahan Kering					-				-							
		20041		Rawa			64	22			922	21								
		20051		Mangrove			-				-									
	2005	2002	Rawa	Lahan Kering			274.638	24	3.295	22	3.369	24	59.426	21	2.107	20	1.437.924			
		20041		Rawa			-		-		-		-		-		-			
		20051		Mangrove			-		-		-		-		-		-			
2004	2002	Mangrove	Lahan Kering																	
	20041		Rawa	82	19			256	22			26	21			61.824				
	20051		Mangrove	-		-		-		-		-		-		-				
MALUKU	2001	2002	Lahan Kering	Lahan Kering			219.109	24	11.830	22	10.359	24	56	21	7.375	20	0			
		20041		Rawa			-		-		-		-		-		-		0	
		20051		Mangrove			-		-		-		-		-		-		-	
	2005	2002	Rawa	Lahan Kering																
		20041		Rawa																
		20051		Mangrove																
	2004	2002	Mangrove	Lahan Kering			-		-		170.022	24	-		-		0			
		20041		Rawa					70	24			11	24	5.150	21	85	20	0	
		20051		Mangrove			-		-		-		-		-		-		-	

AD = Data aktivitas (*Activity data*) dalam hektare U = Ketidakpastian dalam persen t1 = waktu 1 t2 = waktu 2

Tabel 3 Data aktivitas dari dekomposisi gambut karena deforestasi per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia (dalam hektare) yang disempurnakan

Periode	LC	2006	2007	2010	2012	2014	2500	3000	5001	20071	20091	20092	20093	20094	20121	20122	20141	50011
1990–1996	2001		2.400	39		98				811		61						
	2002	3.938	10.823	1.029		2.363				74.073	306	6.905	17.375					17.159
	2004									21								
	2005	4.447	143	208		3.168				16.328	663	3	2					19
	20041			95		27			2	25.109	5		29					
	20051	19.260	15.056	129.489	3.434	57.226		11	63	362.270	25.661	43.013	21.914		47			79.365
1996–2000	2001		7.351	977	11	268			2	10.220	148	3.515						2.460
	2002	3.287	21.707	39.916	529	10.433		2.394	364	5.012	5.517	4.402			669	25	112	
	2004		594			205			124	1.721	5	5		1				25
	2005		2.707	14.771	292	1.363	638	2.359	111	102.649	500	757					4	17.594
	20041		274			106				292		19		20				
	20051	8.665	26.057	284.534	1.009	100.552	1.753	35.218	143	806.672	14.534	20.932	5.573	1.101			401	36.527
2000–2003	2001		338									256						
	2002	81	5.275	1.451	4	1.646				123	30	1.171					336	
	2004									1								
	2005									454								
	20041					44				1.431								
	20051	1.004	217	9.192		59.531		141		132.184	106	1.548	249					2.877
2003–2006	2001		301						10		7	350						
	2002	83	6.878	2.252		2.359	10				370	1.462					77	
	2004																	
	2005					820				5.713		7					6	
	20041			246						5.943	5		36					
	20051	29.434	1.249	46.390		148.774				322.963	572	1.804	77				72	919

Berlanjut ke halaman berikutnya

Tabel 3 Lanjutan

Periode	LC	2006	2007	2010	2012	2014	2500	3000	5001	20071	20091	20092	20093	20094	20121	20122	20141	50011
2006–2009	2001			30							18	40						
	2002	105	12.381	1.456	13	3.345				75	202	4.765						
	2004					52												
	2005	3.084	494	48.806		5.357				33.508		42						
	20041			520		25				781	20							
	20051	74.609	162	102.505		76.484				403.329	12.298	13.274	891	8			196	1.953
2009–2011	2001											229						
	2002		2.017	30		697					18	2.674					39	
	2004					213												
	2005	773	439	552						1.965								
	20041	23								1.031								
	20051	41.395	17	22.532						119.570	777	5.257				81		303
2011–2012	2001			581	9													
	2002		1.140	331	80					5	99	42				196		
	2004					12							25					
	2005	280								22						91		
	20041									309	39	243	1			49		
	20051	19.266	887	19.484				3		62.712	548	185	120			75		130

Catatan: LC = Land Cover/Tutupan Lahan

Tabel 4 Data aktivitas dari dekomposisi gambut karena degradasi per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia (dalam hektare) yang disempurnakan

Periode	LC	2002 (ha)	20041 (ha)	20051 (ha)
1990–1996	2001	285		1.297
	2004			
	2005		733	32.507
1996–2000	2001	84.571	109	5.036
	2004		313	
	2005			1.826
2000–2003	2001	16.083		
	2004		823	
	2005			20.569
2003–2006	2001	31.447		
	2004		436	
	2005			50.853
2006–2009	2001	14.533		
	2004		3.456	
	2005			64.041
2009–2011	2001	535		
	2004		254	
	2005			20.737
2011–2012	2001			
	2004			
	2005			2.938

Catatan: LC = *Land Cover*/Tutupan Lahan

Tabel 5 Data aktivitas dari dekomposisi gambut karena hutan sekunder per pulau, transisi penutupan lahan, dan periode yang digunakan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Periode	LC	2002 (ha)	20041 (ha)	20051 (ha)
1990–1996	2002	315.569		
	20041		95.049	
	20051			6.430.829
1996–2000	2002	221.466		
	20041		95.249	
	20051			5.120.928
2000–2003	2002	295.936		
	20041		94.388	
	20051			4.928.048
2003–2006	2002	298.532		
	20041		89.018	
	20051			4.515.161
2006–2009	2002	293.880		
	20041		88.140	
	20051			3.883.756

Berlanjut ke halaman berikutnya

Tabel 5 Lanjutan

Periode	LC	2002 (ha)	20041 (ha)	20051 (ha)
2009–2011	2002	302.937		
	20041		90.488	
	20051			3.680.310
2011–2012	2002	306.235		
	20041		90.106	
	20051			3.564.731

Catatan: LC = *Land Cover*/Tutupan Lahan

4.1.2 Database *Faktor Emisi*

Tabel 6, 7, dan 8 menyajikan EF (dan ketidakpastian terkait) per aktivitas (deforestasi, degradasi, dekomposisi gambut) yang digunakan dalam laporan ini, berdasarkan FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia.

Tabel 6 Faktor emisi (dan ketidakpastian terkait) dari deforestasi per pulau dan penutupan lahan, berdasarkan FREL–2016 Indonesia

Pulau	Kode	Tipe Hutan	*Rata-rata AGB (Mg ha ⁻¹)	Jumlah plot	U_EF (%)	EF (t CO ₂ ha ⁻¹)	U_EF (%)
SUMATRA	2001	Hutan lahan kering primer	269	92	8	463	8
	2002	Hutan lahan kering sekunder	182	265	6	314	6
	2005	Hutan rawa primer	221	22	21	381	21
	20051	Hutan rawa sekunder	151	160	7	261	7
	2004	Hutan mangrove primer	264	8	21	455	21
	20041	Hutan mangrove sekunder	202	12	21	348	21
KALIMANTAN	2001	Hutan lahan kering primer	269	333	4	465	4
	2002	Hutan lahan kering sekunder	203	608	3	351	3
	2005	Hutan rawa primer	275	3	2	474	2
	20051	Hutan rawa sekunder	171	166	7	294	7
	2004	Hutan mangrove primer	264	8	21	455	21
	20041	Hutan mangrove sekunder	202	12	21	348	21
PAPUA	2001	Hutan lahan kering primer	239	162	5	412	5
	2002	Hutan lahan kering sekunder	180	60	12	311	12
	2005	Hutan rawa primer	179	67	10	308	10
	20051	Hutan rawa sekunder	146	16	27	251	27
	2004	Hutan mangrove primer	264	8	21	455	21
	20041	Hutan mangrove sekunder	202	12	21	348	21
SULAWESI	2001	Hutan lahan kering primer	275	221	5	475	5
	2002	Hutan lahan kering sekunder	207	197	6	356	6
	2005	Hutan rawa primer	214	3	21	370	21
	20051	Hutan rawa sekunder	128	12	42	221	42
	2004	Hutan mangrove primer	264	8	21	455	21
	20041	Hutan mangrove sekunder	202	12	21	348	21

Berlanjut ke halaman berikutnya

Tabel 6 Lanjutan

Pulau	Kode	Tipe Hutan	*Rata-rata AGB (Mg ha ⁻¹)	Jumlah plot	U_EF (%)	EF (t CO ₂ ha ⁻¹)	U_EF (%)
JAVA	2001	Hutan lahan kering primer	-	-	-	-	-
	2002	Hutan lahan kering sekunder	171	1	-	294	-
	2005	Hutan rawa primer	-	-	-	-	-
	20051	Hutan rawa sekunder	-	-	-	-	-
	2004	Hutan mangrove primer	-	-	-	-	-
	20041	Hutan mangrove sekunder	-	-	-	-	-
NUSA	2001	Hutan lahan kering primer	274	52	10	473	10
	2002	Hutan lahan kering sekunder	163	69	14	281	14
	2005	Hutan rawa primer	-	-	-	-	-
	20051	Hutan rawa sekunder	-	-	-	-	-
	2004	Hutan mangrove primer	264	8	21	455	21
	20041	Hutan mangrove sekunder	202	12	21	348	21
MALUKU	2001	Hutan lahan kering primer	301	14	27	520	27
	2002	Hutan lahan kering sekunder	222	99	8	383	8
	2005	Hutan rawa primer	-	-	-	-	-
	20051	Hutan rawa sekunder	-	-	-	-	-
	2004	Hutan mangrove primer	264	8	21	455	21
	20041	Hutan mangrove sekunder	202	12	21	348	21

*Nilai rata-rata AGB (Mg ha⁻¹) diperoleh dengan mengkonversi AGB menjadi C dalam Mg ha⁻¹ dengan mengalikannya dengan 0,47 sebagai faktor konversi. Biomassa dikonversi menjadi CO₂eq dengan mengalikannya dengan 44/12.

Sumber: KLHK 2016

Tabel 7 Faktor emisi (dan ketidakpastian terkait) dari degradasi per pulau dan penutupan lahan, yang diambil dari FREL-2016 Indonesia

Pulau	Kode t1	Kode t2	Hutan Primer Tipe t1	Hutan Sekunder Tipe t2	Rata-rata AGB-t1 (Mg ha ⁻¹)	U_EF (%)	*Rata-rata AGB-t2 (Mg ha ⁻¹)	U_EF (%)	EF (tCO ₂ ha ⁻¹)	U_EF (%)
SUMATRA		2002		Hutan Lahan Kering	269	8	182	6	149	28
	2001	20041	Hutan Lahan Kering	Hutan Rawa	269	8	151	7	202	21
		20051		Hutan Mangrove	269	8	202	21	115	71
		2002		Hutan Lahan Kering	221	21	182	6	67	122
	2005	20041	Hutan Rawa	Hutan Rawa	221	21	151	7	120	68
		20051		Hutan Mangrove	221	21	202	21	33	328
		2002		Hutan Lahan Kering	264	21	182	6	141	68
	2004	20041	Hutan Mangrove	Hutan Rawa	264	21	151	7	194	50
		20051		Hutan Mangrove	264	21	202	21	107	111
KALIMANTAN		2002		Hutan Lahan Kering	269	4	203	3	114	20
	2001	20041	Hutan Lahan Kering	Hutan Rawa	269	4	171	7	171	17
		20051		Hutan Mangrove	269	4	202	21	117	65
		2002		Hutan Lahan Kering	275	2	203	3	123	13
	2005	20041	Hutan Rawa	Hutan Rawa	275	2	171	7	180	13
		20051		Hutan Mangrove	275	2	202	21	126	59
		2002		Hutan Lahan Kering	264	21	203	3	105	91
	2004	20041	Hutan Mangrove	Hutan Rawa	264	21	171	7	161	60
		20051		Hutan Mangrove	264	21	202	21	107	111
PAPUA		2002		Hutan Lahan Kering	239	5	180	12	101	42
	2001	20041	Hutan Lahan Kering	Hutan Rawa	239	5	146	27	161	44
		20051		Hutan Mangrove	239	5	202	21	64	117
		2002		Hutan Lahan Kering	179	10	180	12	-3	1,805
	2005	20041	Hutan Rawa	Hutan Rawa	179	10	146	27	57	131
		20051		Hutan Mangrove	179	10	202	21	-40	202
		2002		Hutan Lahan Kering	264	21	180	12	144	71
	2004	20041	Hutan Mangrove	Hutan Rawa	264	21	146	27	204	57
		20051		Hutan Mangrove	264	21	202	21	107	111
SULAWESI		2002		Hutan Lahan Kering	275	5	207	6	119	26
	2001	20041	Hutan Lahan Kering	Hutan Rawa	275	5	128	42	253	38
		20051		Hutan Mangrove	275	5	202	21	127	60
		2002		Hutan Lahan Kering	214	21	207	6	14	587
	2005	20041	Hutan Rawa	Hutan Rawa	214	21	128	42	149	81
		20051		Hutan Mangrove	214	21	202	21	22	486
		2002		Hutan Lahan Kering	264	21	207	6	99	98
	2004	20041	Hutan Mangrove	Hutan Rawa	264	21	128	42	234	57
		20051		Hutan Mangrove	264	21	202	21	107	111

Berlanjut ke halaman berikutnya

Tabel 7 Lanjutan

Pulau	Kode t1	Kode t2	Hutan Primer Tipe t1	Hutan Sekunder Tipe t2	Rata-rata AGB-t1 (Mg ha ⁻¹)	U_EF (%)	*Rata-rata AGB-t2 (Mg ha ⁻¹)	U_EF (%)	EF (tCO ₂ ha ⁻¹)	U_EF (%)
JAWA		2002		Hutan Lahan Kering	-	-	-	-	-	-
	2001	20041	Hutan Lahan Kering	Hutan Rawa	-	-	-	-	-	-
		20051		Hutan Mangrove	-	-	-	-	-	-
		2002		Hutan Lahan Kering	-	-	-	-	-	-
	2005	20041	Hutan Rawa	Hutan Rawa	-	-	-	-	-	-
		20051		Hutan Mangrove	-	-	-	-	-	-
		2002		Hutan Lahan Kering	-	-	-	-	-	-
	2004	20041	Hutan Mangrove	Hutan Rawa	-	-	-	-	-	-
		20051		Hutan Mangrove	-	-	-	-	-	-
NUSA		2002		Hutan Lahan Kering	274	10	163	14	193	31
	2001	20041	Hutan Lahan Kering	Hutan Rawa	274	10	-	-	473	10
		20051		Hutan Mangrove	274	10	202	21	125	69
		2002		Hutan Lahan Kering	-	-	-	-	-	-
	2005	20041	Hutan Rawa	Hutan Rawa	-	-	-	-	-	-
		20051		Hutan Mangrove	-	-	-	-	-	-
		2002		Hutan Lahan Kering	264	21	163	14	175	58
	2004	20041	Hutan Mangrove	Hutan Rawa	264	21	-	-	455	21
		20051		Hutan Mangrove	264	21	202	21	107	111
MALUKU		2002		Hutan Lahan Kering	301	27	222	8	137	105
	2001	20041	Hutan Lahan Kering	Hutan Rawa	301	27	-	-	520	27
		20051		Hutan Mangrove	301	27	202	21	172	92
		2002		Hutan Lahan Kering	-	-	-	-	-	-
	2005	20041	Hutan Rawa	Hutan Rawa	-	-	-	-	-	-
		20051		Hutan Mangrove	-	-	-	-	-	-
		2002		Hutan Lahan Kering	264	21	222	8	72	138
	2004	20041	Hutan Mangrove	Hutan Rawa	264	21	-	-	455	21
		20051		Hutan Mangrove	264	21	202	21	107	111

*Nilai rata-rata AGB (Mg ha⁻¹) diperoleh dengan mengkonversi AGB menjadi C dalam Mg ha⁻¹ dengan mengalikannya dengan 0,47 sebagai faktor konversi. Biomassa dikonversi menjadi CO₂eq dengan mengalikannya dengan 44/12.

Catatan: LC = Land Cover/Tutupan Lahan

Sumber: KLHK 2016

Tabel 8 Faktor emisi (dan ketidakpastian terkait) dari dekomposisi gambut per transisi penutupan lahan, berdasarkan FREL–2016 Indonesia (dalam persentase)

LC	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2010	2012	2014	2500	3000	5001	20041	20051	20071	20091	20092	20093	20094	20121	20122	20141	50011
2001	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-
2002	10	19	10	10	46	19	30	27	35	10	27	10	19	19	19	35	35	27	10	10	35	35	10
2004	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-
2005	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-
2006	37	46	37	37	73	46	57	54	62	37	54	37	46	46	46	62	62	54	37	37	62	62	37
2007	10	19	10	10	46	19	30	27	35	10	27	10	19	19	19	35	35	27	10	10	35	35	10
2010	20	30	20	20	57	30	40	38	46	20	38	20	30	30	30	46	46	37	20	20	46	46	20
2012	18	27	18	18	54	27	38	35	43	18	35	18	27	27	27	43	43	35	18	18	43	43	18
2014	26	35	26	26	62	35	46	43	51	26	43	26	35	35	35	51	51	43	26	26	51	51	26
2500	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-
3000	18	27	18	18	54	27	38	35	43	18	35	18	27	27	27	43	43	35	18	18	43	43	18
5001	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-
20041	10	19	10	10	46	19	30	27	35	10	27	10	19	19	19	35	35	27	10	10	35	35	10
20051	10	19	10	10	46	19	30	27	35	10	27	10	19	19	19	35	35	27	10	10	35	35	10
20071	10	19	10	10	46	19	30	27	35	10	27	10	19	19	19	35	35	27	10	10	35	35	10
20091	26	35	26	26	62	35	46	43	51	26	43	26	35	35	35	51	51	43	26	26	51	51	26
20092	26	35	26	26	62	35	46	43	51	26	43	26	35	35	35	51	51	43	26	26	51	51	26
20093	17	27	17	17	54	27	37	35	43	17	35	17	27	27	27	43	43	34	17	17	43	43	17
20094	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-
20121	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-
20122	26	35	26	26	62	35	46	43	51	26	43	26	35	35	35	51	51	43	26	26	51	51	26
20141	26	35	26	26	62	35	46	43	51	26	43	26	35	35	35	51	51	43	26	26	51	51	26
50011	-	10	-	-	37	10	20	18	26	-	18	-	10	10	10	26	26	17	-	-	26	26	-

Sumber: KLHK 2016

Catatan: LC = *Land Cover*/Tutupan Lahan

4.2 Metode untuk Menggabungkan Ketidakpastian

Dokumen ini melaporkan estimasi *baseline* dengan menggunakan MCS. Meskipun demikian, menurut IPCC (2006), ketika Pendekatan 2 (MCS) dipilih, institusi juga didorong untuk menerapkan Pendekatan 1 (PEA) karena wawasan yang diberikan pendekatan 1 dapat digunakan untuk inventarisasi penjaminan mutu/pengendalian mutu (QA/QC). Karena itu, bagian ini menunjukkan metode yang digunakan untuk Pendekatan 1 (4.2.1) dan Pendekatan 2 (4.2.2).

4.2.1 Pendekatan 1 IPCC: Propagasi Kesalahan

Menurut IPCC (2006), Pendekatan 1 didasarkan pada propagasi kesalahan untuk memperkirakan ketidakpastian dalam kategori individual dalam inventarisasi secara keseluruhan. Dalam Pendekatan 1, ketidakpastian emisi atau penyerapan dapat disebarkan dari ketidakpastian AD dan EF melalui persamaan propagasi kesalahan. Secara teori, pendekatan ini juga mensyaratkan deviasi standar dibagi dengan nilai rata-rata agar kurang dari 0,3. Namun, dalam praktiknya, pendekatan ini akan memberikan hasil yang informatif, bahkan ketika kriteria ini tidak sepenuhnya terpenuhi dan beberapa korelasi tetap ada.

Peningkatan analisis ketidakpastian FREL–2016 menggunakan Pendekatan 1 mensyaratkan estimasi rata-rata dan deviasi standar untuk setiap AD dan EF. Selain itu, pendekatan ini mensyaratkan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan emisi pada tingkat subkategori dan kategori. Setelah ketidakpastian dalam kategori ditentukan, ketidakpastian tersebut digabungkan untuk memberikan estimasi ketidakpastian untuk seluruh negara dalam periode mana pun. Seperti yang dibahas lebih lanjut di bawah ini, estimasi ketidakpastian ini digabungkan menggunakan dua aturan praktis untuk menggabungkan ketidakpastian yang tidak berkorelasi dalam penjumlahan dan perkalian.

Analisis Pendekatan 1 memperkirakan ketidakpastian dengan menggunakan persamaan penyebaran kesalahan dalam dua langkah. Pertama, perkiraan persamaan IPCC 3.1 digunakan untuk menggabungkan EF dan AD menurut kategori. Kedua, perkiraan persamaan IPCC 3.2 digunakan untuk memperoleh ketidakpastian keseluruhan dalam emisi nasional setiap tahun.

PERSAMAAN 3.1

MENGGABUNGKAN KETIDAKPASTIAN – PENDEKATAN 1 – PERKALIAN

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

di mana:

U_{total} = persentase ketidakpastian dalam produk kuantitas (setengah dari selang kepercayaan 95% dibagi dengan total dan dinyatakan sebagai persentase).

U_1 = persentase ketidakpastian yang terkait dengan masing-masing kuantitas.

PERSAMAAN 3.2

MENGGABUNGKAN KETIDAKPASTIAN – PENDEKATAN 1 – PENAMBAHAN DAN PENGURANGAN

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1+X_1)^2+(U_2+X_2)^2+\dots+(U_n+X_n)^2}}{|X_1+X_2+\dots+X_n|}$$

Di mana:

U_{total} = persentase ketidakpastian dalam jumlah kuantitas (setengah dari selang kepercayaan 95% dibagi dengan total [yaitu, rata-rata] dan dinyatakan sebagai persentase). Istilah 'ketidakpastian' ini dengan demikian didasarkan pada selang kepercayaan 95%.

X_1 dan U_1 = kuantitas yang tidak pasti dan persentase ketidakpastian yang menyertainya.

Tabel 9 menunjukkan contoh proses untuk menggabungkan ketidakpastian dengan menggunakan persamaan IPCC 3.1 dan 3.2. Baris A, B, dan C dari Tabel 9 menunjukkan proses untuk menggabungkan ketidakpastian AD dan EF pada tingkat subkategori dengan menggunakan persamaan IPCC 3.1. Baris terakhir dari Tabel 9 menunjukkan proses untuk menggabungkan ketidakpastian total emisi dengan menggunakan persamaan IPCC 3.2.

Tabel 9 Contoh propagasi kesalahan menggunakan persamaan IPCC 3.1 dan 3.2 untuk: (i) menggabungkan ketidakpastian data aktivitas dan faktor emisi dan (ii) menggabungkan ketidakpastian emisi pada tingkat subkategori

Transisi (FL-L)						
Subkategori	Faktor emisi	Ketidakpastian EF (UEF)	Data aktivitas	Ketidakpastian AD (UDA)	Emisi (pada tingkat komponen)	Ketidakpastian of E (UE)
A	EF 1A	$U_{EF\ 1A}$	AD 1A	$U_{AD\ 1A}$	$E_{1A} = EF_{1A} * AD_{1A}$	$U_{E\ 1A} = \sqrt{U_{EF\ 1A}^2 + U_{AD\ 1A}^2}$
B	EF 1B	$U_{EF\ 1B}$	AD 1B	$U_{AD\ 1B}$	$E_{1B} = EF_{1B} * AD_{1B}$	$U_{E\ 1B} = \sqrt{U_{EF\ 1B}^2 + U_{AD\ 1B}^2}$
C	EF 1C	$U_{EF\ 1C}$	AD 1C	$U_{AD\ 1C}$	$E_{1C} = EF_{1C} * AD_{1C}$	$U_{E\ 1C} = \sqrt{U_{EF\ 1C}^2 + U_{AD\ 1C}^2}$
Emisi total/Ketidakpastian propagasi transisi 1					$E_{1} = E_{1A} + E_{1B} + E_{1C}$	$U_{E\ 1} = \frac{\sqrt{(E_{1A} + U_{E1A})^2 + (E_{1B} + U_{E1B})^2 + (E_{1C} + U_{E1C})^2}}{ E_{1A} + E_{1B} + E_{1C} }$

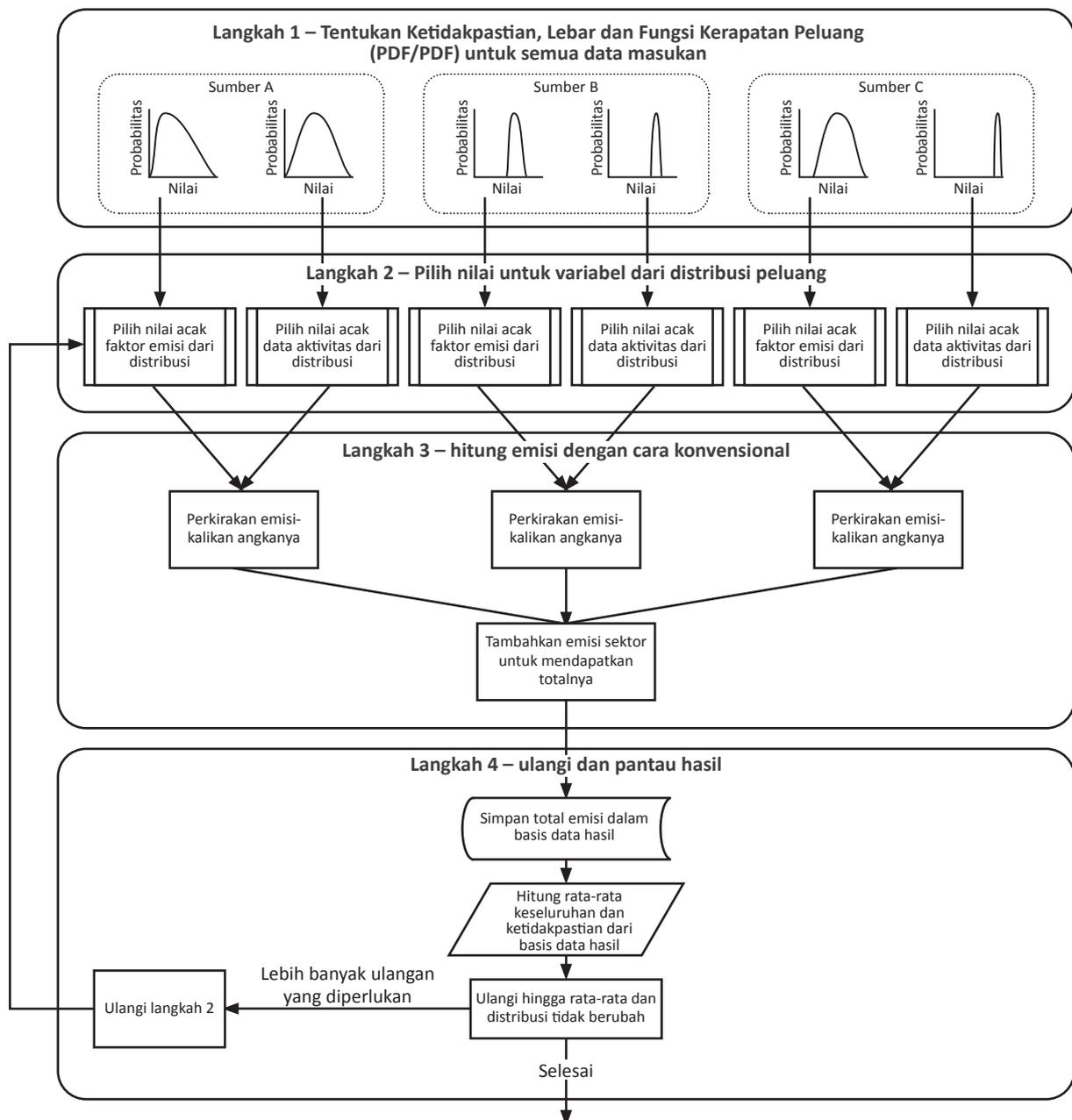
4.2.2 Pendekatan IPCC 2: Monte Carlo Simulation

Pendekatan Umum

Menurut IPCC (2006), analisis Monte Carlo sesuai untuk penilaian ketidakpastian kategori demi kategori yang rinci, khususnya jika ketidakpastiannya besar, distribusinya tidak normal, algoritma adalah fungsi yang kompleks, dan/atau terdapat korelasi antara beberapa set aktivitas, EF, atau keduanya. Dalam MCS, sampel acak semu (*pseudo random*) dari input model dibuat menurut fungsi kerapatan peluang (PDF) yang ditetapkan untuk setiap input. Sampel tersebut disebut 'acak semu' karena dibuat oleh algoritma – yang dikenal sebagai generator angka acak semu – yang dapat menyediakan serangkaian angka yang dapat direproduksi tetapi setiap rangkaiannya memiliki sifat acak. Jika model memiliki dua atau lebih input, maka sampel acak dibuat dari PDF untuk setiap input. Selanjutnya, satu nilai acak untuk setiap input dimasukkan ke dalam model untuk mendapatkan satu estimasi keluaran model. Proses ini diulang untuk sejumlah perulangan yang diinginkan agar mendapatkan beberapa estimasi keluaran model. Beberapa estimasi adalah nilai sampel PDF dari keluaran model. Dengan menganalisis sampel PDF untuk keluaran model, nilai rata-rata, deviasi standar, selang kepercayaan 95%, dan properti lain dari keluaran PDF dapat disimpulkan. Karena MCS merupakan metode numerik, ketepatan hasilnya biasanya meningkat seiring dengan peningkatan jumlah perulangan.

Ada beberapa kasus di mana (i) ketidakpastian emisi tahunan dari dekomposisi gambut (terutama akibat degradasi dan hutan sekunder) pada tingkat transisi sangat besar, dan distribusinya tidak normal; dan (ii) distribusi emisi tahunan dari degradasi pada tingkat transisi bersifat tidak normal. Sehingga, untuk meningkatkan analisis ketidakpastian FREL-2016, penggunaan teknik statistik numerik, khususnya teknik Monte Carlo, lebih tepat daripada Pendekatan 1.

Analisis Monte Carlo memerlukan beberapa langkah. Pertama, ditetapkannya PDF, AD dan EF. Kedua, dipilihnya nilai acak AD dan EF dalam fungsi kerapatan peluang masing-masing. Terakhir, nilai emisi diestimasi menggunakan nilai acak AD dan EF. Prosedur tersebut diulang berkali-kali, dan hasil dari setiap perhitungan membangun PDF emisi secara keseluruhan. Analisis Monte Carlo dilakukan pada tingkat subkategori (jenis hutan dan transisi penutupan lahan, atau *Land-Cover Transition, LCT*), untuk agregasi kategori (deforestasi, degradasi, dan dekomposisi gambut) atau untuk FREL secara keseluruhan. Gambar 1 menunjukkan proses umum untuk menjalankan analisis Monte Carlo.



Gambar 1 Ilustrasi MCS

Sumber: IPCC 2006

Langkah-Langkah Khusus untuk Melakukan MCS

MCS dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- 1. Identifikasi rata-rata, simpangan baku, dan PDF AD dan EF.** Rata-rata AD adalah data yang diambil dari matriks transisi untuk setiap aktivitas dan periode. Ketidakpastian AD per aktivitas dan periode berdasarkan nilai yang terdapat dalam tabel pada Lampiran 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, dan 8.7 dari FREL–2016 (KLHK 2016). Rata-rata dan ketidakpastian EF berdasarkan Tabel pada Lampiran 6.1 dan Lampiran 7.1 dari FREL–2016. Simpangan baku AD dan EF diperkirakan sebagai fungsi dari ketidakpastian dan rata-rata dari masing-masing AD dan EF. Akhirnya, distribusi normal diasumsikan sebagai PDF rata-rata AD dan EF.
- 2. Pemilihan angka acak AD dan EF.** Untuk setiap AD dan EF, angka dipilih secara acak dari PDF setiap variabel.
- 3. Estimasi emisi.** Variabel yang dipilih pada Langkah 2 digunakan untuk memperkirakan emisi tahunan.
- 4. Perulangan emisi yang disimulasikan.** Emisi yang dihitung dari Langkah 3 disimpan, dan proses tersebut diulang (100.000 kali) dari Langkah 2. Hasil dari pengulangan tersebut digunakan untuk menghitung rata-rata dan PDF.

Penerapan Analisis Monte Carlo dalam Analisis Ketidakpastian Rujukan Tingkat Emisi Hutan Indonesia 2016 yang Disempurnakan

Proses MCS yang dijelaskan pada bagian sebelumnya dijalankan per aktivitas (deforestasi, degradasi, dekomposisi gambut akibat deforestasi, degradasi, dan hutan sekunder), periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) dan LCT (hutan menjadi nonhutan, hutan menjadi hutan terdegradasi) atau hutan terdegradasi yang tersisa dalam kasus dekomposisi gambut akibat degradasi.

Jadi, dalam kasus emisi dari deforestasi, untuk periode dan pulau yang dipilih, proses MCS dijalankan untuk setiap LCT dan vektor emisi simulasi dari deforestasi per LCT akan diperoleh. Vektor-vektor ini ditambahkan untuk memperoleh total emisi simulasi dari deforestasi di tingkat pulau. Total emisi yang disimulasikan dari deforestasi di tingkat pulau ditambahkan untuk memperoleh vektor total emisi dari deforestasi di tingkat nasional. Dengan menggunakan vektor terakhir ini, PDF ditetapkan dan kuantil 2,5% dan 97,5% diestimasi untuk memperoleh ketidakpastian bawah dan atas dari total emisi dari deforestasi di tingkat nasional menurut rumus berikut:

$$\text{Lower } U_{\overline{TE}} = \text{abs} \left(\frac{Q_{2.5} - \overline{TE}}{\overline{TE}} \right) \times 100$$

$$\text{Upper } U_{\overline{TE}} = \text{abs} \left(\frac{Q_{97.5} - \overline{TE}}{\overline{TE}} \right) \times 100$$

Di mana:

$\text{Lower } U_{\overline{TE}}$: Ketidakpastian bagian bawah dari total emisi dari deforestasi di tingkat nasional

$\text{Upper } U_{\overline{TE}}$: Ketidakpastian bagian atas dari total emisi dari deforestasi di tingkat nasional

$Q_{2.5}$: Kuantil 2,5% dari total emisi dari deforestasi di tingkat nasional

$Q_{97.5}$: Kuantil 97,5% dari total emisi dari deforestasi di tingkat nasional

\overline{TE} : Rata-rata total emisi dari deforestasi di tingkat nasional

Untuk emisi dari degradasi, proses yang sama untuk menghitung emisi dari deforestasi digunakan untuk memperkirakan ketidakpastian bawah dan atas total emisi dari degradasi di tingkat nasional. Tentu saja, dalam kasus degradasi, AD yang digunakan merujuk pada LCT hutan ke hutan yang terdegradasi.

Dalam kasus emisi dari dekomposisi gambut karena deforestasi, proses MCS dijalankan untuk setiap LCT (terjadi di dalam lapisan gambut Indonesia) untuk periode tertentu. Vektor emisi simulasi dari dekomposisi gambut karena deforestasi per LCT diperoleh. Vektor-vektor ini ditambahkan untuk memperoleh total emisi simulasi dari dekomposisi gambut karena deforestasi di tingkat nasional. Dengan menggunakan vektor terakhir ini, PDF ditetapkan dan kuantil 2,5% dan 97,5% diperkirakan untuk memperoleh ketidakpastian bawah dan atas dari total emisi dari dekomposisi gambut karena deforestasi di tingkat nasional menurut persamaan sebelumnya. Dalam kasus dekomposisi gambut karena degradasi dan hutan sekunder, proses yang sama diterapkan dengan menggunakan AD sebagai Transisi Penutupan Lahan (*Land-Cover Transition, LCT*) yang sesuai.



5 Hasil

5.1 Pendekatan IPCC 1: Pendekatan Penyebaran Kesalahan (PEA)

Tabel 10 menunjukkan ketidakpastian yang diperkirakan dari emisi akibat deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL-2016 yang disempurnakan dengan menggunakan persamaan IPCC 3.1 dan 3.2 (Pendekatan 1: PEA).

Tabel 10 Estimasi ketidakpastian emisi dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL-2016 Indonesia yang disempurnakan dengan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA

Aktivitas	Penduga	1990–1996	1996–2000	2000–2003	2003–2006	2006–2009	2009–2011	2011–2012
Deforestation	Emisi (MtCO ₂ e yr ⁻¹)	198.820	729.491	149.140	268.294	303.524	146.246	249.785
	Ketidakpastian (%)	12	12	13	12	12	12	12
Degradasi Hutan	Emisi (MtCO ₂ e yr ⁻¹)	7.371	158.992	70.665	67.147	14.239	16.635	5.434
	Ketidakpastian (%)	19	19	24	25	106	24	24
Dekomposisi Gambut	Emisi (MtCO ₂ e yr ⁻¹)	155.089	164.604	168.056	175.765	184.398	189.975	192.543
	Ketidakpastian (%)	80	60	57	50	42	38	37
Total Emisi	Emisi (MtCO ₂ e yr ⁻¹)	361.280	1.053.087	387.862	511.206	502.161	352.856	447.760
	Ketidakpastian (%)	35	13	26	19	17	21	17

5.2 Pendekatan IPCC 2: Simulasi Monte Carlo

Dengan menggunakan MCS dan data yang dijelaskan di bagian 4.1, subbagian “a” menunjukkan hasil ketidakpastian emisi dari deforestasi, degradasi, dekomposisi gambut, dan total. Subbagian “b” menunjukkan hasil ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut akibat deforestasi, degradasi, dan hutan sekunder.

5.2.1 Emisi (dan Ketidakpastian Terkait) dari Deforestasi, Degradasi, dan Dekomposisi Gambut

Tabel 11 menampilkan estimasi emisi CO₂ dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan. Tabel 11 menunjukkan ketidakpastian yang diestimasi dari emisi dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan dengan menggunakan MCS. Hasil Tabel 12 menunjukkan bahwa:

- i. Pada sebagian besar periode, ketidakpastian emisi dari deforestasi memiliki nilai sekitar 12%.
- ii. Pada sebagian besar periode, ketidakpastian emisi dari degradasi memiliki nilai antara 20% dan 25%.
- iii. Pada sebagian besar periode, ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut (*Peat Decomposition*, PD) memiliki nilai antara 37% dan 60%.
- iv. Pada sebagian besar periode, ketidakpastian total emisi memiliki nilai antara 17% dan 26%.

Perhatikan bahwa hasil ini konsisten dengan hasil yang diperoleh dengan Pendekatan IPCC 1.

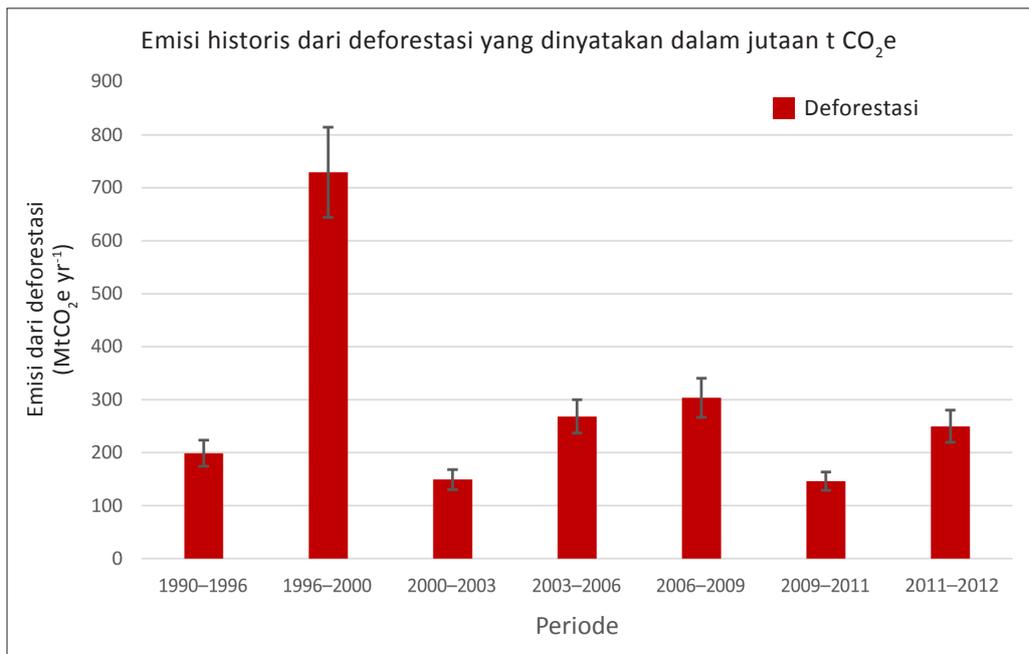
Tabel 11 Estimasi emisi CO₂ dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Aktivitas	1990–1996	1996–2000	2000–2003	2003–2006	2006–2009	2009–2011	2011–2012
	MtCO ₂ e yr ⁻¹						
Deforestasi	198.820	729.292	149.140	268.294	303.524	146.246	249.785
Degradasi	7.371	158.544	70.665	67.147	14.239	16.635	5.434
Dekomposisi Gambut	155.089	161.611	167.420	175.129	183.761	189.338	196.635
Total	361.281	1.049.447	387.225	510.569	501.524	352.219	451.854

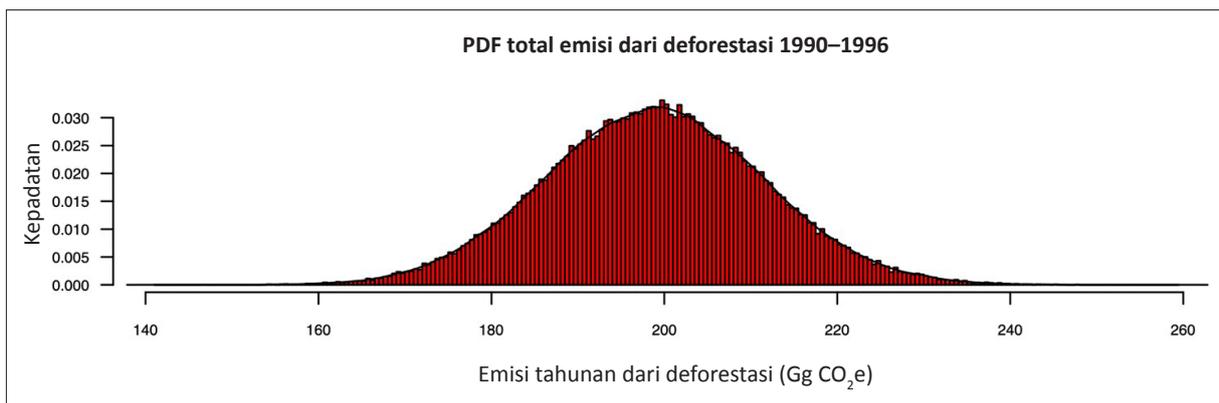
Tabel 12 Ketidakpastian yang diestimasi dari emisi akibat deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan dengan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS

Aktivitas	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
	Bawah U (%)	Atas U (%)												
Deforestasi	12,4	12,5	11,7	11,8	12,7	12,6	11,7	11,9	12,2	12,3	11,8	12,0	12,1	12,2
Degradasi	18,7	20,1	19,1	20,5	21,4	22,9	24,3	25,9	103,0	111,1	23,6	25,3	23,4	25,6
Dekomposisi Hutan	77,5	82,6	58,7	61,9	55,7	59,2	49,0	52,6	40,8	43,4	37,7	40,1	35,2	37,8
Total	34,1	36,0	12,6	12,9	24,9	26,4	18,3	19,3	17,0	17,8	21,0	22,1	16,8	17,7

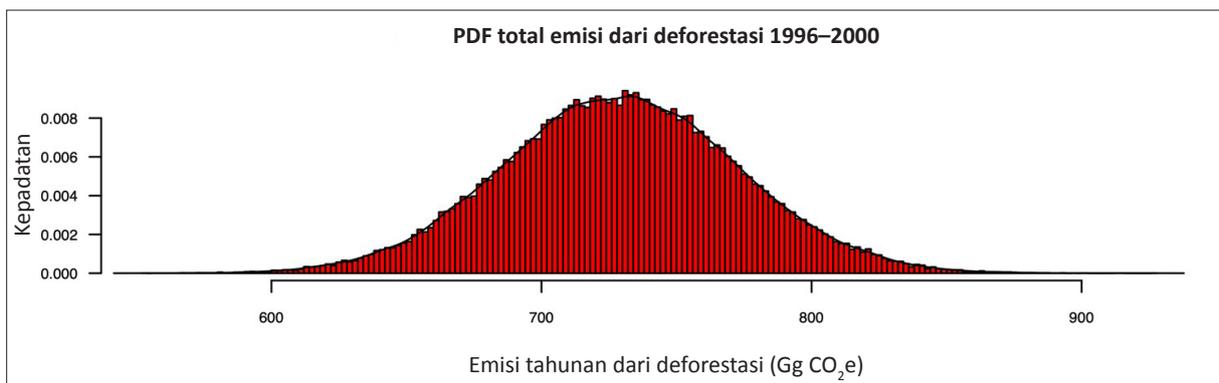
Gambar 2 menampilkan emisi akibat deforestasi dan ketidakpastian terkait yang diperlihatkan dalam Tabel 11 dan 12. Selang kepercayaan yang ditunjukkan dalam Gambar 2 diperkirakan dari PDF emisi simulasi akibat deforestasi (diperoleh dengan MCS) untuk setiap periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012). Pada sebagian besar periode, PDF (ditunjukkan dalam Gambar 3) dari emisi akibat deforestasi memiliki bentuk yang simetris.



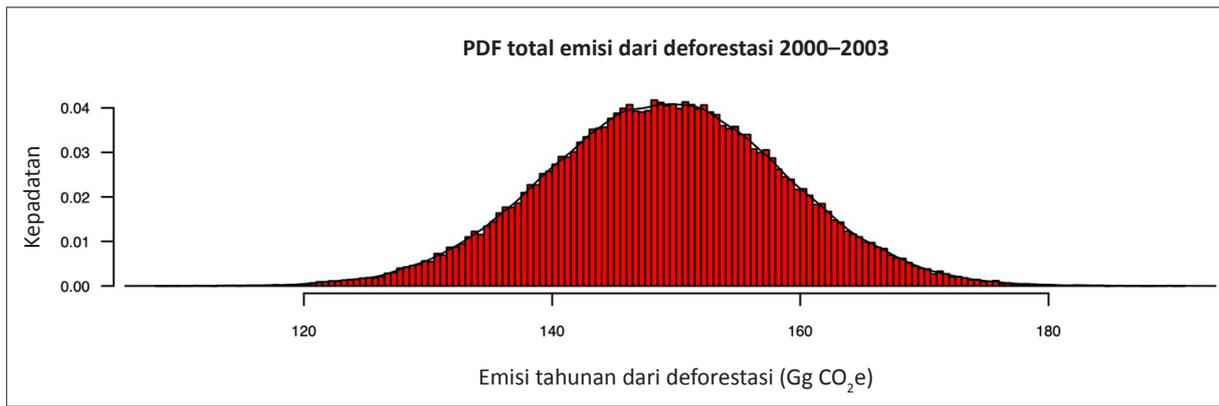
Gambar 2 Emisi historis akibat deforestasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS



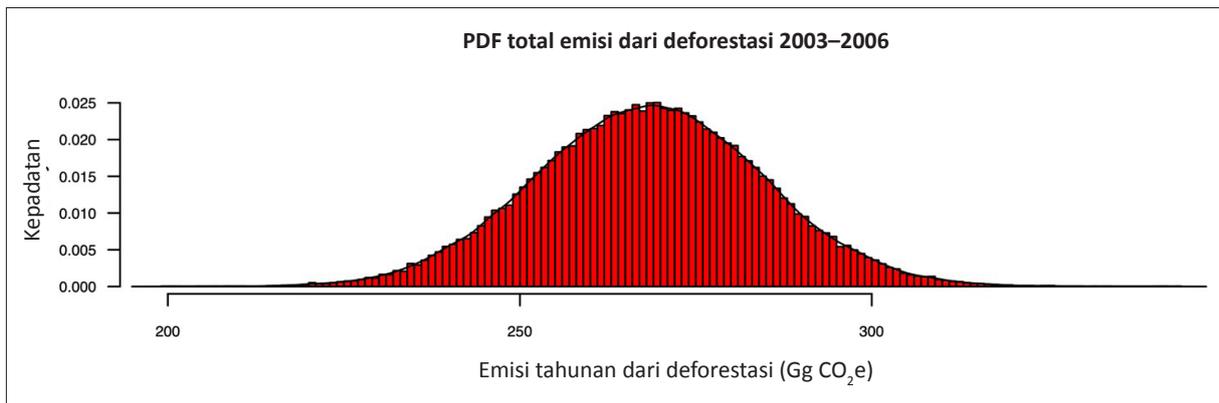
(a)



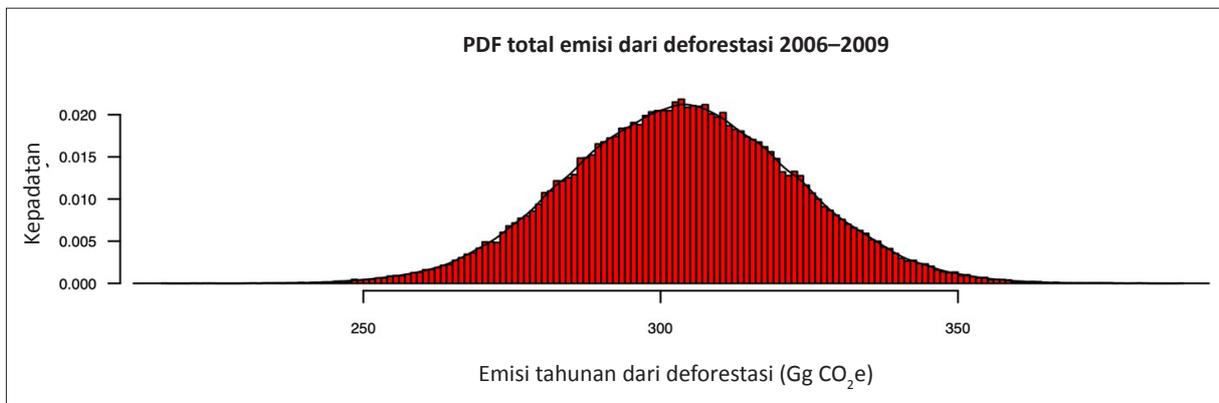
(b)



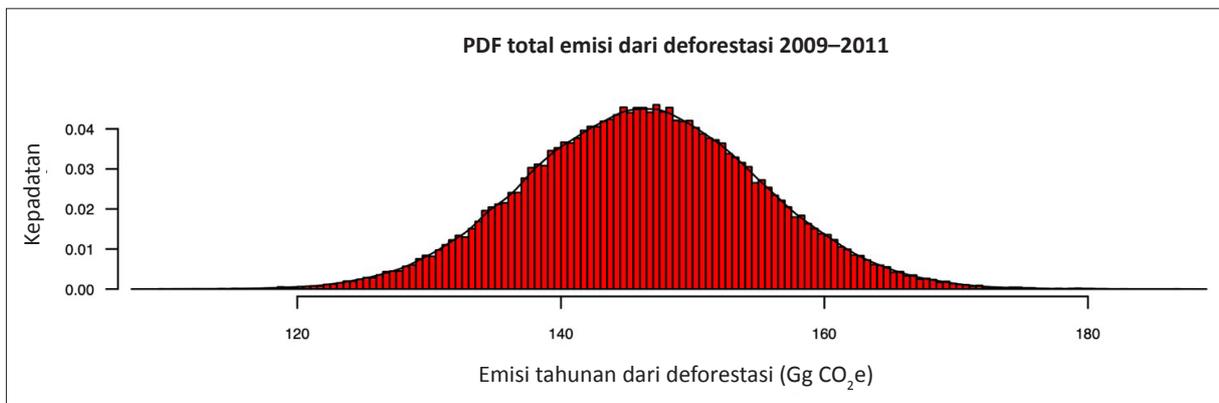
(c)



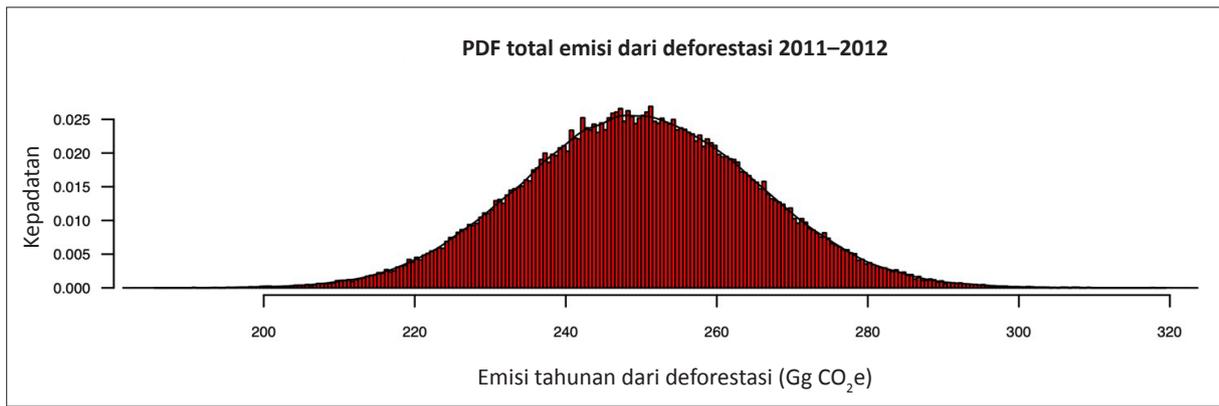
(d)



(e)



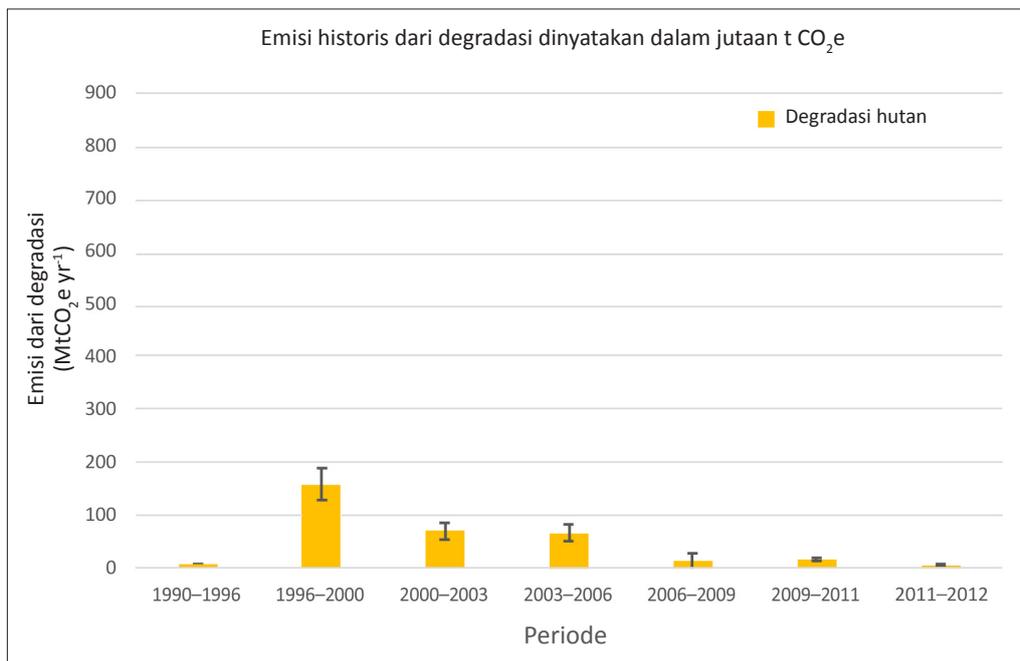
(f)



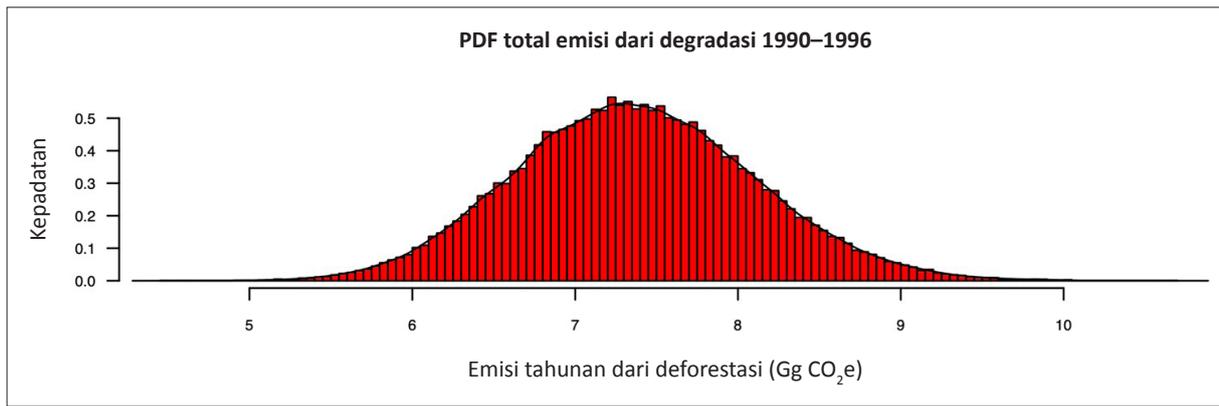
(g)

Gambar 3 Fungsi kerapatan emisi dari deforestasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012

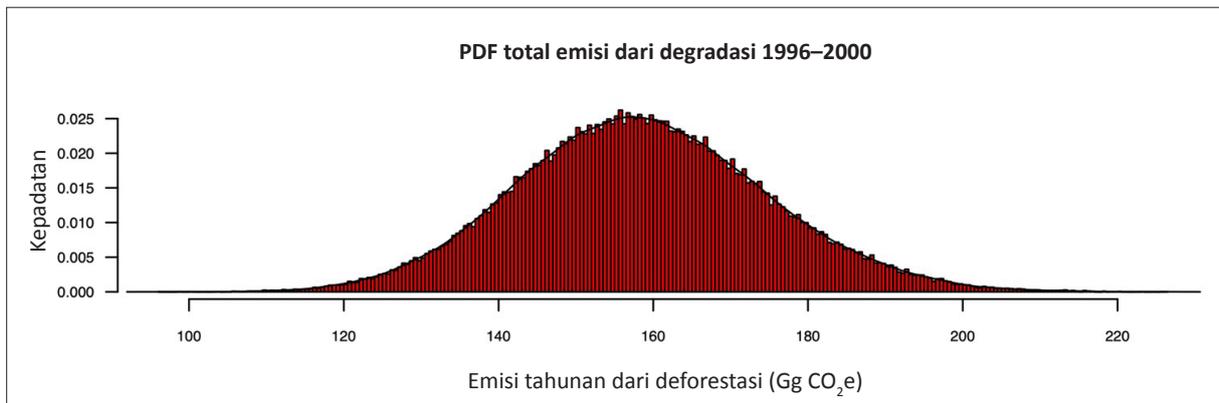
Gambar 4 menampilkan emisi (dari degradasi) dan ketidakpastian terkait yang ditunjukkan dalam Tabel 11 dan 12. Selang kepercayaan yang ditunjukkan dalam Gambar 4 merupakan hasil estimasi dari PDF emisi simulasi dari degradasi (diperoleh dengan MCS) per periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) yang disajikan dalam Gambar 5. Dalam beberapa periode, PDF emisi akibat degradasi (ditunjukkan dalam Gambar 5) bersifat tidak normal.



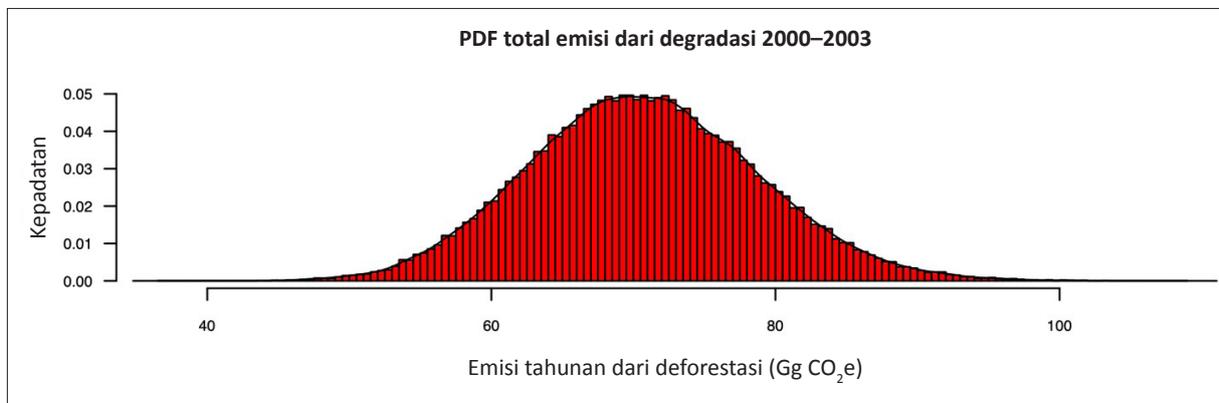
Gambar 4 Emisi historis dari degradasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS



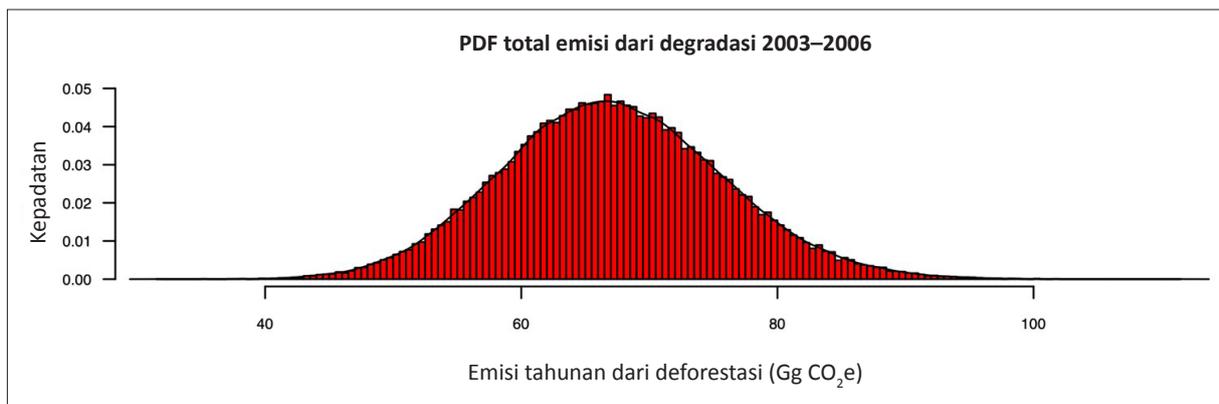
(a)



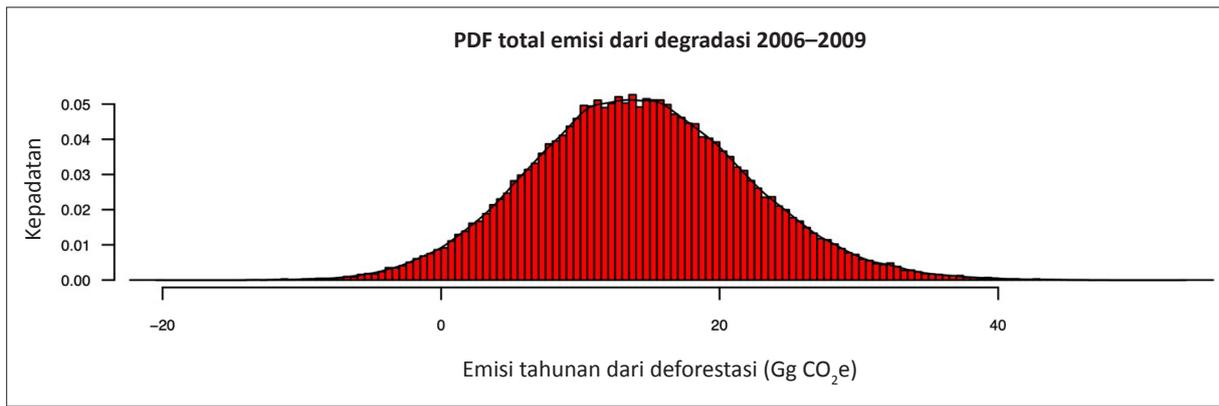
(b)



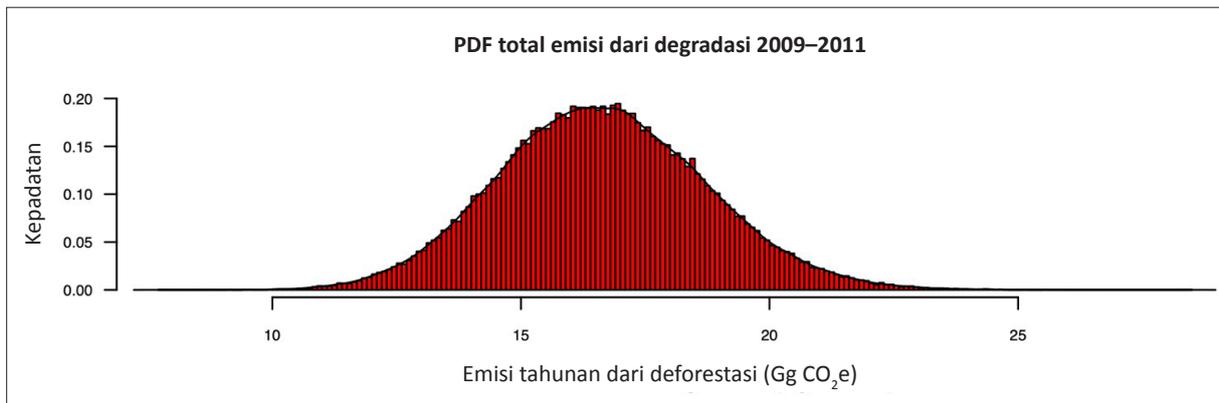
(c)



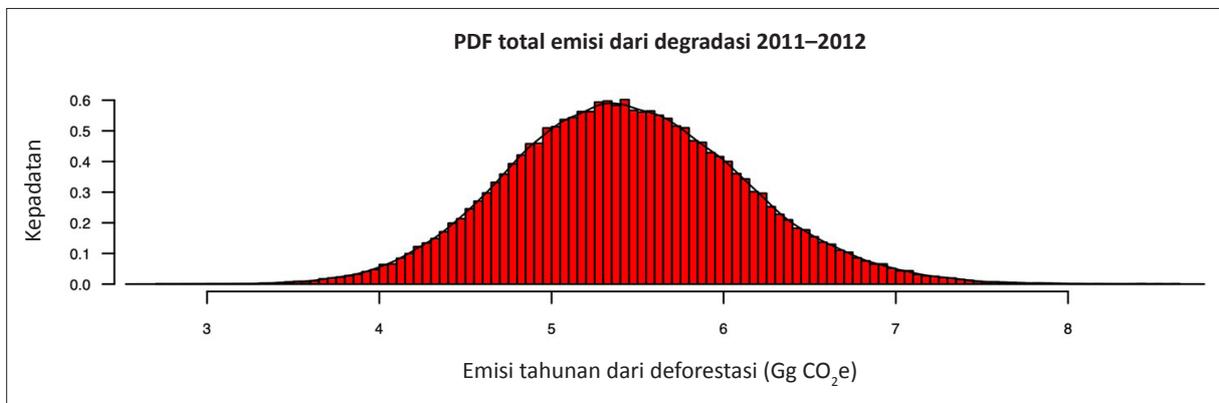
(d)



(e)



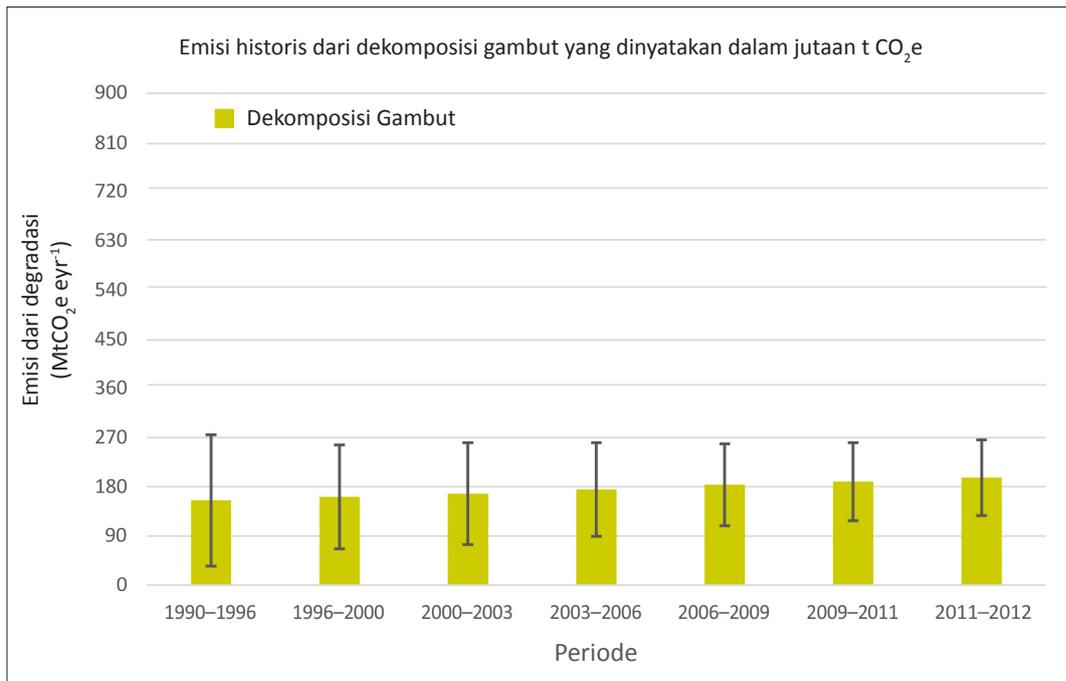
(f)



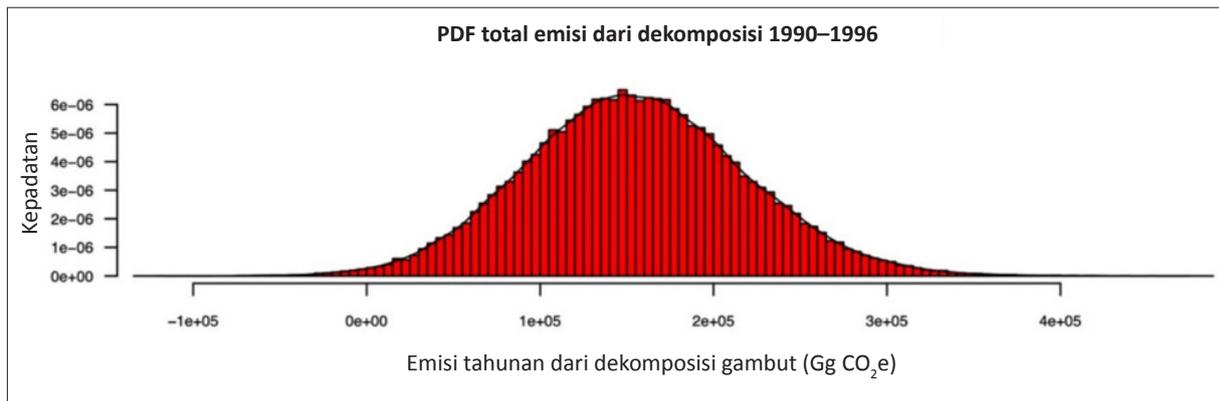
(g)

Gambar 5 Fungsi kerapatan emisi dari degradasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012

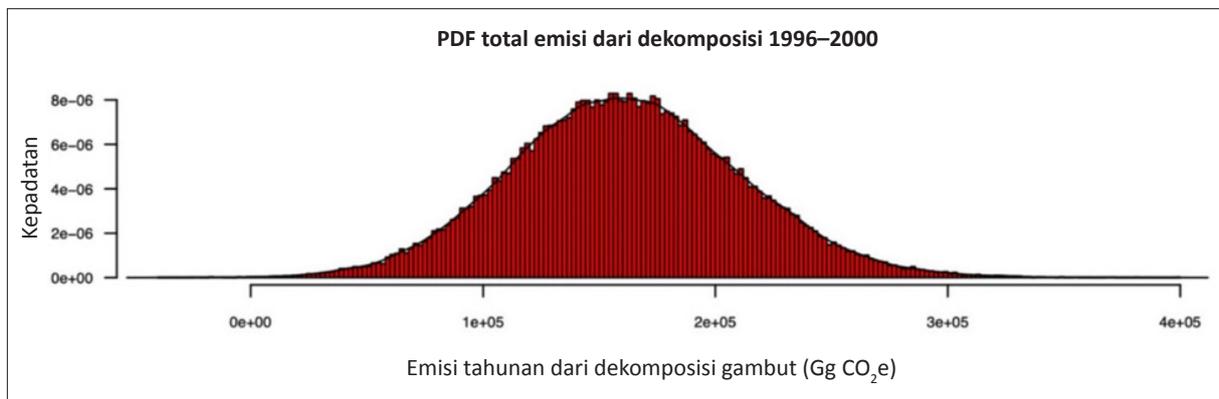
Gambar 6 menampilkan emisi (dari dekomposisi gambut) dan ketidakpastian terkait yang ditunjukkan pada Tabel 11 dan 12. Selang kepercayaan yang ditunjukkan pada Gambar 6 diperkirakan dari PDF emisi simulasi dari dekomposisi gambut (diperoleh dengan MCS) per periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) yang disajikan dalam Gambar 7. Pada sebagian besar periode, PDF emisi dari dekomposisi gambut (ditunjukkan dalam Gambar 7) bersifat tidak normal dan rentang PDF-nya besar. Hal ini menyiratkan ketidakpastian yang besar dan asimetris dari estimasi emisi dari dekomposisi gambut seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 12 dan Gambar 6.



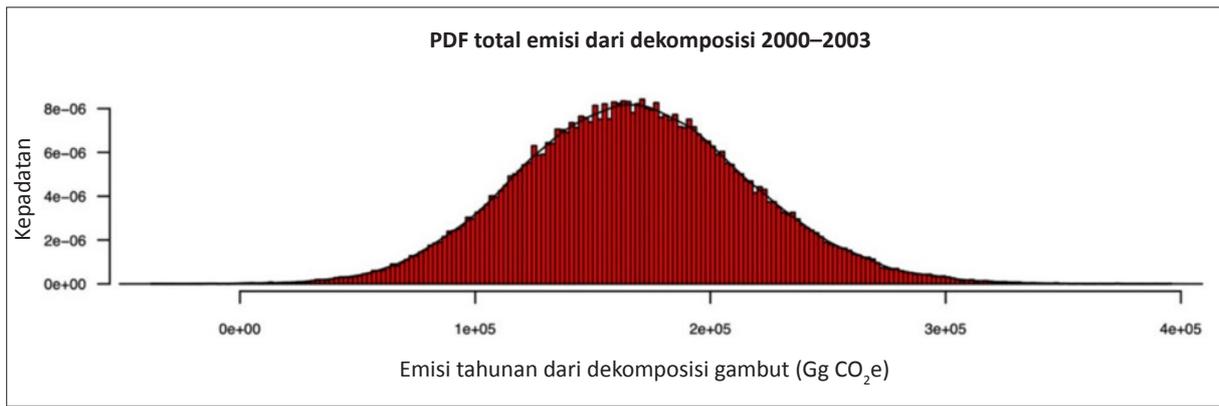
Gambar 6 Emisi historis dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS



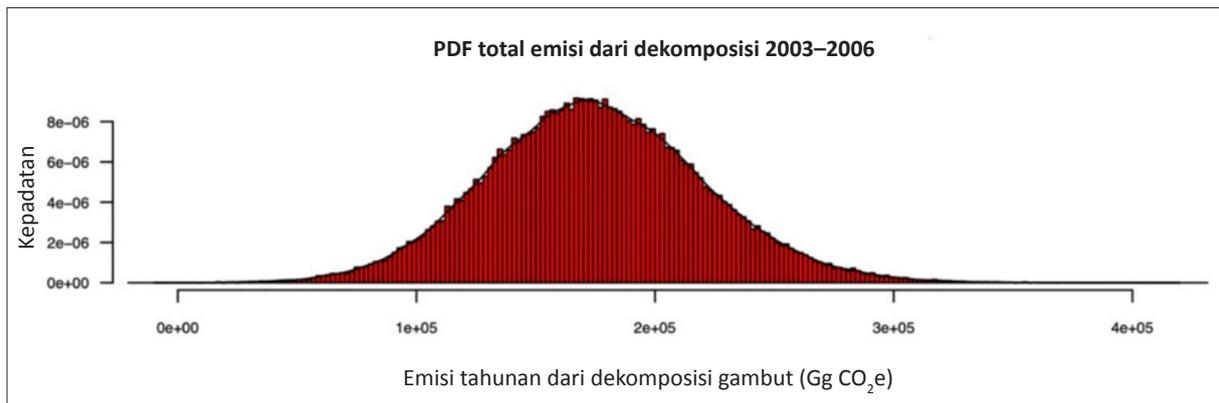
(a)



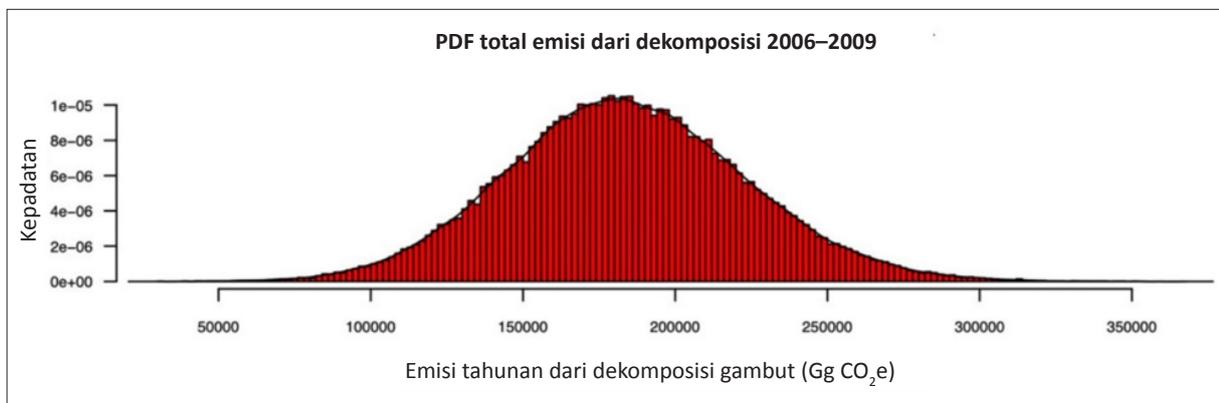
(b)



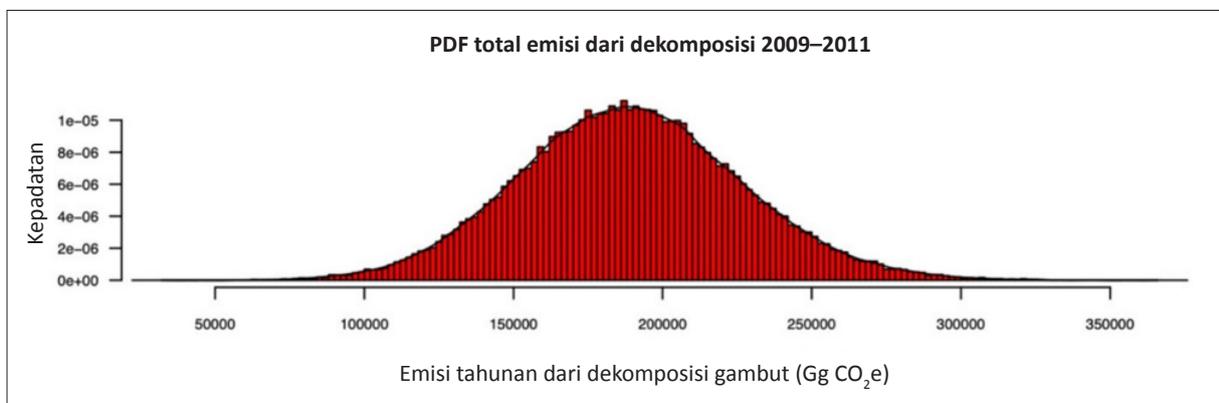
(c)



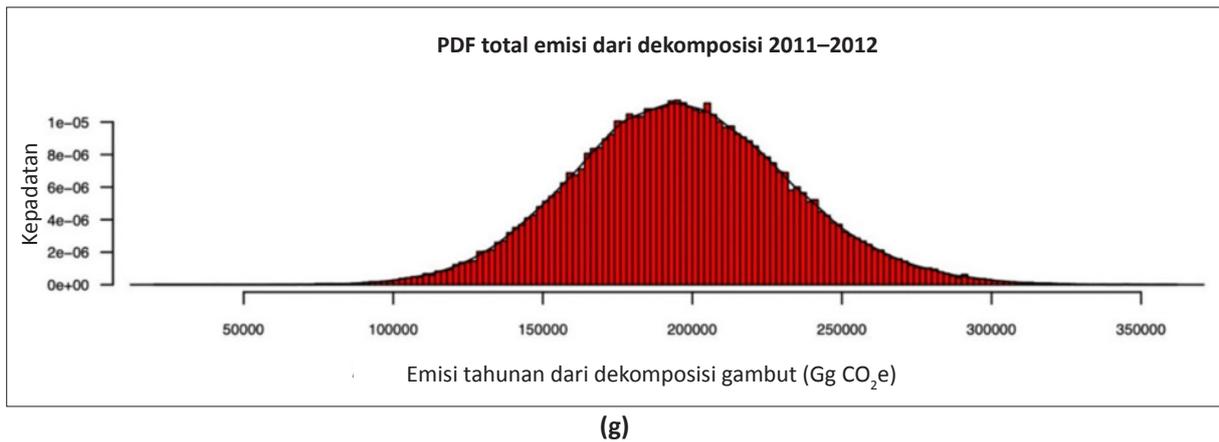
(d)



(e)

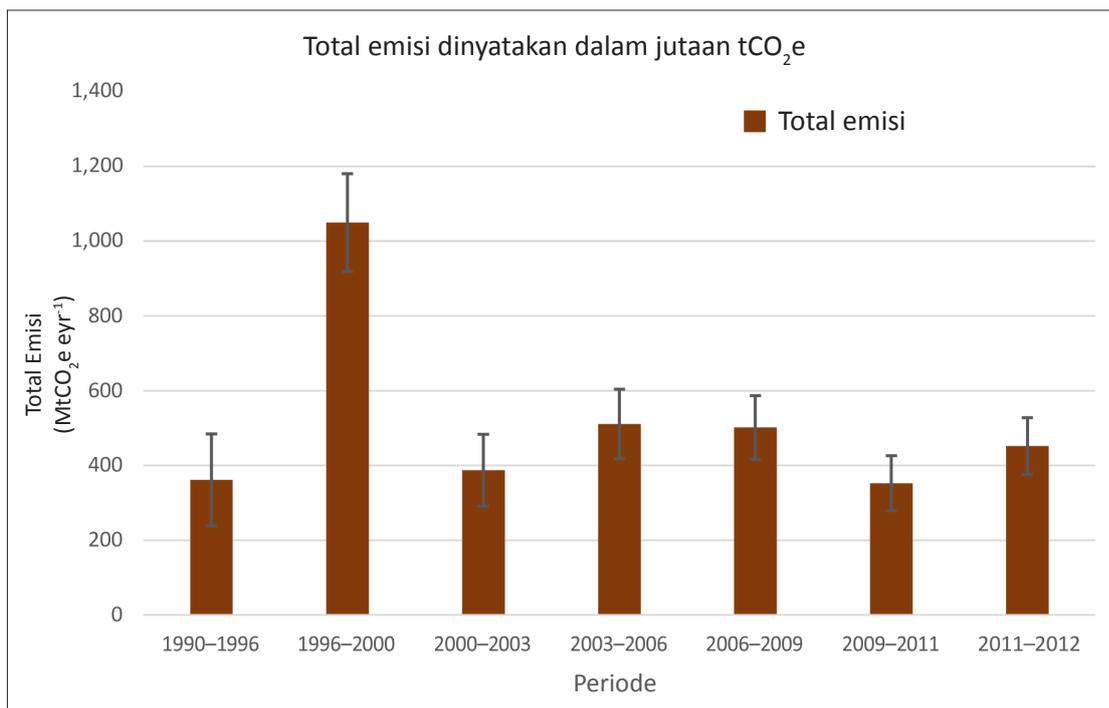


(f)

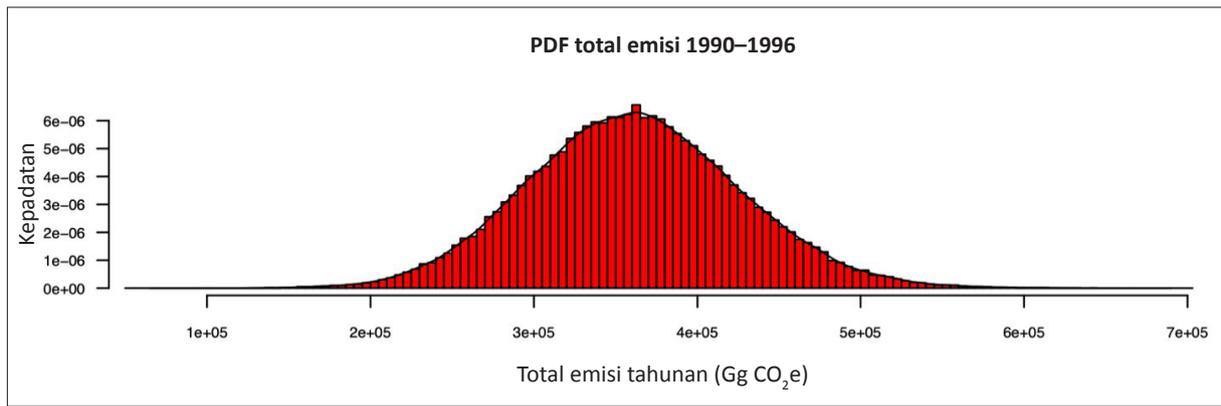


Gambar 7 Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012

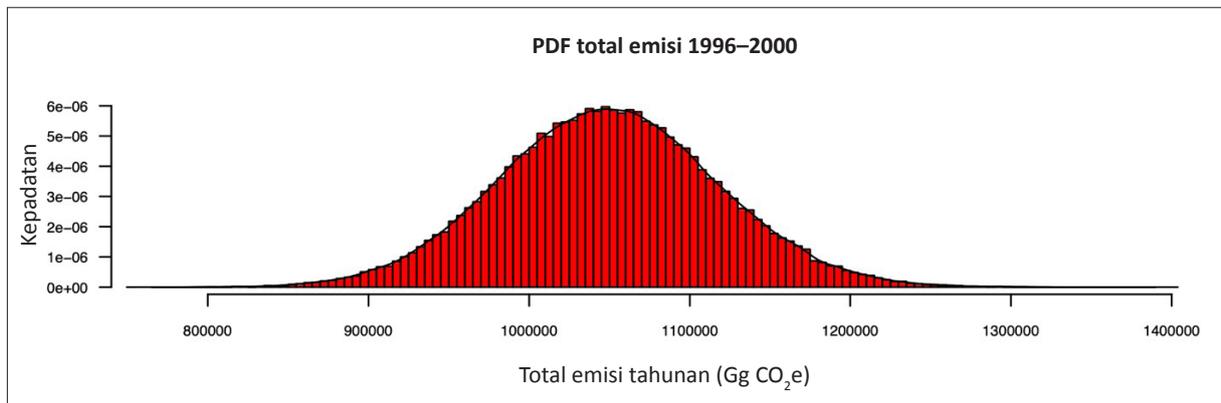
Gambar 8 menampilkan total emisi dan ketidakpastian terkait yang ditunjukkan pada Tabel 11 dan 12. Selang kepercayaan yang ditunjukkan pada Gambar 8 diperkirakan dari PDF total emisi yang disimulasi (diperoleh dengan MCS) per periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) disajikan dalam Gambar 9. Perhatikan bahwa PDF (ditunjukkan dalam Gambar 9) dari total emisi untuk periode pertama tidak memiliki bentuk asimetris.



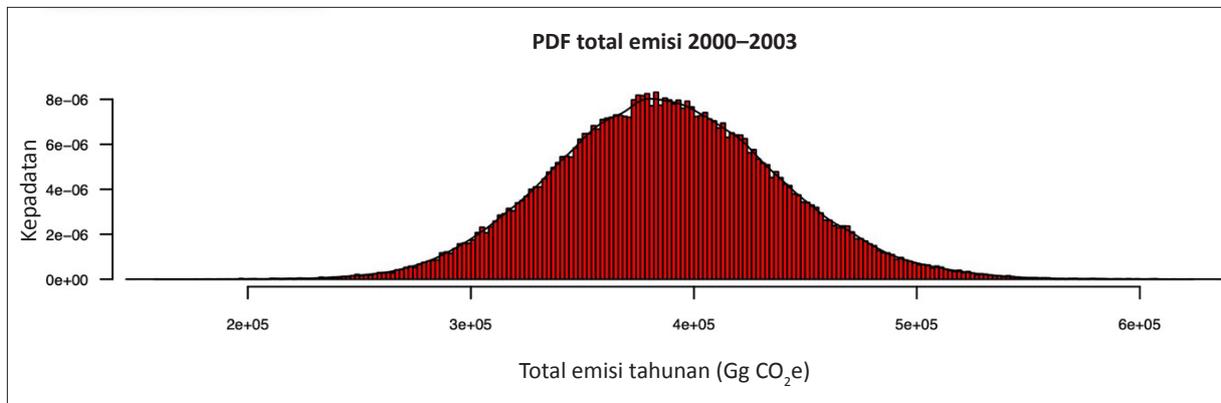
Gambar 8 Total emisi historis dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS



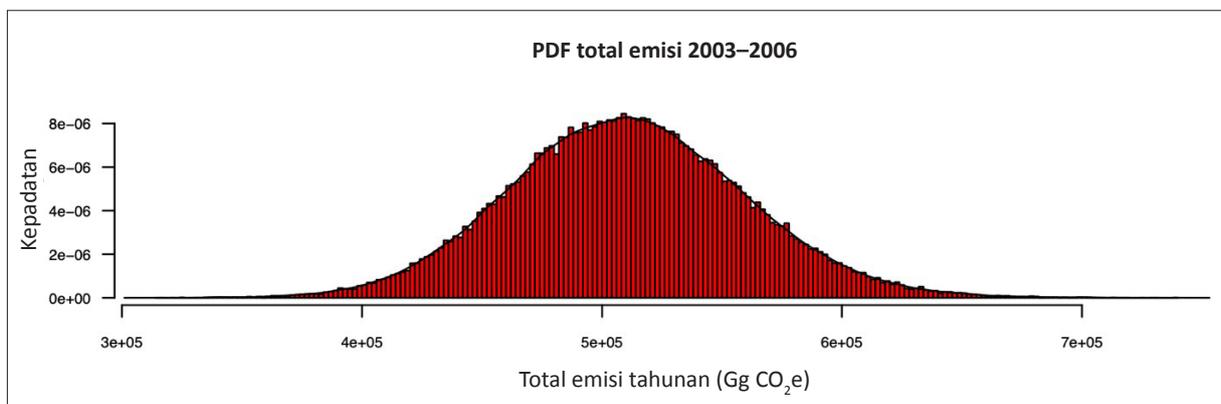
(a)



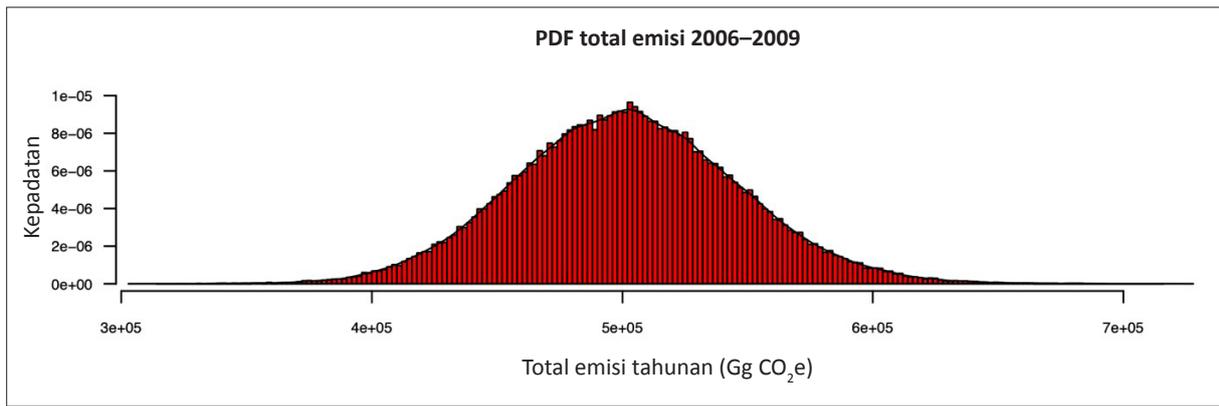
(b)



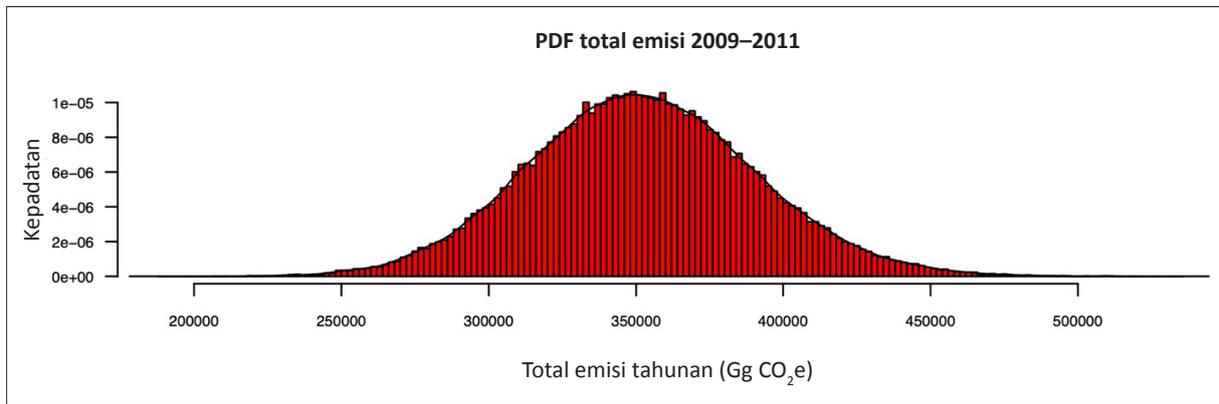
(c)



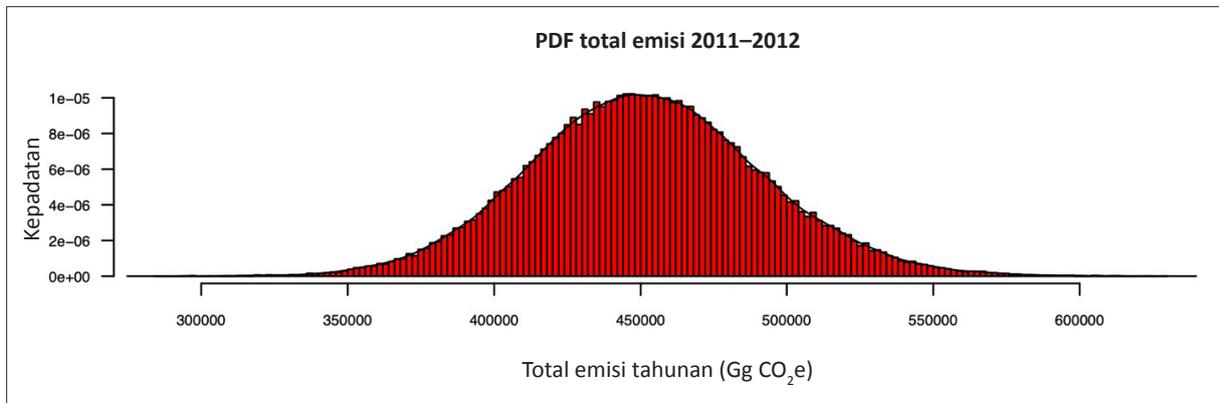
(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 9 Fungsi kerapatan total emisi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012

5.2.2 Emisi (Dan Ketidakpastian Terkait) Dari Dekomposisi Gambut Akibat Deforestasi, Degradasi, Dan Hutan Sekunder

Tabel 13 menampilkan estimasi emisi CO₂ dari dekomposisi gambut akibat deforestasi, degradasi hutan, hutan sekunder, dan total dekomposisi gambut untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan. Tabel 14 menunjukkan ketidakpastian yang diestimasi dari emisi dekomposisi gambut akibat deforestasi, degradasi hutan, hutan sekunder, dan total dekomposisi gambut untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan dengan menggunakan MCS. Hasil dari Tabel 14 adalah sebagai berikut:

- Pada sebagian besar periode, ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut akibat deforestasi memiliki nilai antara 17% dan 30%.
- Pada sebagian besar periode, ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut akibat degradasi memiliki nilai antara 36% dan 60%.
- Pada sebagian besar periode, ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut akibat hutan sekunder memiliki nilai sekitar 90%.
- Pada sebagian besar periode, ketidakpastian total emisi dari dekomposisi gambut memiliki nilai antara 37% dan 60%.

Hasil ini konsisten dengan yang diperoleh dengan Pendekatan IPCC 1.

Tabel 13 Estimasi emisi CO₂ dari dekomposisi gambut (akibat deforestasi, degradasi, dan hutan sekunder) untuk analisis FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Aktivitas	1990–1996	1996–2000	2000–2003	2003–2006	2006–2009	2009–2011	2011–2012
	MtCO ₂ e yr ⁻¹						
DG oleh deforestasi	21,798.99	57,084.88	62,490.98	77,473.68	97,686.62	106,786.55	116,244.59
DG oleh degradasi	338.35	1,210.97	1,575.10	2,379.03	3,176.09	3,385.25	3,413.79
DG dalam hutan sekunder	132,952.10	103,315.22	103,353.68	95,276.02	82,898.23	79,166.25	76,976.80
Total	155,089.44	161,611.07	167,419.77	175,128.73	183,760.94	189,338.05	196,635.18

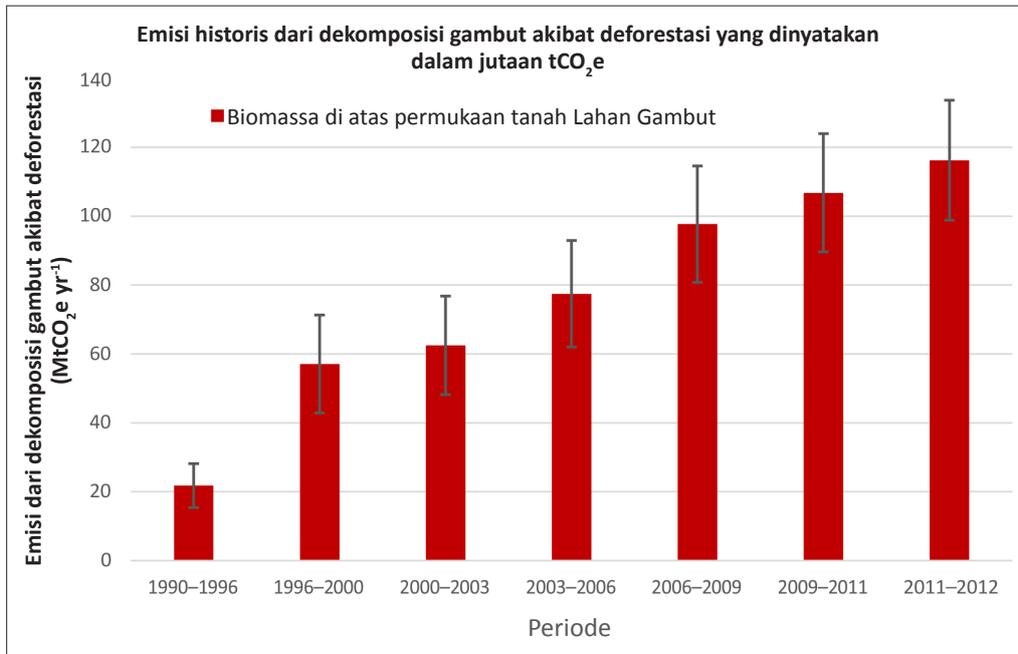
Catatan: DG = Dekomposisi Gambut

Tabel 14 Ketidakpastian yang diestimasi dari emisi dekomposisi gambut (akibat deforestasi, degradasi, dan hutan sekunder) untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan dengan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS

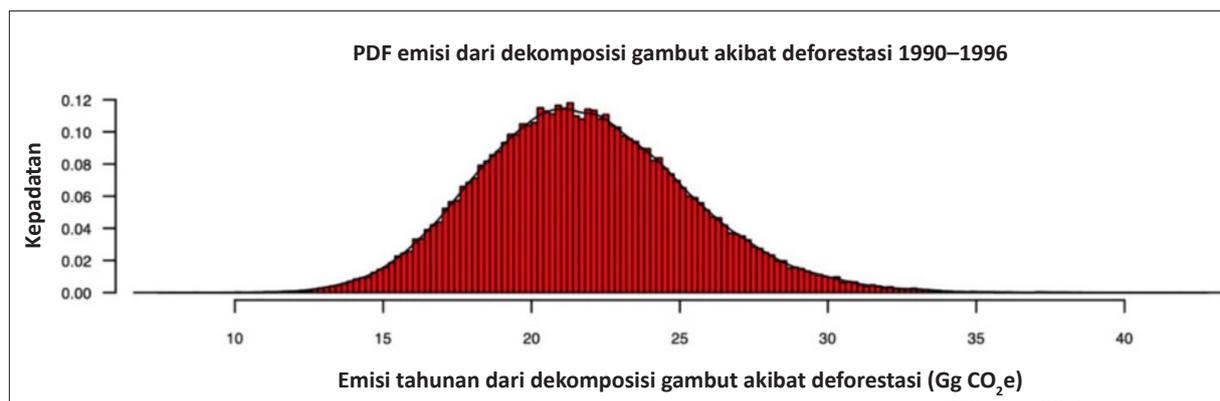
Aktivitas	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
	Bawah	Atas												
	U (%)	U (%)												
DG oleh deforestasi	29,3	34,4	24,89	27,9	22,88	25,93	19,98	22,26	17,31	19,1	16,06	17,66	14,96	16,32
DG oleh degradasi	90,1	95,8	69,41	73,64	55,39	58,45	44,04	45,83	38,47	39,89	36,71	37,95	36,37	37,65
DG dalam hutan sekunder	90,2	96,0	90,7	95,8	89,0	94,9	88,6	95,2	87,7	93,9	87,5	93,6	87,0	94,0
Total	77,5	82,6	58,7	61,9	55,7	59,2	49,0	52,6	40,8	43,4	37,7	40,1	35,2	37,8

Catatan: DG = Dekomposisi Gambut

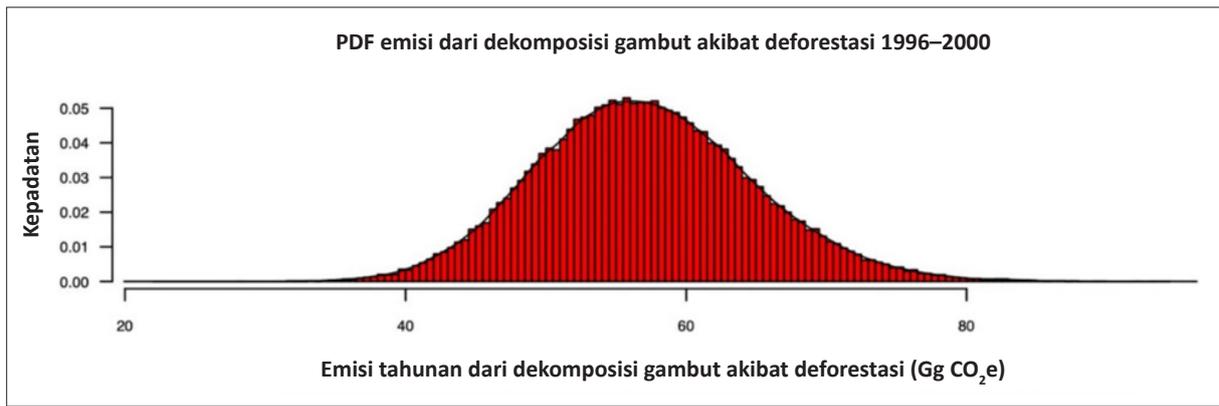
Gambar 10 menampilkan emisi (dari dekomposisi gambut akibat deforestasi) dan ketidakpastian terkait yang ditunjukkan pada Tabel 13 dan 14. Selang kepercayaan yang ditunjukkan pada Gambar 10 diestimasi dari PDF emisi simulasi dari dekomposisi gambut akibat deforestasi (diperoleh dengan MCS) per periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) yang disajikan dalam Gambar 11. Pada sebagian besar periode, PDF emisi dari dekomposisi gambut akibat deforestasi (ditunjukkan dalam Gambar 11) tidak normal dan rentang PDF-nya besar. Hal ini menyiratkan ketidakpastian yang besar dan asimetris pada estimasi emisi dari dekomposisi gambut akibat deforestasi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 14 dan Gambar 10.



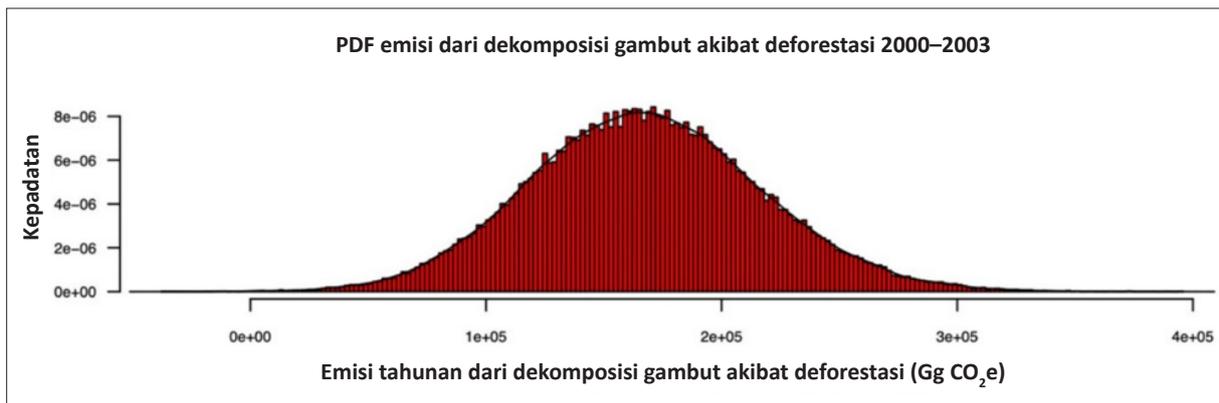
Gambar 10 Emisi historis dari dekomposisi gambut akibat deforestasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS



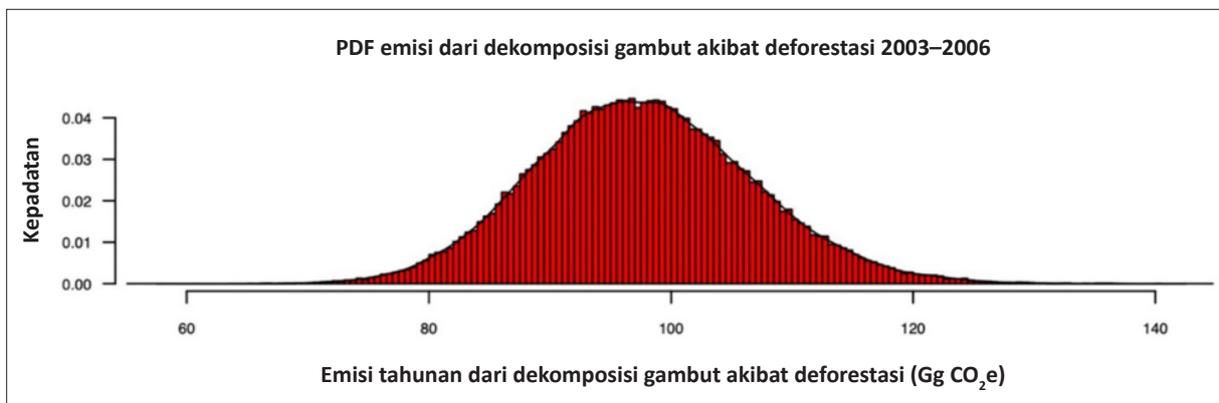
(a)



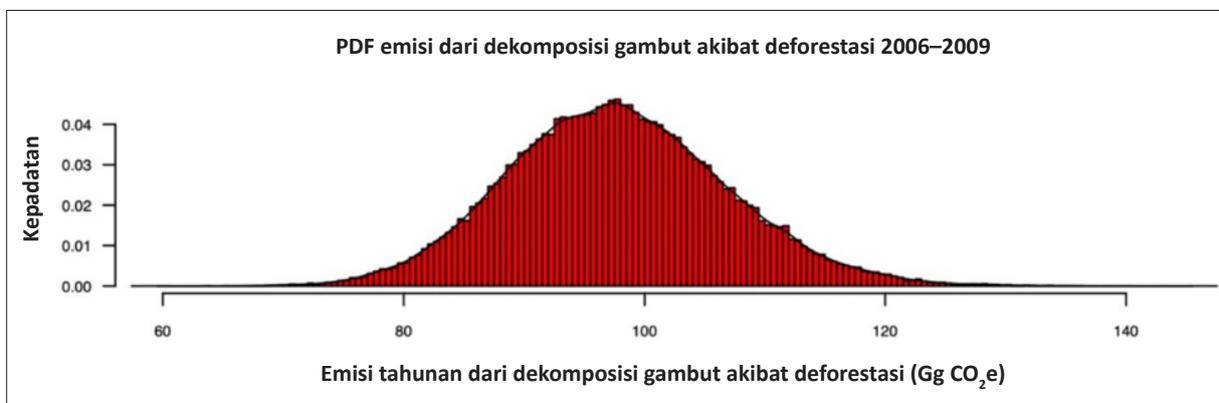
(b)



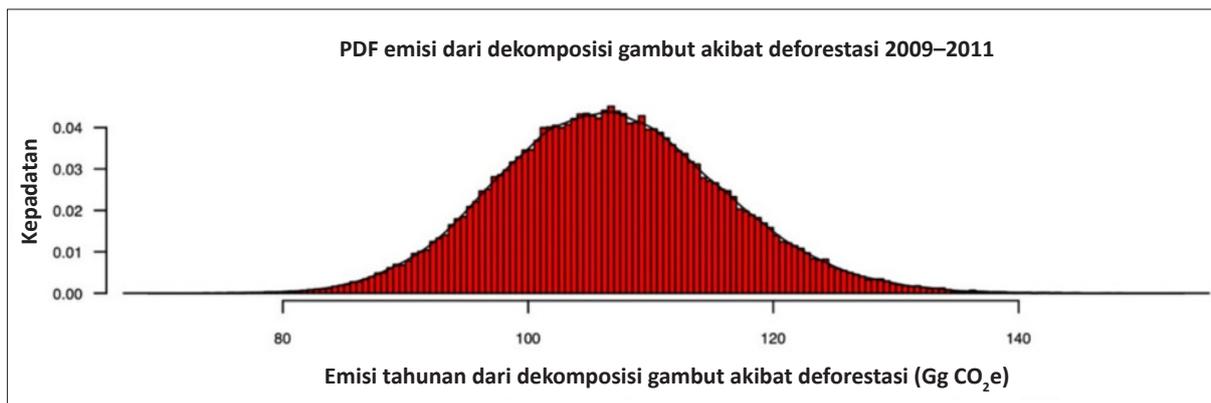
(c)



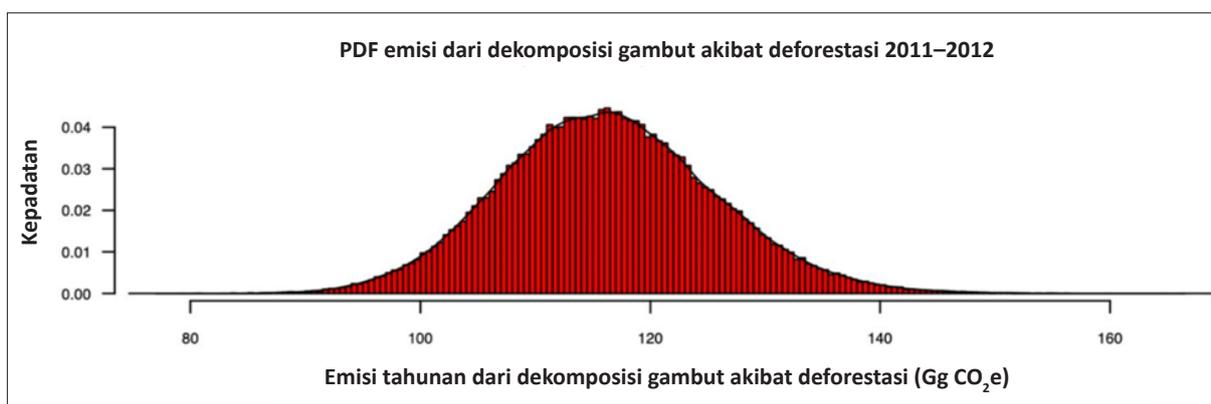
(d)



(e)



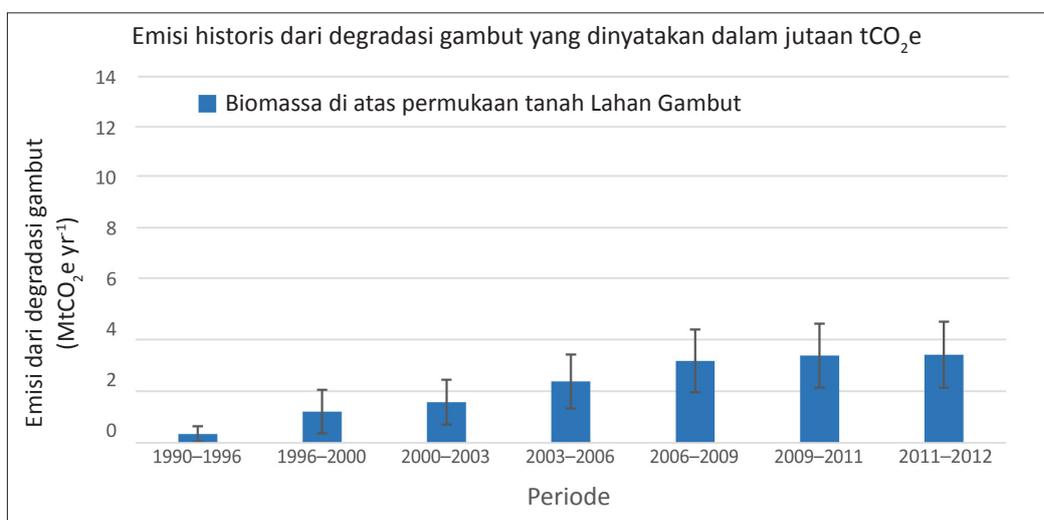
(f)



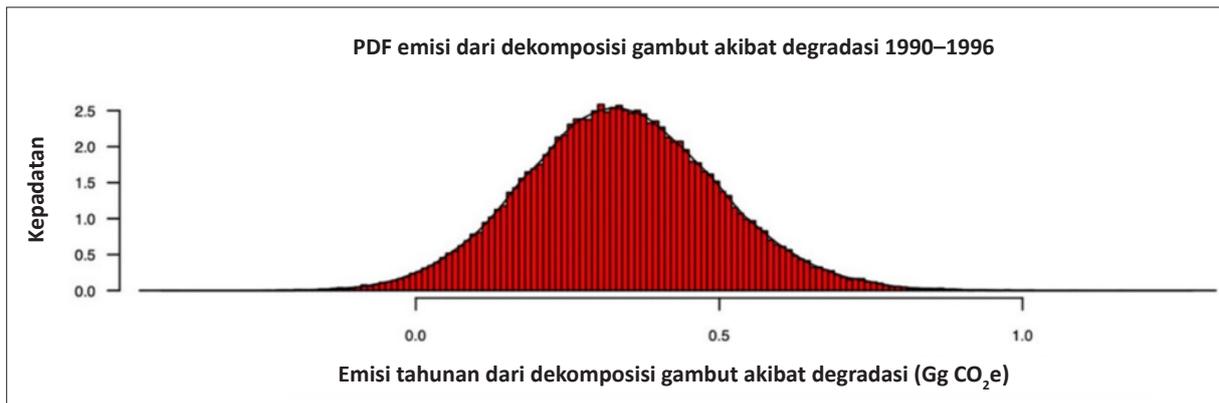
(g)

Gambar 11 Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut akibat deforestasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012

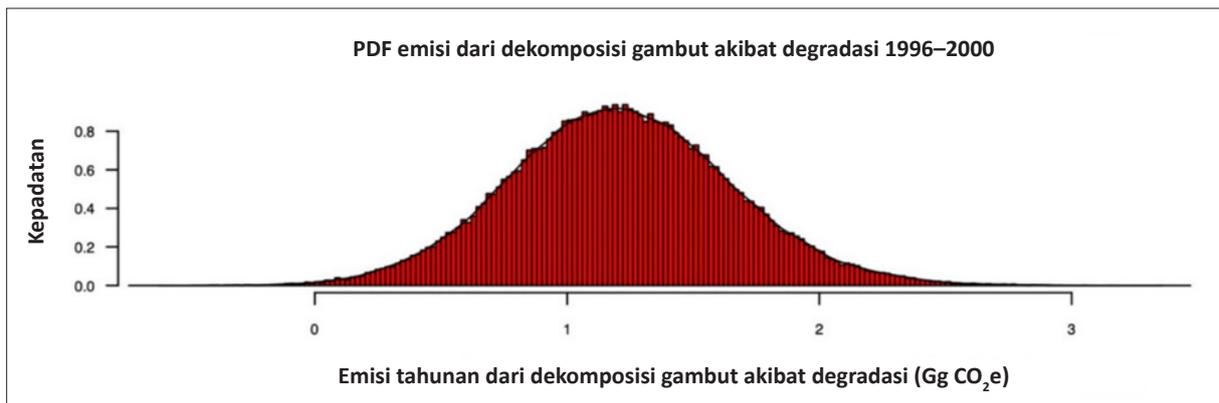
Gambar 12 menyajikan emisi (dari dekomposisi gambut akibat degradasi) dan ketidakpastian terkait yang ditunjukkan dalam Tabel 13 dan 14. Selang kepercayaan yang ditunjukkan dalam Gambar 12 diestimasi dari PDF emisi simulasi dari dekomposisi gambut akibat degradasi (diperoleh dengan MCS) per periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) yang disajikan dalam Gambar 13. Pada sebagian besar periode, PDF emisi dari dekomposisi gambut akibat degradasi (ditunjukkan dalam Gambar 13) bersifat tidak normal dan kisaran PDFnya besar. Hal ini menyiratkan ketidakpastian yang besar dan asimetris dari estimasi emisi dari dekomposisi gambut akibat degradasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14 dan Gambar 12.



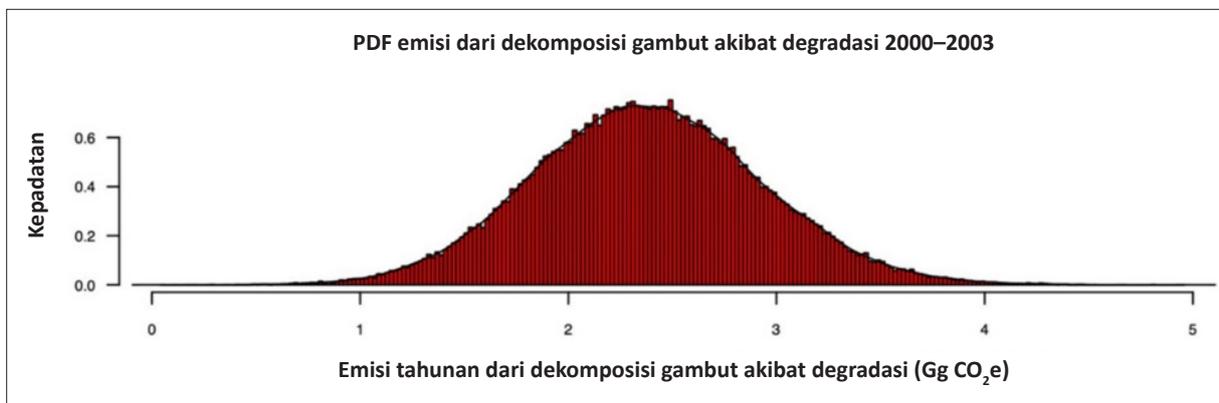
Gambar 12 Emisi historis dari dekomposisi gambut akibat degradasi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS



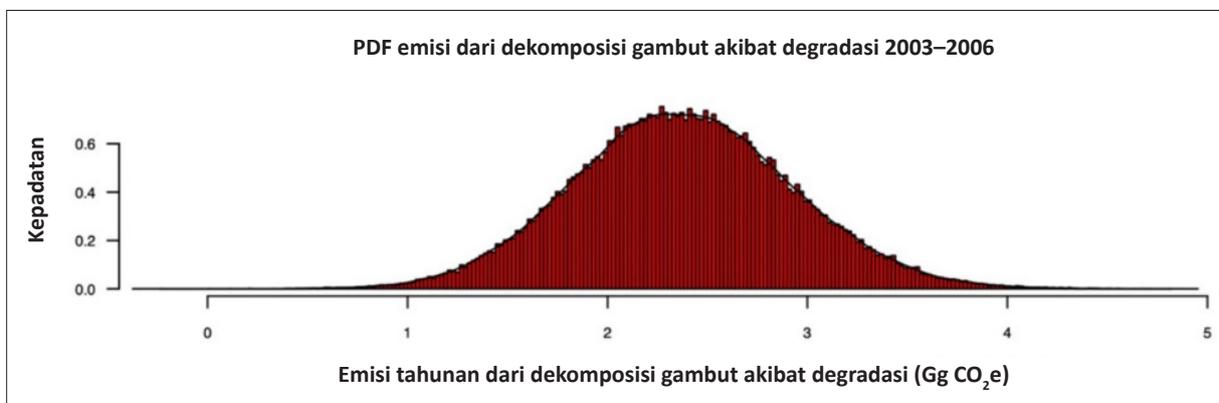
(a)



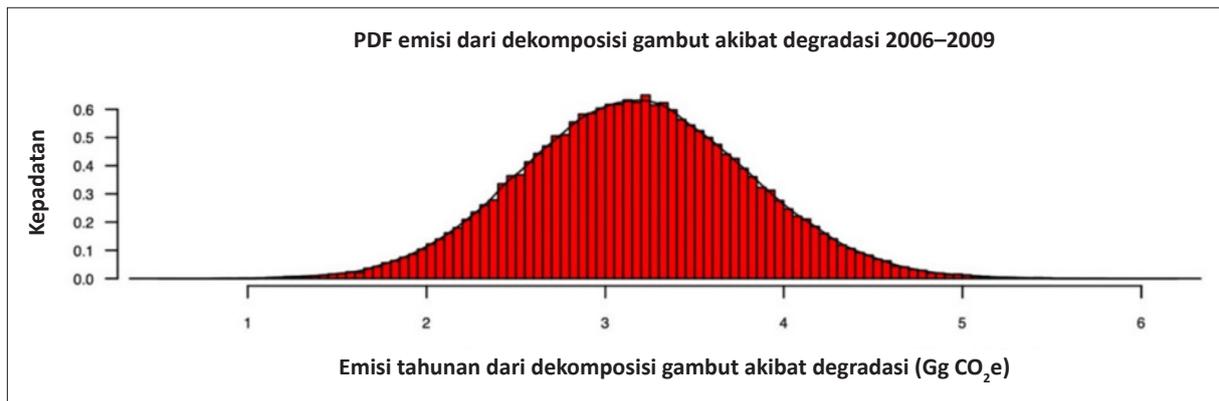
(b)



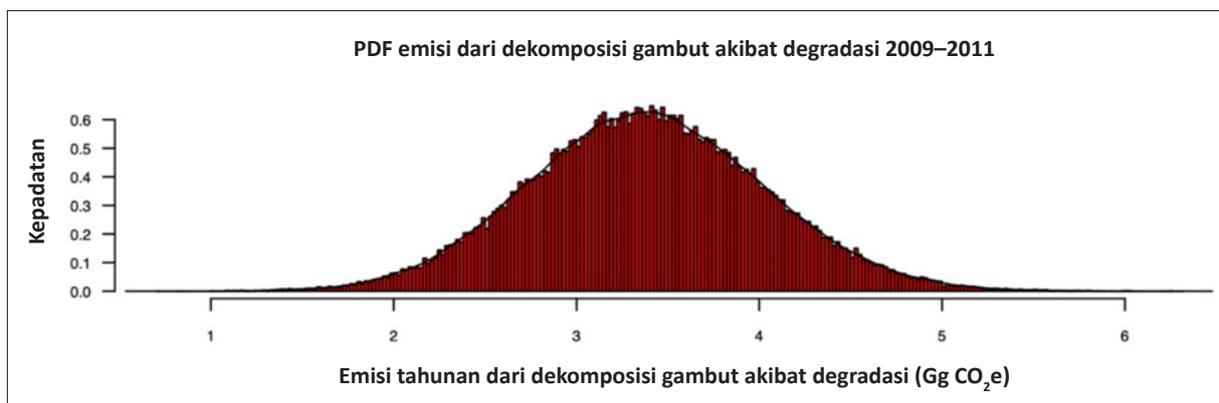
(c)



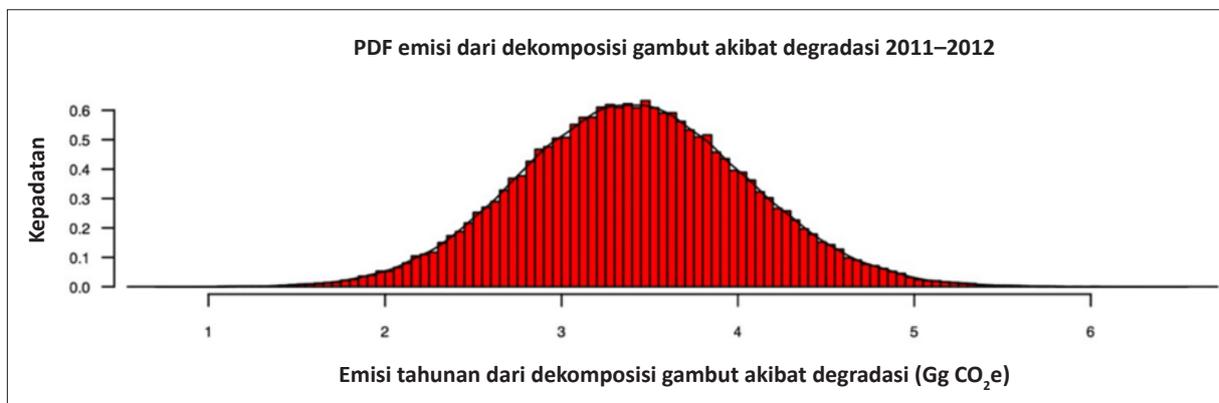
(d)



(e)



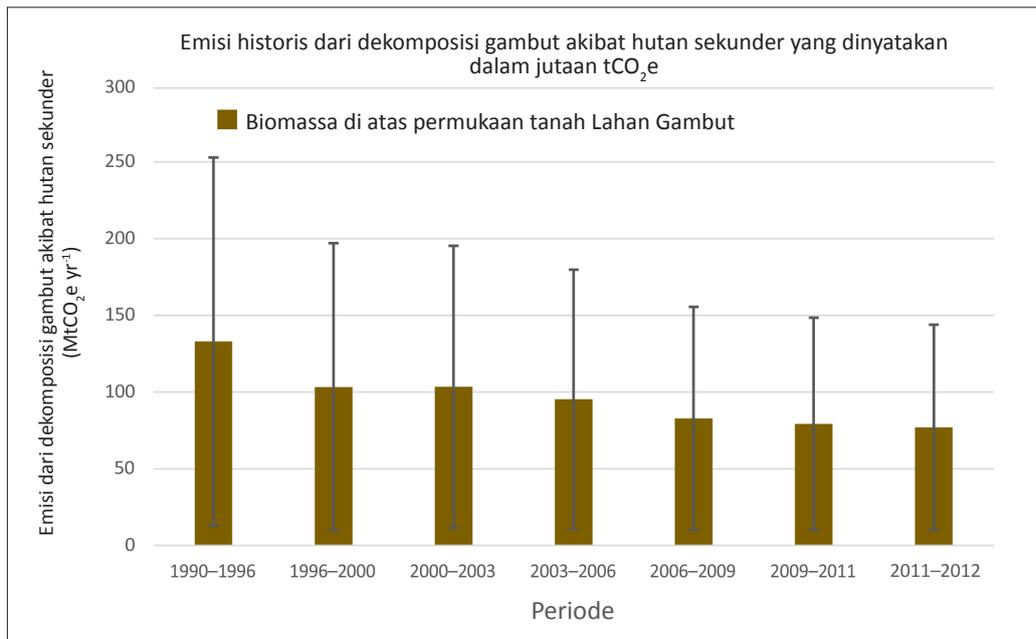
(f)



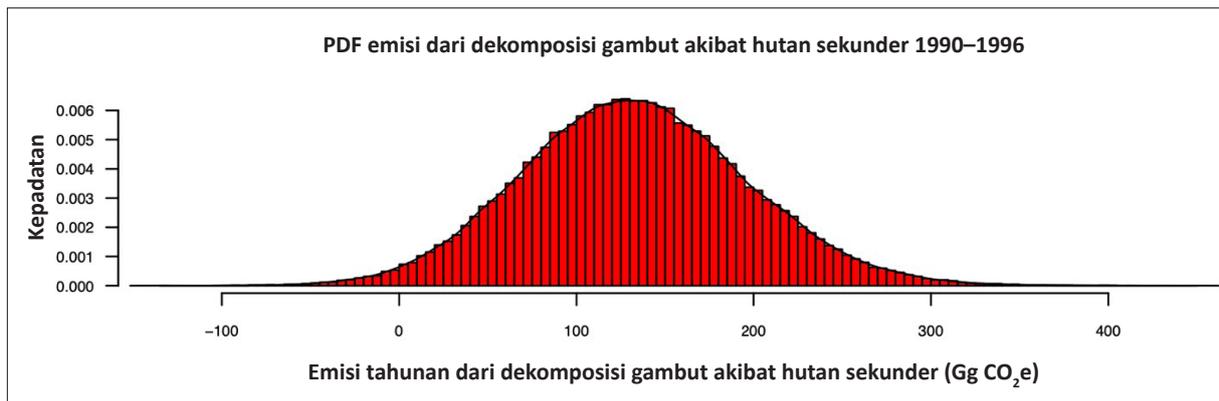
(g)

Gambar 13 Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut akibat degradasi per periode: (a) 1990–1996, (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012

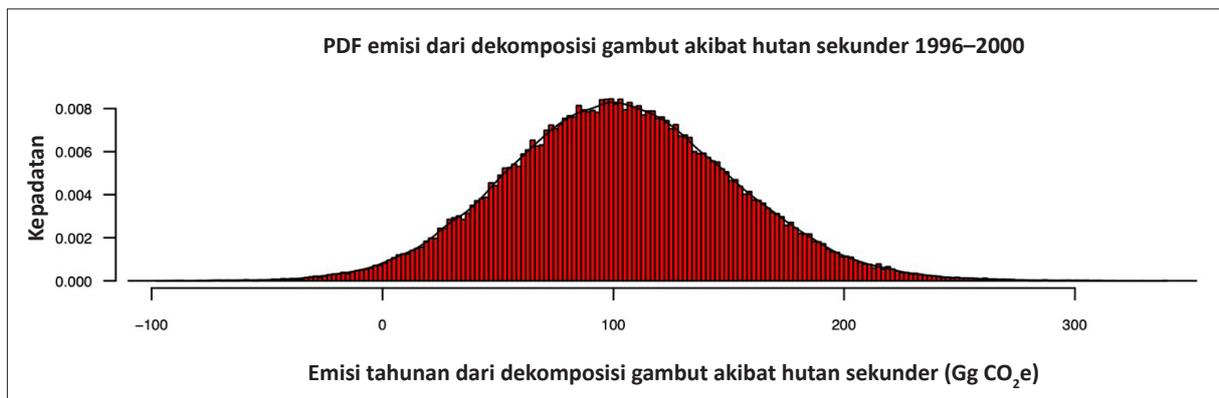
Gambar 14 menampilkan emisi (dari dekomposisi gambut yang disebabkan hutan sekunder) dan ketidakpastian terkait yang ditunjukkan pada Tabel 13 dan 14. Selang kepercayaan yang ditunjukkan pada Gambar 14 diestimasi dari PDF emisi simulasi dari dekomposisi gambut yang disebabkan hutan sekunder (diperoleh dengan MCS) per periode (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, 2003–2006, 2006–2009, 2009–2011, dan 2011–2012) yang disajikan dalam Gambar 15. Pada sebagian besar periode, PDF emisi dari dekomposisi gambut yang disebabkan hutan sekunder (ditunjukkan dalam Gambar 15) tidak normal dan rentang PDF-nya besar. Hal ini menyiratkan ketidakpastian yang besar dan asimetris dari estimasi emisi dekomposisi gambut akibat hutan sekunder seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 14 dan Gambar 14.



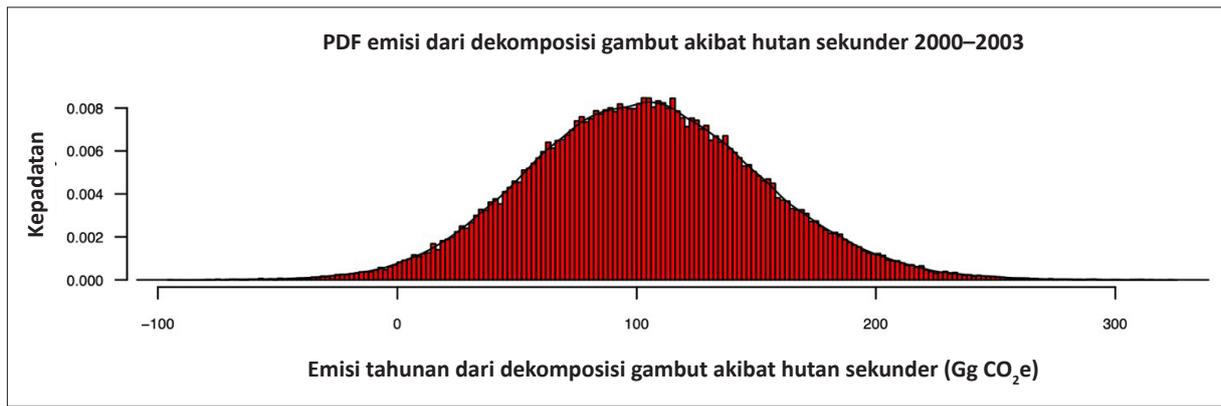
Gambar 14 Emisi historis dari dekomposisi gambut akibat hutan sekunder dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dengan MCS



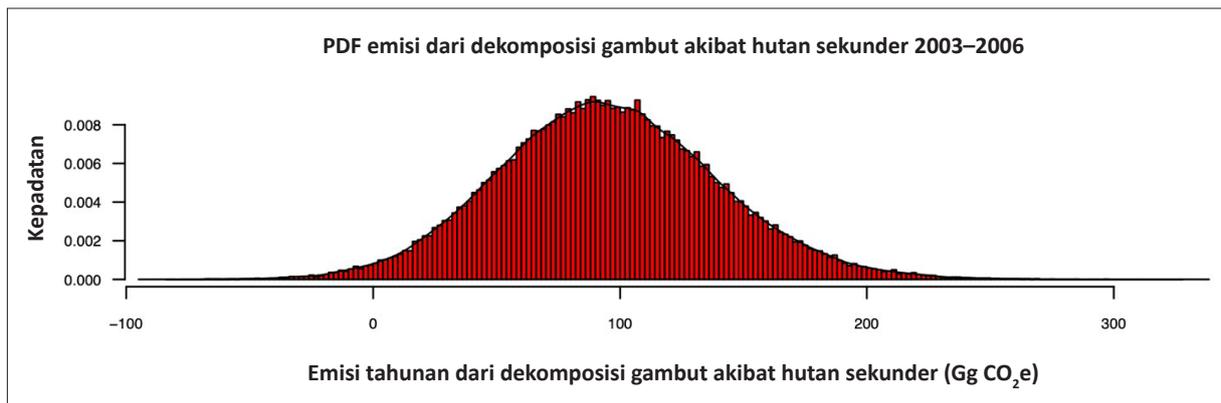
(a)



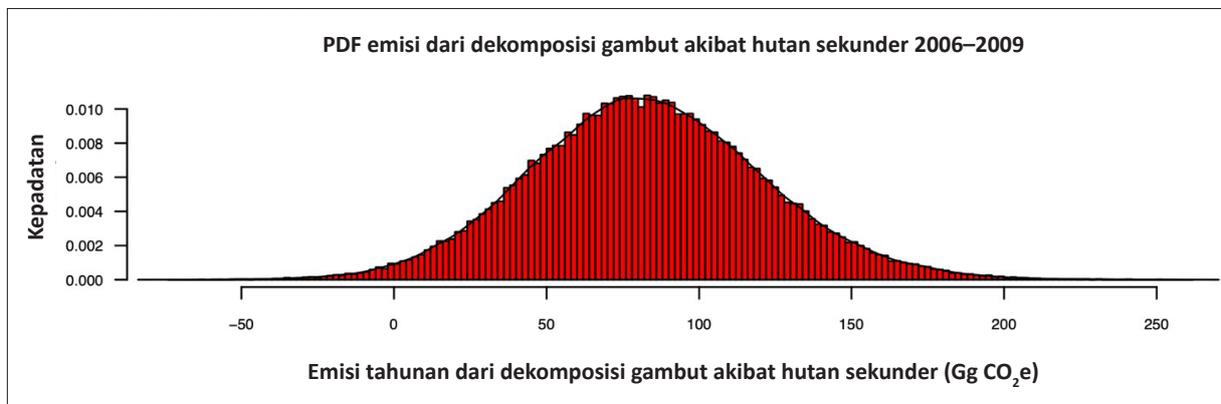
(b)



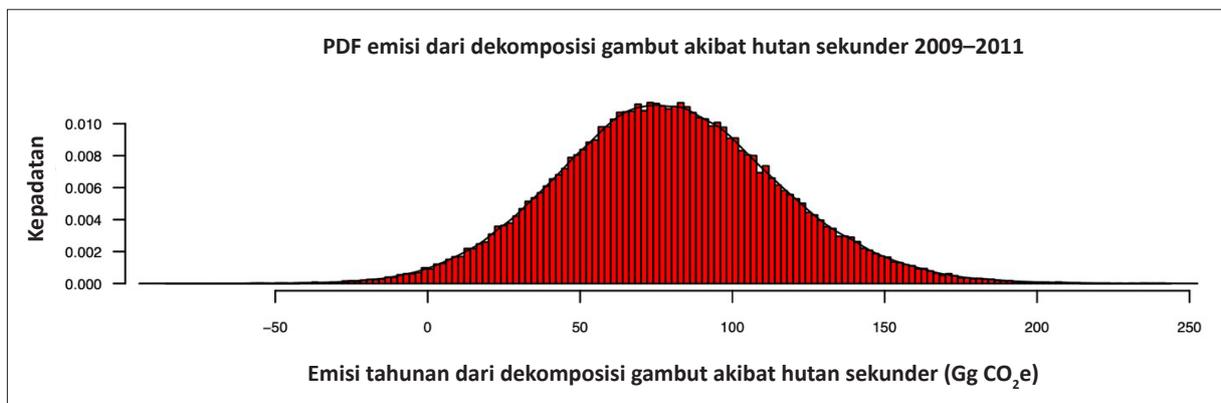
(c)



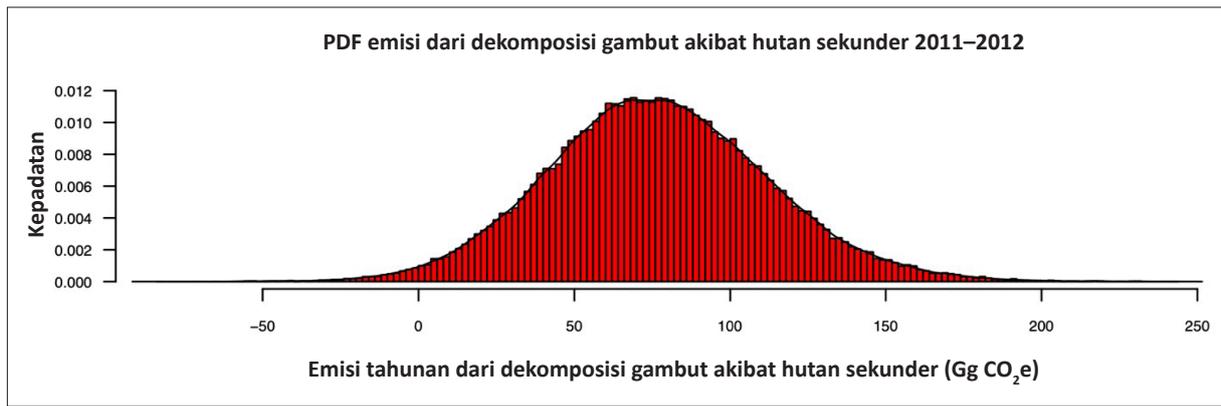
(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 15 Fungsi kerapatan emisi dari dekomposisi gambut akibat hutan sekunder per periode: (a) 1990–1996 (b) 1996–2000, (c) 2000–2003, (d) 2003–2006, (e) 2006–2009, (f) 2009–2011, dan (g) 2011–2012



6 Analisis hasil

Bagian ini menyajikan analisis perbandingan emisi dan ketidakpastian terkait yang diperoleh dalam FREL–2016 versus analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan. Analisis ini mencakup **deforestasi** (bagian 6.1), **degradasi** (bagian 6.2), **dekomposisi gambut** (bagian 6.3) dan **total emisi** (bagian 6.4).

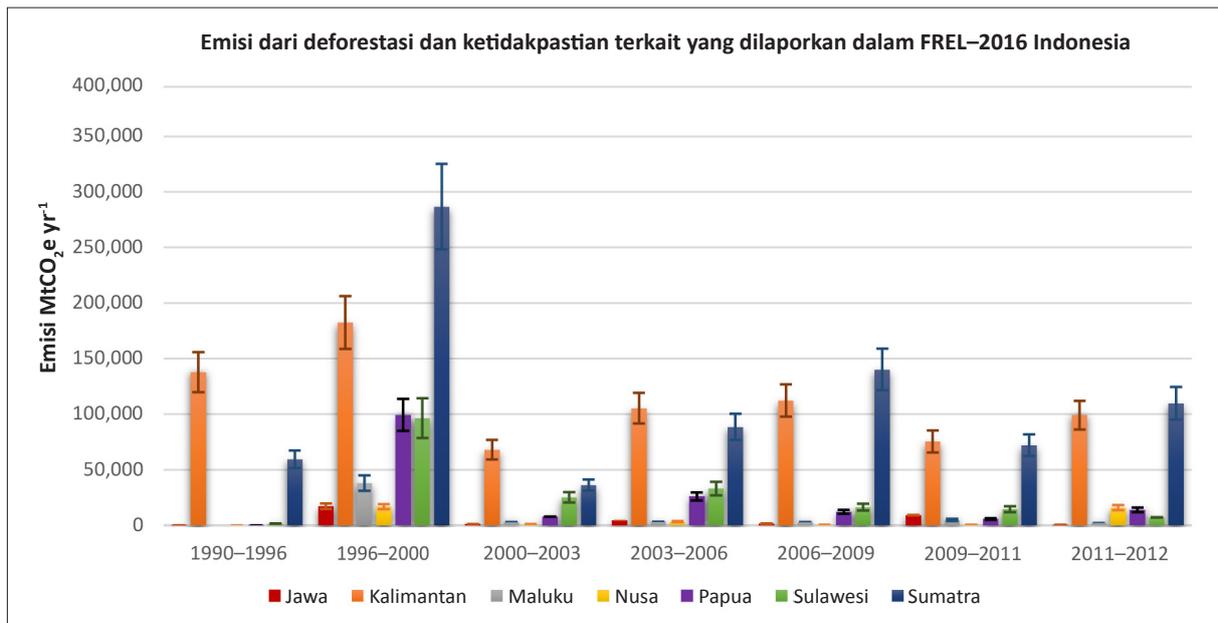
Analisis komparatif ini menilai dampak peningkatan dalam kombinasi ketidakpastian melalui penerapan MCS.

6.1 Analisis Komparatif Emisi Dari Deforestasi Dan Ketidakpastian Terkait

Tabel 15 dan Gambar 16 menunjukkan emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL–2016 per periode pada tingkat pulau. Informasi ini diambil dari tabel di Lampiran 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, dan 8.7 dari FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia (KLHK 2016). Seperti yang disajikan dalam Tabel 15 dan Gambar 16, di sebagian besar periode dan pulau, ketidakpastian emisi dari deforestasi memiliki nilai sekitar 14%.

Tabel 15 Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia pada tingkat pulau

Pulau	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)												
Jawa	2	14,42	17.250	14,42	1.126	14,42	4.437	14,42	1.425	14,42	9096	14,42	381	14,42
Kalimantan	137.900	13,00	182.554	13,00	67.984	13,00	105.419	13,00	112.239	13,00	75.467	13,00	99.114	13,00
Maluku			37.918	18,44	3.335	18,44	3.649	18,44	3.332	18,44	4.792	18,44	2.581	18,44
Nusa	73	14,42	16.832	14,42	996	14,42	3.234	14,42	469	14,42	538	14,42	16.007	14,42
Papua	34	14,42	99.313	14,42	7.926	14,42	25.991	14,42	12.295	14,42	5.671	14,42	13.903	14,42
Sulawesi	1.542	18,44	96.412	18,44	25.275	18,44	32.989	18,44	16.347	18,44	14.418	18,44	7.141	18,44
Sumatra	59.362	13,42	286.727	13,42	36.309	13,42	88.644	13,42	140.294	13,42	72.096	13,42	109.811	13,42



Gambar 16 Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL-2016 Indonesia

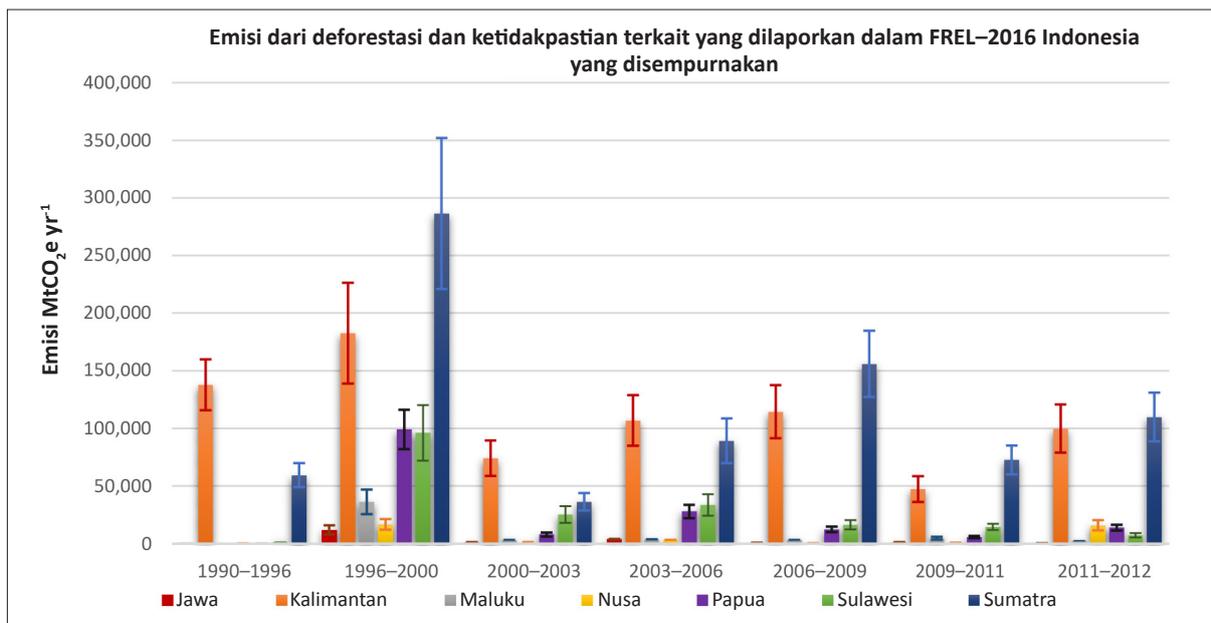
Sumber: KLHK 2016

Tabel 16 dan Gambar 17 menunjukkan emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS) untuk analisis ketidakpastian FREL-2016 yang disempurnakan per periode dan pada tingkat pulau. Informasi ini dihasilkan melalui MCS dengan menggunakan data analisis ketidakpastian FREL-2016 yang disempurnakan. Seperti yang dimuat dalam Tabel 16 dan Gambar 17, di sebagian besar periode dan pulau, ketidakpastian emisi dari deforestasi memiliki nilai antara 20% dan 30%.

Tabel 16 Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS) yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL-2016 Indonesia yang disempurnakan

Pulau	1990-1996		1996-2000		2000-2003		2003-2006		2006-2009		2009-2011		2011-2012	
	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)
Jawa	2	(24, 24,1)	11.871	(33,2, 33,3)	1.091	(30, 30)	3.916	(30, 30)	622	(28,1, 28)	926	(24,9, 25,1)	372	(28,1, 28,1)
Kalimantan	137.816	(16,1, 16,3)	182.598	(24, 24)	74.143	(20,9, 20,8)	106.801	(20,6, 20,7)	114.427	(20,1, 20)	47.330	(23,8, 24,5)	99.855	(20,9, 21,1)
Maluku	-	(24,9, 25,7)	36.306	(29,2, 29,8)	3.334	(30,3, 31,5)	3.647	(30,5, 31,2)	3.332	(28, 29,1)	4.659	(23,5, 24,3)	2.572	(28,1, 29)
Nusa	73	(26,6, 28,7)	16.770	(27,3, 29)	996	(22,7, 23,5)	3.216	(30,3, 32,4)	468	(28,4, 30,3)	537	(23,1, 24,8)	15.968	(27,7, 29,5)
Papua	34	(19,3, 20,4)	99.130	(17,2, 17,6)	7.925	(22,7, 24,8)	27.919	(20,7, 21,5)	12.306	(19,2, 20,3)	5.669	(16,2, 16,4)	13.895	(18,3, 19)
Sulawesi	1.541	(20,8, 21,4)	96.163	(25,2, 25,7)	25.292	(29, 29,3)	33.545	(27,8, 28,3)	16.369	(25,2, 25,5)	14.443	(19, 19,3)	7.249	(24,6, 25,3)
Sumatra	59.355	(17,5, 17,9)	286.454	(22,9, 23,2)	36.358	(20,9, 21,1)	89.249	(21,9, 22,4)	156.001	(18,4, 18,8)	72.682	(17,2, 17,5)	109.875	(19,3, 19,6)

Sumber: KLHK 2016

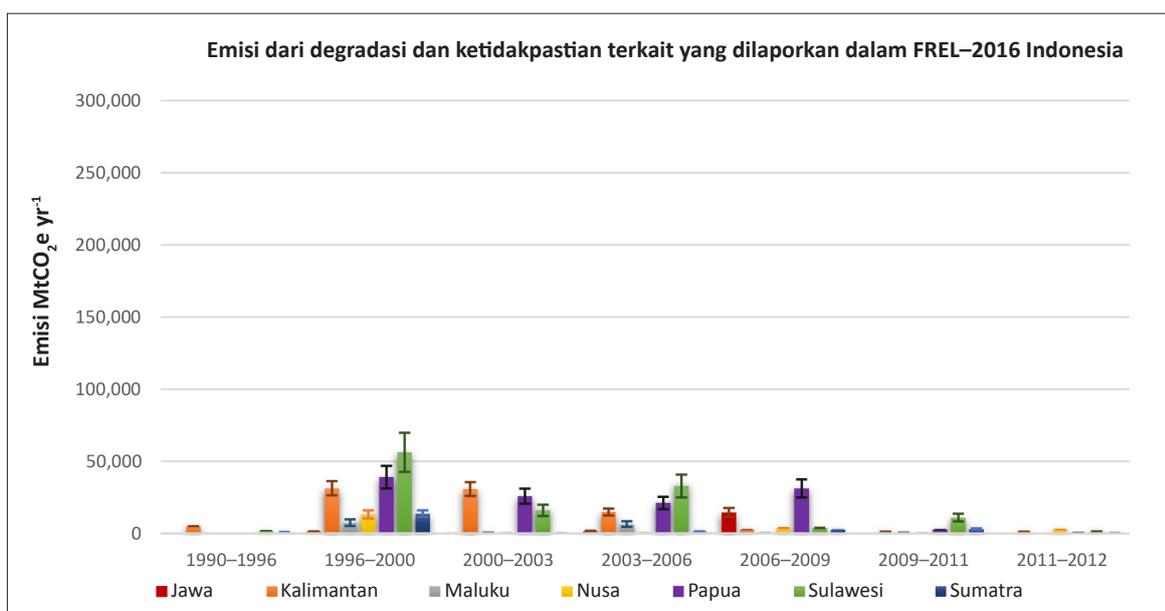


Gambar 17 Emisi dari deforestasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL-2016 Indonesia yang disempurnakan

Dengan membandingkan hasil Tabel 15/Gambar 16 dengan Tabel 16/Gambar 17, ketidakpastian emisi dari deforestasi yang dilaporkan dalam FREL-2016 diperkirakan 1,5 hingga 2 kali lebih rendah. Penilaian ketidakpastian yang rendah ini secara umum terjadi di semua periode dan pulau.

6.2 Analisis Perbandingan Emisi Dari Degradasi Dan Ketidakpastian Terkait

Tabel 17 dan Gambar 18 menunjukkan emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL-2016 per periode dan di tingkat pulau. Informasi ini diambil dari Lampiran 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, dan 8.7 dari FREL-2016. Seperti yang disajikan dalam Tabel 17 dan Gambar 18, di sebagian besar periode dan pulau, ketidakpastian emisi dari degradasi memiliki nilai antara 15% dan 20%.



Gambar 18 Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL-2016 Indonesia

Sumber: KLHK 2016

Tabel 17 Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL-2016

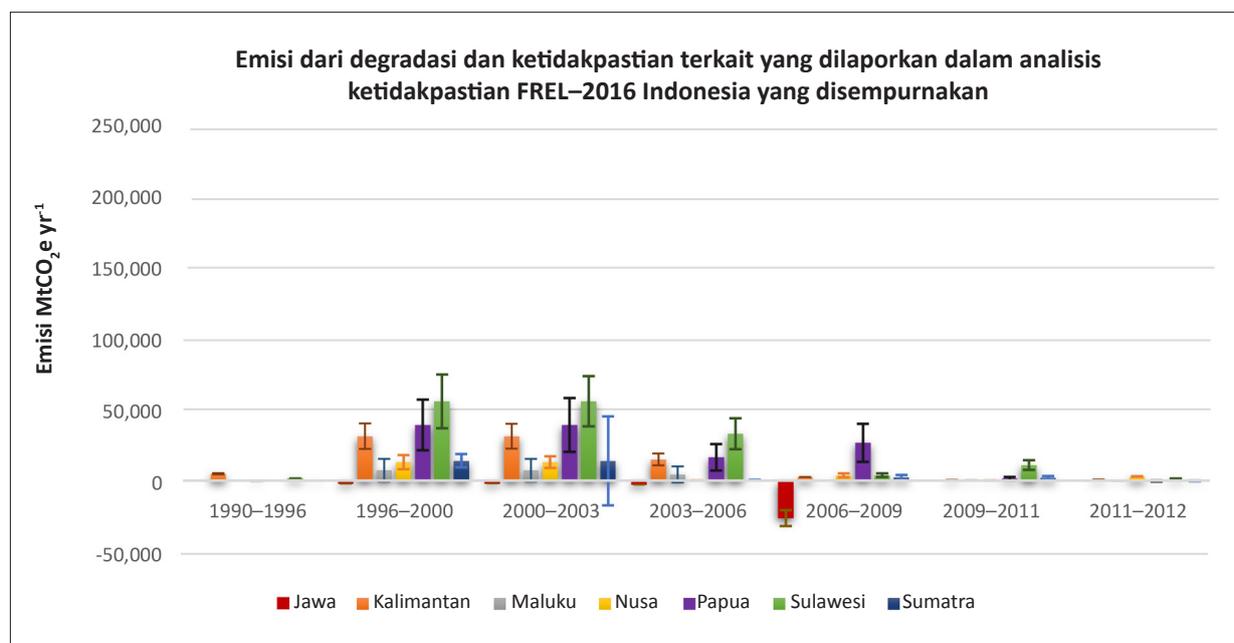
Pulau	1990-1996		1996-2000		2000-2003		2003-2006		2006-2009		2009-2011		2011-2012	
	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO ₂ e yr ⁻¹	U (%)
Jawa			1.179	20,81	42	20,81	1.553	20,81	14.668	20,81				
Kalimantan	5.089	15,62	31.345	15,62	30.854	15,62	14.911	15,62	2.696	15,62	1.037	15,62	1.164	15,62
Maluku			7.496	30,46	540	30,46	6.552	30,46	189	30,46	509	30,46		
Nusa			13.247	20,81	221	20,81	216	20,81	3.820	20,81	203	20,81	2.839	20,81
Papua			39.089	20,00	25.835	20,00	21.189	20,00	31.279	20,00	2.633	20,00	397	20,00
Sulawesi	1.944	24,19	56.265	24,19	16.045	24,19	32.855	24,19	3.848	24,19	11.067	24,19	1.240	24,19
Sumatra	644	53,85	13.774	16,97	154	16,97	1.320	16,97	2.727	16,97	3.062	16,97	282	16,97

Tabel 18 dan Gambar 19 menunjukkan emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS) untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan per periode dan di tingkat pulau. Informasi ini dihasilkan melalui penerapan MCS menggunakan data analisis ketidakpastian yang disempurnakan dari FREL–2016 yang disempurnakan. Seperti yang ditampilkandalam Tabel 18 dan Gambar 19, pada sebagian besar periode dan pulau, ketidakpastian emisi dari degradasi memiliki nilai antara 20% dan 50%.

Tabel 18 Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 2: MCS) yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Pulau	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)
Jawa			-2.098	(24, 24,1)	-70	(22, 22)	-2.772	(24, 24)	-26.072	(21, 20,9)				
Kalimantan	4.926	(23,4, 25,6)	31.209	(28,7, 32,1)	30.885	(27,7, 31,4)	14.930	(28,1, 31,5)	2.699	(26,3, 29,2)	1.029	(26,3, 29,1)	1.164	(29,6, 32,7)
Maluku			7.472	(106,1, 113,8)	539	(104,7, 111,2)	4.562	(124,3, 131,9)	784	(27,9, 31,1)	524	(100,8, 107,3)	0	(19,8, 19,9)
Nusa	6	(26,8, 29,5)	13.146	(37,6, 42,9)	250	(30,8, 35,1)	216	(37, 42)	3.820	(35,4, 40)	203	(35, 39,2)	3.052	(33,3, 38,6)
Papua			39.085	(45,2, 51,8)	22.834	(48,3, 53,8)	16.485	(56,2, 61,7)	26.675	(49,7, 54,8)	1.520	(85,4, 87,8)	-102	(421,8, 411)
Sulawesi	1.951	(30, 33,6)	55.682	(33,8, 38,8)	16.169	(31,5, 35,5)	32.957	(32,7, 37,4)	3.918	(30,2, 34,1)	11.072	(30,8, 34,6)	1.240	(32,9, 37,6)
Sumatra	489	(88, 90)	14.049	(33,3, 37,9)	57	(221,3, 225,4)	769	(95,2, 97,7)	2.414	(69,7, 71,8)	2.288	(50,6, 52)	80	(312,1, 322,8)

Sumber: KLHK 2016



Gambar 19 Emisi dari degradasi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Sumber: KLHK 2016

Dengan membandingkan hasil Tabel 17/Gambar 18 dengan hasil Tabel 18/Gambar 19, ketidakpastian emisi dari degradasi yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia yang diajukan dinilai setidaknya 2 kali lebih rendah. Secara umum, penilaian ketidakpastian yang lebih rendah ini terjadi di semua periode dan pulau.

6.3 Analisis Komparatif Emisi Dari Dekomposisi Gambut Dan Ketidakpastian Terkait

Tabel 19 menunjukkan emisi dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia per periode dan di tingkat pulau. Informasi ini diambil dari tabel di Lampiran 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 dan 8.7 dari FREL–2016 yang diajukan (KLHK 2016). Ketidakpastian yang disajikan dalam Tabel 19 digabungkan (menggunakan Pendekatan IPCC 1) untuk memperoleh ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut per periode karena tidak dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia. Hasil ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut per periode ditunjukkan pada Tabel 19 dan Tabel 20.

Tabel 19 Emisi dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait (diperkirakan menggunakan Pendekatan IPCC 1: PEA) yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia

Pulau	1990–1996		1996–2000		2000–2003		2003–2006		2006–2009		2009–2011		2011–2012	
	Emisi MtCO _{2e} yr ⁻¹	U (%)												
Java														
Kalimantan	72.477	53,85	73.015	53,85	73.795	53,85	75.194	53,85	77.735	53,85	80.499	53,85	82.194	53,85
Maluku														
Nusa														
Papua	7.347	53,85	8.808	53,85	10.574	53,85	11.510	53,85	12.602	53,85	13.136	53,85	13.249	53,85
Sulawesi														
Sumatra	71.989	53,85	82.993	53,85	90.388	53,85	97.530	53,85	109.782	53,85	122.214	53,85	130.725	53,85
Total	151.783	36,32	164.816	36,23	174.757	36,10	184.235	36,15	200.119	36,36	215.799	36,23	226.168	31,28

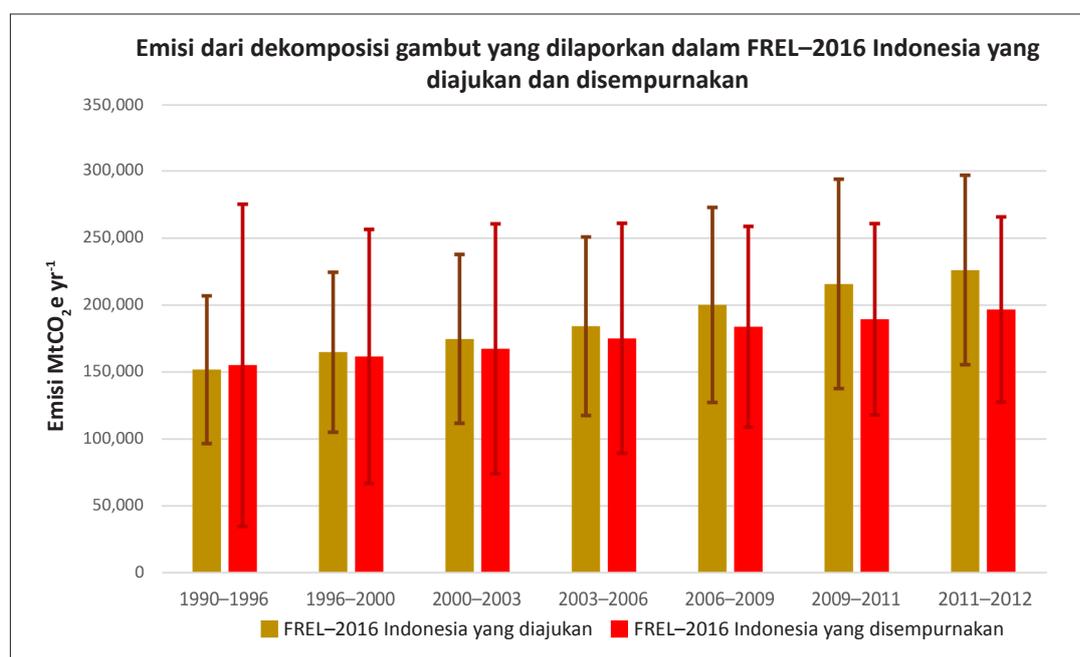
Sumber: KLHK 2016

Tabel 20 dan Gambar 20 menampilkan emisi dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian yang disempurnakan. Ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut per periode untuk FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia diperoleh menurut proses yang dijelaskan sebelumnya. Ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut untuk analisis ketidakpastian dari FREL–2016 yang disempurnakan diperoleh oleh MCS.

Pada Tabel 20 dan Gambar 20, dengan membandingkan ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia dengan analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan, terdapat perkiraan yang lebih rendah dari ketidakpastian yang dilaporkan dalam FREL–2016. Perkiraan yang lebih rendah tersebut ditekankan dalam empat periode pertama dan berkurang dalam tiga periode terakhir. Dalam kasus ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut yang dilaporkan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan, hal ini berkurang seiring waktu karena efek akumulatif dari emisi akibat dekomposisi gambut.

Tabel 20 Emisi dari dekomposisi gambut dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Periode	FREL-2016 yang dilaporkan (KLHK 2016)		Analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan	
	Emisi Mt CO ₂ e yr ⁻¹	Ketidakpastian	Emisi Mt CO ₂ e yr ⁻¹	Ketidakpastian
1990-1996	151,783	36,33	155.089	(77,5, 82,6)
1996-2000	164,816	36,23	161.611	(58,7, 61,9)
2000-2003	174,757	36,10	167.420	(55,7, 61,9)
2003-2006	184,235	36,15	175.129	(49, 52,6)
2006-2009	200,119	36,36	183.761	(40,8, 43,4)
2009-2011	215,799	36,23	189.338	(37,7, 40,1)
2011-2012	226,168	31,28	196.635	(35,2, 37,8)



Gambar 20 Emisi dari dekomposisi gambut yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

6.4 Analisis Komparatif Total Emisi Dan Ketidakpastian Terkait

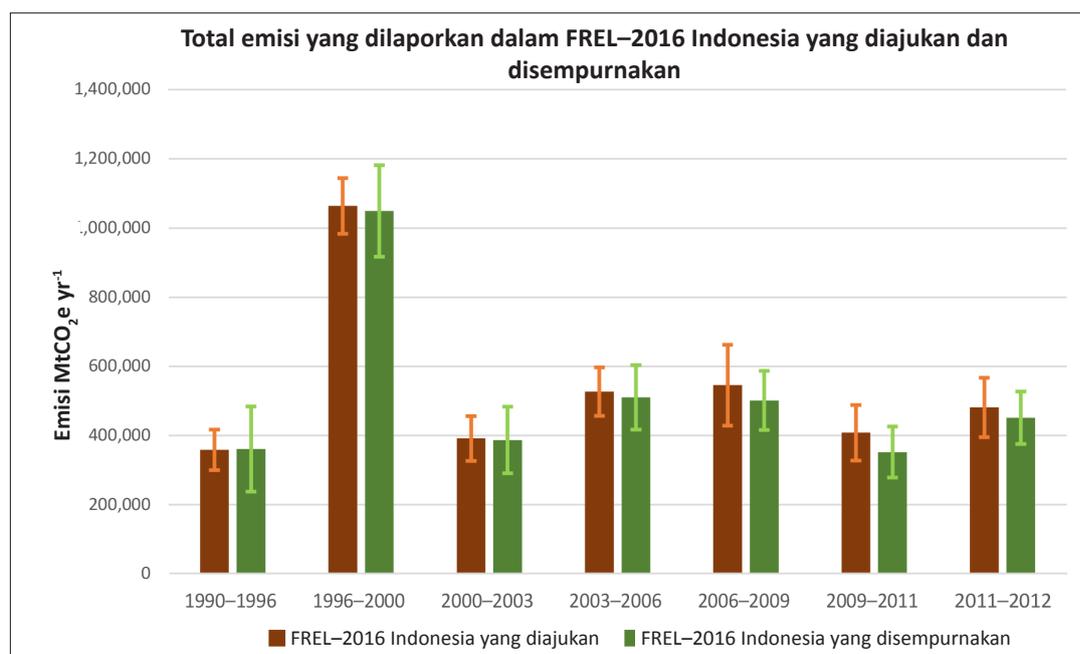
Tabel 21 dan Gambar 21 menunjukkan total emisi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan. Ketidakpastian total emisi untuk FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia diperoleh dari Tabel 5 dan tabel dalam Lampiran 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, dan 8.7 dari FREL–2016 yang diajukan (KLHK 2016). Ketidakpastian total emisi untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan diperoleh melalui penerapan MCS.

Pada Tabel 21 dan Gambar 21, dengan membandingkan ketidakpastian total emisi yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia dengan analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan, pengidentifikasi perkiraan yang lebih rendah dari ketidakpastian yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan dapat dilakukan untuk empat periode pertama. Perkiraan yang lebih rendah ini berkurang dalam tiga periode terakhir.

Tabel 21 Total emisi dan ketidakpastian terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Periode	FREL-2016 yang dilaporkan (KLHK 2016)		Analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan	
	Emisi Mt CO ₂ e yr ⁻¹	Ketidakpastian	Emisi Mt CO ₂ e yr ⁻¹	Ketidakpastian
1990–1996	358.372	16,33	361.281	(34,1, 36,0)
1996–2000	1.064.218	7,56	1.049.447	(12,6, 12,9)
2000–2003	391.399	16,50	387.225	(24,9, 26,4)
2003–2006	527.194	13,29	510.569	(18,3, 19,3)
2006–2009	545.747	21,48	501.524	(17,0, 17,8)
2009–2011	408.202	19,70	352.219	(21,0, 22,1)
2011–2012	481.026	17,84	451.854	(16,8, 17,7)

Sumber: KLHK 2016



Gambar 21 Total emisi yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia dan dalam analisis ketidakpastian FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Ada beberapa kasus di mana: (i) ketidakpastian emisi tahunan dari dekomposisi gambut (terutama karena degradasi dan hutan sekunder) pada tingkat transisi besar dan distribusinya tidak normal, dan (ii) distribusi emisi tahunan dari degradasi pada tingkat transisi tidak normal. Oleh karena itu, lebih tepat untuk menggabungkan ketidakpastian dari analisis ketidakpastian FREL-2016 yang disempurnakan menggunakan teknik statistik numerik, khususnya teknik Monte Carlo, daripada menggunakan Pendekatan 1.



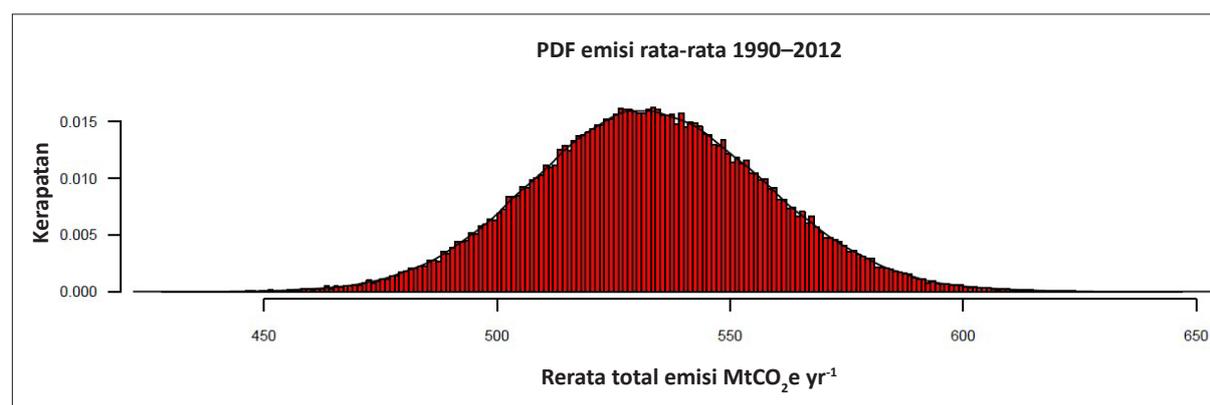
7 Penyempurnaan Ketidakpastian *Baseline* FREL

7.1 Ketidakpastian *Baseline*

Dengan menggunakan total emisi yang disimulasikan per periode, ketidakpastian total emisi rata-rata diperkirakan menggunakan MCS. Tabel 22 menunjukkan *baseline* 1990–2012, kuantil 2,5%, kuantil 97,5%, dan ketidakpastian bawah dan atas *baseline* ini. Ketidakpastian ini diperoleh dari PDF yang ditunjukkan pada Gambar 22.

Tabel 22 *Baseline* (1990–2012) dan ketidakpastian terkait dari analisis FREL–2016 Indonesia yang disempurnakan

Periode	<i>Baseline</i> MtCO ₂ e yr ⁻¹	Kuantil 2.5	Kuantil 97.5	Ketidakpastian lebih rendah (%)	Ketidakpastian lebih atas (%)
1990–2012	532.714,6	484.294,5	582.421,2	9,1	9,3



Gambar 22 Fungsi kerapatan emisi total rata-rata tahun 1990–2012

7.2 Analisis Ketidakpastian *Baseline*

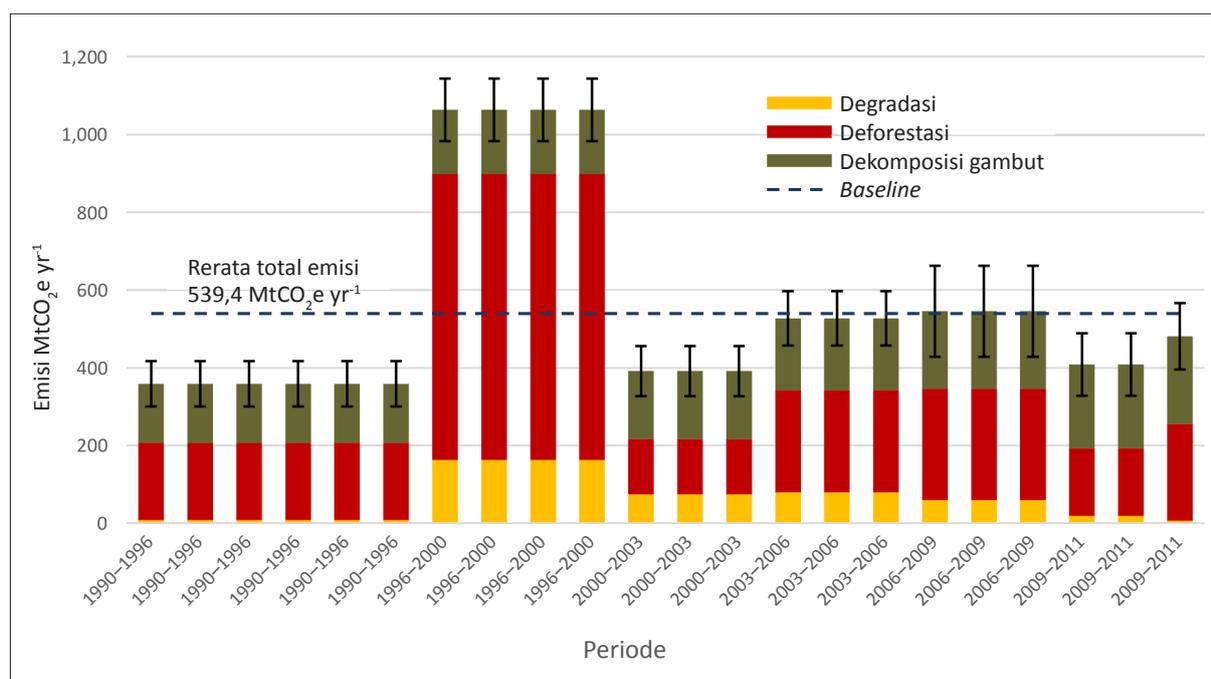
7.2.1 Ketidakpastian *Baseline* dari FREL–2016 yang Diajukan oleh Indonesia

Tabel 23 dan Gambar 23 menunjukkan emisi per periode dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut dan totalnya, dan ketidakpastian keseluruhan terkait yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia. Ketidakpastian keseluruhan per periode memiliki nilai antara 13% dan 20%, dan ‘ketidakpastian rata-rata’ diperkirakan sebagai rata-rata keseluruhan dari ketidakpastian per periode. Karena *baseline* merupakan hasil penjumlahan emisi per periode dibagi dengan suatu konstanta (jumlah tahun periode referensi), metode yang tepat untuk menggabungkan ketidakpastian (yang menggunakan Pendekatan IPCC 1) dari suatu rata-rata adalah dengan menggunakan Persamaan IPCC 3.2.

Ketika menggabungkan ketidakpastian total emisi (dari FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia) per periode menggunakan Persamaan IPCC 3.2, ketidakpastian *baseline* memiliki nilai sebesar 5,6%, yang berbeda dari 16% yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia.

Tabel 23 Emisi, ketidakpastian emisi secara keseluruhan, ketidakpastian *baseline* dan *baseline* dari FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia

Sumber Emisi	Emisi dalam setiap periode (CO ₂ e)						
	1990–1996	1996–2000	2000–2003	2003–2006	2006–2009	2009–2011	2011–2012
Deforestasi	198.912.693	737.006.187	142.951.619	264.363.082	286.400.629	173.891.040	248.937.119
Degradasi Hutan	7.676.560	162.396.173	73.690.805	78.596.482	59.226.954	18.511.560	5.920.802
Dekomposisi Gambut	151.782.943	164.815.980	174.757.024	184.235.616	200.118.642	215.799.004	226.167.756
Total	358.372.196	1.064.218.341	391.339.448	527.194.180	545.746.225	408.201.603	481.025.677
% Ketidakpastian	16	8	17	13	22	20	18
Rata-rata Emisi (<i>baseline</i>)	539.442.524						
Rata-rata Ketidakpastian (%)	16,10						
Ketidakpastian rata-rata yang benar (%)	5,6						



Gambar 23 Emisi historis tahunan dan rata-rata tahunan (dan ketidakpastian terkait) dari deforestasi, degradasi hutan, dan dekomposisi gambut terkait (dalam MtCO₂) di Indonesia dari tahun 1990 hingga 2012

Sumber: FREL–2016 yang diajukan oleh Indonesia (KLHK 2016)

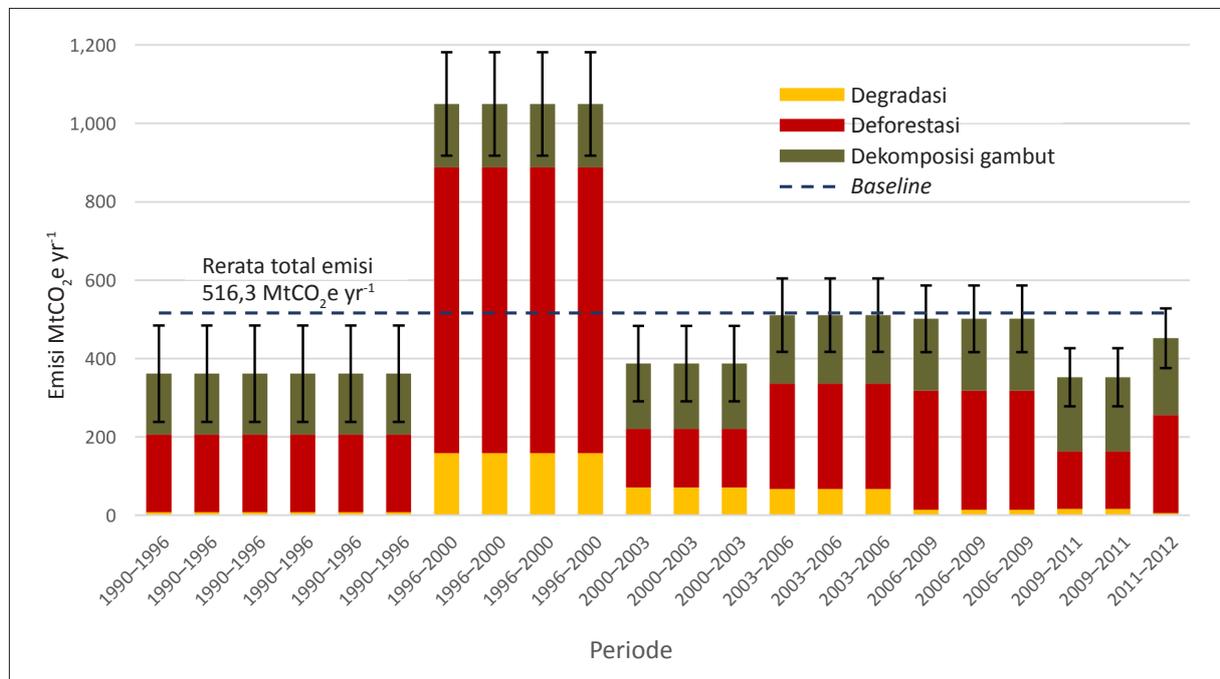
7.2.2 Ketidakpastian *Baseline* Dari Analisis Ketidakpastian FREL–2016 Indonesia Yang Disempurnakan

Tabel 24 dan Gambar 24 menunjukkan emisi per periode dari deforestasi, degradasi hutan, dekomposisi gambut, dan total serta ketidakpastian keseluruhan terkait dari analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan. Ketidakpastian keseluruhan per periode memiliki nilai antara 17% dan 34%, dan ketidakpastian dasar memiliki nilai –9,1% dan +9,3%, yang diperoleh menggunakan MCS.

Ketidakpastian *baseline* saat ini (-9,1, +9,3) lebih kecil dibandingkan ketidakpastian (16%) yang dilaporkan dalam FREL-2016 yang diajukan oleh Indonesia. Hal ini karena ‘ketidakpastian rata-rata’ yang dilaporkan dalam FREL-2016 diperkirakan sebagai rata-rata keseluruhan dari ketidakpastian per periode. Hal ini menyiratkan estimasi yang lebih tinggi dari ketidakpastian *baseline* yang dilaporkan dalam FREL-2016 yang diajukan oleh Indonesia.

Tabel 24 Emisi, ketidakpastian emisi secara keseluruhan, *baseline*, dan ketidakpastian *baseline* dari analisis ketidakpastian FREL-2016 Indonesia yang disempurnakan

Sumber Emisi	Emisi dalam setiap periode (CO ₂ e)						
	1990-1996	1996-2000	2000-2003	2003-2006	2006-2009	2009-2011	2011-2012
Deforestasi	198.820.107	729.291.626	149.140.085	268.293.601	303.524.280	146.245.646	249.784.946
Degradasi Hutan	7.371.297	158.544.464	70.665.360	67.146.509	14.239.025	16.635.247	5.434.286
Dekomposisi Gambut	155.089.435	161.611.066	167.419.765	175.128.726	183.760.938	189.338.047	196.635.181
Total	361.280.839	1.049.447.156	387.225.210	510.568.836	501.524.243	352.218.940	451.854.413
% Ketidakpastian	34	13	25	18	17	21	17
Rata-rata Emisi (<i>baseline</i>)	516.302.805						
Rata-rata Ketidakpastian (%)	(-9,1, +9,3)						



Gambar 24 Emisi historis tahunan dan rata-rata tahunan (dan ketidakpastian terkait) dari deforestasi, degradasi hutan, dan dekomposisi gambut terkait (dalam MtCO₂) di Indonesia dari tahun 1990 hingga 2012

Sumber: Analisis ketidakpastian FREL-2016 Indonesia yang disempurnakan

8 Kesimpulan

- Dengan menggunakan AD, EF, dan ketidakpastian terkait yang disediakan oleh Pemerintah Indonesia, ketidakpastian FREL–2016 Indonesia dihitung ulang oleh MCS mengikuti IPCC (2006).
- Dalam “Analisis ketidakpastian yang disempurnakan dari FREL–2016” ini, ketidakpastian emisi dari deforestasi, degradasi, dekomposisi gambut, dan total diperkirakan dengan Pendekatan 1 IPCC (PEA) dan Pendekatan 2 (MCS). Ketidakpastian yang diperkirakan dengan Pendekatan 1 mendekati ketidakpastian yang diperkirakan dengan Pendekatan 2. Ini merupakan hasil yang penting karena diharapkan bahwa Pendekatan 1 akan memberikan perkiraan ketidakpastian yang bersifat indikatif.
- Karena ketidakpastian EF dari degradasi dan dekomposisi gambut besar, maka lebih tepat untuk menggabungkan ketidakpastian analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan menggunakan MCS alih-alih Pendekatan 1.
- Ketidakpastian emisi dari deforestasi di tingkat pulau memiliki nilai antara 20% dan 30% ketika MCS digunakan, perkiraan ini lebih tinggi dari nilai 14% yang dilaporkan dalam FREL–2016. Hal ini berarti perkiraan sebelumnya 1,5 hingga 2 kali lebih rendah.
- Ketidakpastian emisi dari degradasi di tingkat pulau memiliki nilai antara 20% dan 50% ketika MCS digunakan, perkiraan ini lebih tinggi dari nilai 15% hingga 20% yang dilaporkan dalam FREL–2016. Hal ini berarti perkiraan sebelumnya setidaknya 2 kali lebih rendah.
- Ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut memiliki nilai antara 35% dan 83% dengan median 50% saat MCS digunakan, perkiraan ini lebih tinggi dari nilai 31% hingga 36% (dengan median 36%) yang dilaporkan dalam FREL–2016. Hal ini berarti perkiraan sebelumnya setidaknya 1,5 lebih rendah dalam empat periode pertama (1990–1996, 1996–2000, 2000–2003, dan 2003–2006).
- Ketidakpastian MCS emisi akibat deforestasi, degradasi, dan dekomposisi gambut pada tipe hutan, pulau, dan/atau periode dan secara keseluruhan lebih besar dari nilai-nilai yang dilaporkan dalam FREL–2016 Indonesia. Hal ini terutama karena proses yang tepat untuk menggabungkan ketidakpastian telah diterapkan dalam analisis saat ini dengan menggunakan pendekatan MCS.
- Ketidakpastian (yang diperoleh dengan MCS) dari total emisi berkurang seiring dengan waktu karena ketidakpastian emisi dari dekomposisi gambut (PD) juga berkurang seiring dengan waktu. Secara khusus, hal ini disebabkan oleh proporsi “emisi karena PD–deforestasi”/ “emisi karena PD–total” meningkat dari 14% pada 1990–1996 menjadi 59% pada 2011–2012 (lihat Tabel 13). Di sisi lain, proporsi “emisi karena PD–hutan sekunder”/ “emisi karena PD–total” telah menurun dari 86% pada 1990–1996 menjadi 39% pada 2011–2012. Karena ketidakpastian emisi akibat PD–deforestasi lebih kecil daripada ketidakpastian emisi akibat PD–hutan sekunder, bobot ketidakpastian emisi akibat PD–deforestasi meningkat seiring dengan peningkatan proporsi “emisi akibat PD–deforestasi”/“emisi akibat PD–total”.
- Ketidakpastian dasar yang diestimasi untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan menggunakan MCS memiliki nilai (–9,1, +9,3) lebih kecil daripada ketidakpastian yang dilaporkan dalam FREL–2016 yang diajukan (16,1%). Namun demikian, menurut data dalam Tabel 5 dari FREL–2016 yang diajukan, ketidakpastian *baseline* ditaksir terlalu tinggi karena ketidakpastian digabungkan secara tidak tepat dengan menggunakan Pendekatan 1.
- Dengan mempertimbangkan nilai AD, EF, dan ketidakpastian terkait yang diberikan oleh pemerintah Indonesia untuk analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan, dapat dipastikan bahwa ketidakpastian *baseline* (diperkirakan dengan MCS) memiliki nilai –9,1 dan +9,3. Hasil ini diverifikasi dengan hasil Pendekatan 1 IPCC. Namun demikian, dengan mempertimbangkan bahwa penduga AD yang tidak bias dan ketidakpastian terkait yang dapat diandalkan perlu disertakan di masa mendatang, ketidakpastian *baseline* perlu diestimasi ulang menggunakan masukan baru ini. Selanjutnya, ketidakpastian AD yang tidak bias mungkin lebih besar daripada yang dilaporkan saat ini. Oleh karena itu, ketidakpastian *baseline* dari analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan dapat diperkirakan lebih rendah secara signifikan.

9 Rekomendasi

- Analisis ketidakpastian AD harus ditingkatkan, seperti yang disarankan dalam paragraf 26 dari “Laporan tentang penilaian teknis usulan rujukan tingkat emisi hutan Indonesia yang diajukan pada tahun 2016” (UNFCCC 2016). Untuk tujuan tersebut, area yang disesuaikan dan ketidakpastian terkait dapat diperkirakan mengikuti Oloffsson (2013, 2014, 2020). Penggunaan area yang disesuaikan sebagai AD akan menjamin penggunaan penduga yang tidak bias dari laju deforestasi dalam pengkinian FREL Indonesia. Ini akan menjawab persyaratan ‘akurasi’ dari Lampiran keputusan 12/CP.17 (UNFCCC 2012).
- Penduga AD yang andal dan tidak bias mungkin akan menjawab ketidakpastian AD yang lebih besar. Jika ketidakpastian AD lebih besar di masa mendatang, akan dapat diterima untuk menggabungkan ketidakpastian FREL Indonesia yang diperkini menggunakan teknik Monte Carlo.
- Dalam beberapa kasus, ketidakpastian EF tampaknya terlalu kecil dibandingkan dengan ukuran sampel yang digunakan untuk mendapatkannya. Oleh karena itu, ketidakpastian EF harus ditinjau dan diestimasi ulang.
- Di masa mendatang, ketika AD akan diperoleh dari estimator tak bias mengikuti Oloffsson (2013, 2014, 2020), domain AD dan EF akan berbeda. Dalam kasus tersebut, AD dan EF dapat digabungkan mengikuti Birigazzi (2018).
- Ketika AD diperoleh dari estimator tak bias dan AD serta EF digabungkan dengan benar, analisis ketidakpastian FREL–2016 yang disempurnakan dapat ditinjau kembali dengan menggunakan MCS.



© Ricky Martin

Referensi

- Birigazzi L, Gamarra J, Gregoire T. 2018. Unbiased emission factor estimators for large-area forest inventories: Domain assessment techniques. *Environmental and Ecological Statistics* 25(2):199–219. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10651-018-0397-3>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. In Eggleston S, Buendia L., Miwa K, Ngara T, Tanabe K. (eds). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan: IPCC/IGES.
- MoEF (Ministry of Environment and Forestry). 2018. Indonesia Second Biennial Update Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Jakarta, Indonesia: Directorate General of Climate Change, the Ministry of Environment and Forestry.
- MoEF (Ministry of Environment and Forestry). 2016. National Forest Reference Emission Level for Deforestation and Forest Degradation: In the context of Decision 1/CP.16 para 70 UNFCCC (Encourages developing country Parties to contribute to mitigation actions in the forest sector): Post Technical Assessment by UNFCCC. Jakarta, Indonesia: Directorate General of Climate Change, Ministry of Environment and Forestry.
- Olofsson P, Arévalo P, Espejo AB, Green C, Lindquist E, McRoberts RE, Sanz MJ. 2020. Mitigating the effects of omission errors on area and area change estimates. *Remote Sensing of Environment* 236:111492. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111492>
- Olofsson P, Foody GM, Herold M, Stehman SV, Woodcock CE, Wulder MA. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148:42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Republic of Indonesia. 2017. Indonesia Third National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Jakarta, Indonesia: Directorate General of Climate Change, Ministry of Environment and Forestry.
- Olofsson P, Foody GM, Stehman SV, Woodcock CE. 2013. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment* 129:122–131. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.031>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2016. Report on the technical assessment of the proposed forest reference emission level of Indonesia submitted in 2016. FCCC/TAR/2016/IDN. Geneva: UNFCCC.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2012. Report of the Conference of the Parties on its seventeenth session, held in Durban from 28 November to 11 December 2011. FCCC/CP/2011/9/Add.2. Geneva: UNFCCC.



DOI: 10.17528/cifor-icraf/009348

Working Papers CIFOR-ICRAF berisi hasil penelitian tahap awal atau lanjut, yang merupakan isu penting terkait hutan tropis, dan perlu dipublikasikan pada waktu yang tepat. Makalah tersebut dibuat untuk menginformasikan sekaligus mendorong dilakukannya pembahasan. Isinya telah ditinjau secara internal, tetapi belum melewati proses tinjauan sesama rekan dari luar yang memakan waktu lebih lama.

Berdasarkan Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional (*Nationally Determined Contribution, NDC*), Indonesia terus berupaya mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Mengurangi emisi dari deforestasi dan degradasi hutan, pengelolaan hutan berkelanjutan, dan konservasi serta peningkatan stok karbon hutan (REDD+) merupakan komponen utama target NDC dari sektor lahan.

Indonesia menyerahkan FREL pertamanya pada Januari 2016 (FREL–2016) yang mencakup emisi dari deforestasi, degradasi hutan, dan dekomposisi gambut. Sebagai bagian dari peningkatan FREL–2016, FREL berikutnya harus mempertimbangkan dinamika perubahan penggunaan lahan dan emisi/penyerapan dalam biomassa dan tanah. Penyempurnaan ini perlu mengurangi ketidakpastian faktor emisi (EF) dan data aktivitas (AD) termasuk GRK non-CO₂ dan memperkuat pemantauan serapan.

Analisis dalam lembar kerja ini bertujuan untuk memperbaiki dan meninjau ulang ketidakpastian dalam FREL–2016 Indonesia dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation (MCS)*. *Working Paper* ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi Indonesia dan negara kaya lahan basah lainnya untuk memenuhi target pengurangan emisi penggunaan lahan bersyarat mereka melalui peningkatan akurasi dalam penghitungan GRK lahan basah mereka.



cifor-icraf.org

forestsnews.cifor.org

CIFOR-ICRAF

Pusat Penelitian Kehutanan Internasional dan World Agroforestry (CIFOR-ICRAF) memanfaatkan sumber daya pepohonan, hutan, dan bentang alam agroforestri untuk menghadapi tantangan terberat dunia saat ini – berkurangnya keanekaragaman hayati, perubahan iklim, ketahanan pangan, kesejahteraan, dan ketidaksetaraan. CIFOR dan ICRAF merupakan bagian dari Pusat Penelitian CGIAR.

