



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Alat Gambut-GRK

Kalkulator gas rumah kaca untuk pengelolaan lahan gambut di Indonesia

Panduan Pengguna

KERTAS KERJA TEKNIS



Sitasi yang dipersyaratkan: FAO, 2021, Alat Gambut-GRK: Kalkulator gas rumah kaca untuk pengelolaan lahan gambut di Indonesia. Manual Pengguna. Badan Pangan Dunia, Perserikatan Bangsa-bangsa, Roma, Italia.

Daftar isi

Daftar kotak.....	III
Daftar persamaan.....	III
Daftar gambar.....	IV
Daftar tabel.....	V
Ringkasan eksekutif.....	VI
Kontributor.....	VIII
Singkatan dan akronim.....	IX
1. Pengantar.....	1
2. Latar belakang dan tinjauan metodologi.....	4
2.1 Drainase dan emisi gas rumah kaca.....	4
2.2 Pembasahan dan emisi gas rumah kaca.....	8
2.3 Kategori dan representasi kelas-kelas lahan.....	10
2.4 Carbon pool.....	13
2.5 Mengembangkan skenario.....	15
2.6 Dinamika perubahan.....	16
2.7 Periode perhitungan gas rumah kaca.....	17
2.8 Rekomendasi sebelum menggunakan alat.....	17
3. Struktur alat.....	18
3.1 Modul 1: Modul 'deskripsi'.....	19
3.2 Modul 2: Modul perubahan penggunaan lahan.....	24
3.3 Modul 3: Lahan gambut pertanian yang dikelola.....	51
3.4 Modul 4: Pengelolaan hutan lahan gambut.....	60
3.5 Modul 5: Input pengapuran dan pemupukan.....	62
3.6 Modul 6: Rincian hasil.....	64
3.7 Tingkat ketidakpastian.....	67
4. Rekomendasi utama.....	68
REFERENSI.....	70
GLOSARIUM.....	72

Daftar kotak

Kotak 1. Sasaran dan tujuan alat Gambut-GRK.....	3
Kotak 2. Emisi dan pengurangan dalam alat Gambut-GRK	27

Daftar persamaan

Persamaan 1. Kehilangan karbon tahunan dari tanah organik yang kering.....	4
Persamaan 2. Emisi tahunan CO ₂ dalam-tapak dari tanah organik yang kering	5
Persamaan 3. Emisi tahunan CO ₂ luar-tapak karena hilangnya DOC dari tanah organik kering.....	6
Persamaan 4. Emisi tahunan CH ₄ dari tanah organik yang kering.....	7
Persamaan 5. Emisi tahunan langsung N ₂ O yang dihasilkan dari tanah organik yang dikelola/kering.....	7
Persamaan 6. Emisi/pengurangan tahunan CO ₂ dalam-tapak dari tanah organik yang dibasahi.....	9
Persamaan 7. Emisi tahunan CO ₂ di luar-tapak karena hilangnya DOC dari tanah organik yang dibasahi.....	9
Persamaan 8. Emisi/pengurangan tahunan CH ₄ dari tanah organik yang dibasahi kembali	10

Daftar gambar

Gambar 1 Halaman awal kalkulator Gambut-GRK	2
Gambar 2. Modul 1: Deskripsi	19
Gambar 3. Peta zona iklim IPCC Indonesia yang digunakan pada alat.....	21
Gambar 4. Peta tanah dunia yang telah diharmonisasikan untuk Indonesia berdasarkan jenis tanah IPCC..	22
Gambar 5. Contoh representasi jenis tanah dengan menggunakan aplikasi <i>Google Earth Engine</i>	24
Gambar 6. Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut	25
Gambar 7. Bagian Tier 2 pada Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut	28
Gambar 8. Modul 2.2: Reforestasi lahan gambut	41
Gambar 9. Bagian Tier 2 Modul 2.2: Reforestasi lahan gambut.....	43
Gambar 10. Modul 2.3: Perubahan penggunaan lahan non-hutan	47
Gambar 11. Bagian Tier 2 Modul 2.3: Perubahan penggunaan lahan non-hutan	49
Gambar 12. Modul 3.1: Lahan pertanian tahunan di atas tanah organik tropis.....	52
Gambar 13. Bagian Tier 2 Modul 3.1: Lahan pertanian tahunan di atas tanah organik tropis.....	53
Gambar 14. Sub-modul 3.2.1: Tanaman perkebunan dari penggunaan lahan lain atau dikonversi ke penggunaan lahan lain	55
Gambar 15. Sub-modul 3.2.2: Tanaman perkebunan tetap menjadi tanaman perkebunan dengan area total tetap sama.....	57
Gambar 16. Modul 3.3: Sawah padi di tanah organik yang kering dengan area total tetap sama.....	59
Gambar 17. Modul 4: Pengelolaan hutan lahan gambut	60
Gambar 18. Modul 5: Input pengapuran.....	63
Gambar 19. Bagian Tier 2 Modul 5.1: Input pengapuran dan pemupukan	64
Gambar 20. Modul 6: Rincian hasil.....	65
Gambar 21. Grafik dari modul hasil-hasil	66
Gambar 22. Rincian matriks perubahan penggunaan lahan skenario tanpa dan dengan-proyek.....	67
Gambar 23. Estimasi tingkat ketidakpastian	67

Daftar tabel

Tabel 1. Kelas tutupan lahan Indonesia yang diikutsertakan ke dalam alat	14
Tabel 2. Deskripsi modul-modul yang dimasukkan dalam Gambut-GRK	18
Tabel 3. Biomassa atas-tanah distratifikasi berdasarkan jenis hutan dan pulau	29
Tabel 4. Rasio biomassa bawah-tanah terhadap biomassa atas-tanah dari berbagai jenis hutan	30
Tabel 5. Nilai <i>default</i> untuk sampah tanaman distratifikasi berdasarkan zona ekologis dan jenis hutan	31
Tabel 6. Nilai <i>default</i> untuk kayu mati distratifikasi berdasarkan zona ekologis dan jenis hutan	31
Tabel 7. Default stok karbon biomassa di atas lahan setelah deforestasi	32
Tabel 8. Faktor emisi CO ₂ untuk tanah organik yang kering dalam kategori penggunaan lahan	34
Tabel 9. Faktor emisi metana untuk tanah organik tropis kering pada seluruh kategori penggunaan lahan	36
Tabel 10. Faktor emisi langsung nitrogen oksida untuk tanah organik kering pada seluruh kategori penggunaan lahan	37
Tabel 11. Default faktor emisi karbon organik larut untuk tanah organik tropis	39
Tabel 12. Default faktor emisi metana untuk parit-parit drainase	40
Tabel 13. <i>Default</i> laju pertumbuhan biomassa atas-tanah dan biomassa bawah-tanah	44
Tabel 14. Default stok karbon biomassa pada lahan yang dikonversi ke hutan	45
Tabel 15. Default faktor emisi untuk estimasi emisi nitrogen oksida dari tanah yang dikelola	64

Ringkasan eksekutif

Secara global, lahan gambut menempati hanya 3 persen dari area lahan dunia. Namun, mereka mampu menyimpan karbon dua kali lebih banyak dari hutan dunia. Sekitar 36 persen dari lahan gambut tropis dunia berada di Indonesia. Meskipun berperan penting sebagai penyimpanan karbon, lahan gambut Indonesia mengalami deforestasi dan drainase akibat penebangan, pertanian, kebakaran, pengumpulan kayu bakar, dan penggembalaan ternak terutama sejak 1980-an. Menurut perkiraan, emisi gas rumah kaca (GRK) yang terkait dengan gambut bertanggung jawab sedikitnya 38 persen terhadap total neraca karbon nasional. Upaya mitigasi perubahan iklim di Indonesia berorientasi pada penurunan emisi yang berasal dari deforestasi dan degradasi hutan alam serta dekomposisi lahan gambut melalui kegiatan-kegiatan konservasi dan restorasi. Tahun 2030, diharapkan lebih dari 2 juta hektar lahan gambut yang telah terdegradasi di Indonesia dapat direstorasi sehingga mampu memenuhi target penurunan seperti yang dilaporkan Indonesia dalam Kontribusi yang Ditetapkan secara Nasional atau *Nationally Determined Contribution* (NDC) terhadap *Paris Agreement* yang telah disampaikan pada Konvensi PBB untuk Perubahan Iklim (UNFCCC) tahun 2016. Penyampaian NDC yang baru, yang diharapkan pada tahun 2021, kemungkinan besar akan menampilkan angka-angka baru.

Dalam proyek ‘Development of an Innovative Peatland Monitoring System (PRIMS)’, telah dikembangkan kalkulator Gambut-GRK dan manualnya sebagai bagian dari dukungan teknis FAO. Gambut-GRK adalah alat berbasis Excel yang memberikan estimasi *ex-ante* emisi GRK antropogenik yang berasal dari praktik-praktik pengelolaan lahan gambut di Indonesia. Alat ini dikembangkan guna mendukung para pemangku kepentingan nasional utama di Indonesia dan menjawab pertanyaan-pertanyaan seperti kegiatan dan praktik apa yang perlu dilakukan dan di mana – berdasarkan analisa cepat dari potensi hasil GRK. Manual ini mencakup setiap langkah dari alat tersebut dan akan diperbarui untuk mencerminkan penyempurnaan yang dilakukan.

Tujuan utama dari penggunaan alat ini adalah untuk menghitung *ex-ante* potensi mitigasi perubahan iklim dari praktik dan kegiatan pengelolaan lahan gambut yang dilakukan dan dikoordinasikan antara lain oleh Badan Restorasi Gambut (BRG). Alat ini juga dapat digunakan untuk membuat estimasi kasar tentang aktor-aktor lain dalam restorasi gambut di Indonesia. Alat ini sudah menjalani *peer-review*, dan dikembangkan melalui kolaborasi dan dukungan teknis serta umpan balik dari Chris Evans, Hans Joosten, Susan Page, John

Cowenberg, dan beberapa pakar gambut yang juga berkontribusi terhadap Suplemen Lahan Basah IPCC (2014) dan juga staff teknis BRG, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, CIFOR dan kolega FAO.

***Kata kunci:** gas rumah kaca; lahan gambut; tanah organik tropis; pemantauan (monitoring); perhitungan (accounting); UNFCCC; kerangka kerja transparansi; perubahan iklim; penurunan emisi*

Kontributor

Anatoli Poultouchidou Food and Agriculture Organization of the United Nations

Chris Evans UK Centre for Ecology & Hydrology, UK

Elisabet Rams Beltran Food and Agriculture Organization of the United Nations

Laure-Sophie Schiettecatte Food and Agriculture Organization of the United Nations

Maria Nuutinen Food and Agriculture Organization of the United Nations

Martial Bernoux Food and Agriculture Organization of the United Nations

Singkatan dan akronim

BRG	Badan Restorasi Gambut (hingga 2020, setelah itu BRGM)
C	Karbon
CH₄	Metana
CO₂	Karbon dioksida
CO₂eq	<i>Carbon dioxide equivalent</i>
DOC	Karbon organik terlarut
EF	Faktor emisi
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FRL	<i>Forest Reference Level</i>
GRK	Gas Rumah Kaca
ha	Hektar
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LUC	<i>Land-use change</i> (perubahan penggunaan lahan)
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
N₂O	nitrogen oksida
T	Ton
tCO₂eq.	<i>Ton carbon dioxide equivalent</i>
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
yr	<i>Year</i> (tahun)

1. Pengantar

Alat Gambut-GRK ([Gambar 1](#)) adalah kalkulator gas rumah kaca (GRK) ramah-pengguna, yang pada saat penulisan manual ini, telah disesuaikan untuk lahan gambut tropis di Indonesia. Perangkat ini merupakan alat penaksiran yang menyediakan estimasi bagaimana neraca karbon dipengaruhi oleh intervensi pengelolaan lahan gambut di negara bersangkutan. Alat ini memberikan estimasi perubahan stok karbon (C) per kesatuan lahan, dan emisi GRK (CO₂, N₂O dan CH₄) dalam ton CO₂ equivalent (CO₂eq.) per hektar per tahun.

Alat Gambut-GRK menghitung total emisi GRK dan perubahan dalam jumlah emisi GRK yang dilepaskan (termasuk emisi yang dapat dihindari) sebagai hasil dari implementasi praktik pengelolaan gambut, ketika dibandingkan dengan skenario tanpa-proyek. Luaran utama dari alat ini adalah neraca karbon dan neraca GRK lain yang dihasilkan dari perbedaan antara dua skenario: skenario dengan-proyek dan skenario tanpa-proyek dengan mempertimbangkan praktik-praktik pengelolaan yang telah berubah.

Alat berbasis Excel ini terdiri dari satu set lembaran yang saling berkaitan yang terdiri dari enam topik modul, yaitu: (1) Deskripsi, (2) Perubahan penggunaan lahan, (3) Pertanian lahan gambut yang dikelola, (4) Hutan lahan gambut yang dikelola, (5) Masukan/*Input*, dan (6) Rincian hasil.

Alat ini mencakup seluruh emisi GRK yang berkaitan dengan pengeringan dan pembasahan tanah organik tropis, perubahan stok karbon pada saat konversi penggunaan lahan, kultivasi di tanah gambut termasuk kelapa sawit ('tanaman perekebunan'), padi dan tanaman lain, dan produksi pohon kayu (misalnya untuk pulp (bubuk kertas) dan kertas), serta sebagai bahan baku untuk kapur dan pupuk. Namun demikian, saat ini emisi CO₂ dan non-CO₂ dari kebakaran di tanah organik dan biomassa atau residu pembakaran belum dimasukkan ke dalam perangkat ini, karena masih kurangnya ketersediaan data utama yang dapat diandalkan.

Alat Gambut-GRK telah dikembangkan oleh FAO dengan dirancang untuk mendukung instansi-instansi di Indonesia melalui 'Development of an Innovative Peatland Monitoring System, PRIMIS' 2018–2020. Alat ini didasarkan pada *Ex-Ante Carbon-balance Tool* (EX-ACT), suatu sistem penilaian yang dikembangkan oleh FAO, dengan menyediakan estimasi dampak dari proyek-proyek pengembangan pertanian, kehutanan dan perikanan, serta program dan kebijakan mengenai neraca karbon ([Bernoux dkk, 2010](#)). Untuk diperhatikan: alat ini tidak dimaksudkan untuk dijadikan satu-satunya justifikasi dalam pengambilan keputusan, dan penggunaan alat ini harus digabungkan dengan data lain misalnya data keanekaragaman hayati, sosio-ekonomi, dan pertimbangan-pertimbangan lain.

Alat Gambut-GRK: Kalkulator gas rumah kaca untuk pengelolaan lahan gambut di Indonesia

Secara keseluruhan, alat ini bekerja cepat dan relatif mudah digunakan, dan hanya membutuhkan data dalam jumlah kecil untuk melakukan estimasi neraca karbon secara kasar. Alat Gambut-GRK tersedia gratis di internet dan diterjemahkan ke dalam Bahasa Inggris dan Indonesia. Manual ini mencakup setiap langkah dari alat tersebut dan akan diperbarui untuk mencerminkan penyempurnaan yang dilakukan.

Gambar 1 Halaman awal kalkulator Gambut-GRK



Source: Peat-GHG tool screenshot.

Kotak 1. Sasaran dan tujuan alat Gambut-GRK

Perangkat Gambut-GRK bertujuan untuk membantu mereka yang tertarik dengan masa depan lahan gambut, seperti para pembuat kebijakan, manajer proyek, donatur, perencana, dan pemangku kepentingan lain untuk mengambil keputusan berdasarkan informasi pengelolaan lahan gambut dengan cara:

- menyediakan estimasi *ex-ante* kuantitatif dari dampak praktik pengelolaan lahan gambut terhadap emisi GRK;
- memfasilitasi para pemangku kepentingan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai sumber-sumber utama emisi GRK yang berhubungan dengan gambut;
- mengukur potensi mitigasi perubahan iklim dari intervensi-intervensi lahan gambut, dengan menggunakan metodologi yang telah diakui secara internasional yang dikembangkan oleh panel antar-pemerintah untuk perubahan iklim atau *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC); dan
- menyediakan data dan informasi mengenai opsi-opsi mitigasi yang paling efektif.

2. Latar belakang dan tinjauan metodologi

Alat ini dikembangkan berdasarkan Suplemen 2013 untuk Pedoman IPCC 2006 untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Lahan Basah (Suplemen untuk lahan basah) ([IPCC, 2014](#)) dan Penyempurnaan 2019 terhadap Pedoman IPCC 2006 untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional ([IPCC, 2019](#)) bersama dengan informasi dan data yang dilaporkan dalam pengajuan *Forest Reference Level* untuk REDD+ Indonesia, yang telah dimodifikasi ([KLHK, 2016](#)). Dengan begitu alat ini dapat dipergunakan untuk suatu negara tertentu.

Alat ini mengikuti metodologi dasar untuk mengestimasi emisi C dari tanah organik tropis seperti yang ditampilkan dalam [Persamaan 1](#) di bawah ini, di mana area tanah organik yang kering dan dikelola di daerah iklim tropis dikalikan dengan faktor emisi terkait¹ untuk menghasilkan perkiraan emisi atau pengurangan (*removals*) tahunan.

Persamaan 1. Kehilangan karbon tahunan dari tanah organik yang kering

$$L_{Organic} = \sum (A * EF)$$

dimana:

$L_{Organic}$: Kehilangan karbon tahunan dari tanah organik kering, ton C yr⁻¹

A : Area lahan tanah organik tropis kering, ha

EF : Faktor emisi untuk iklim tropis, ton C ha⁻¹ yr⁻¹

Sumber: [IPCC, 2014](#).

2.1 Drainase dan emisi gas rumah kaca

Bagian ini menyediakan persamaan-persamaan yang digunakan alat untuk memperkirakan dampak drainase terhadap satu set GRK (CO₂, CH₄ dan N₂O), yang diketahui akan dilepaskan sebagai emisi melalui penerapan pendekatan pengelolaan yang berbeda (termasuk kehutanan) pada tanah organik tropis kering. Bagian emisi GRK pada alat ini berlaku untuk tanah organik tropis yang telah dikeringkan, misalnya drainase lahan yang dilakukan di masa lalu dan masih bertahan hingga sekarang (seperti lapisan gambut belum sepenuhnya habis atau gambut masih mengembang, dan karena itu Sebagian masih terlindungi sebagian

¹ Lihat bagian [Glosarium](#) untuk definisi data aktifitas, faktor emisi dan istilah terkait lainnya.

oksidasi), atau lahan yang baru-baru kering. Ini artinya tinggi muka air tanah setidaknya untuk sementara berada dibawah tingkat alaminya. Tingkat alami artinya adalah rata-rata tinggi muka air tanah tahunan mendekati permukaan tanah namun dapat mengalami fluktuasi musiman (IPCC, 2014).

Karbon dioksida

Drainase lahan gambut meningkatkan kandungan oksigen tanah, mendorong pembusukan bahan organik, yang pada akhirnya meningkatkan emisi karbon dioksida (CO₂). Perkiraan emisi tahunan CO₂ dari tanah organik tropis kering di dalam-tapak, dapat diestimasi dengan [Persamaan 2](#) berikut ini.

Persamaan 2. Emisi tahunan CO₂ dalam-tapak dari tanah organik yang kering

$$CO_2 - C_{On-site} = \sum_{c,d} (A * EF)_{c,d}$$

dimana:

$CO_2 - C_{On-site}$: Emisi tahunan CO₂-C dalam-tapak, dari tanah organik yang kering dalam kategori penggunaan lahan, ton C yr⁻¹

A : Area lahan tanah organik kering dalam kategori penggunaan lahan dengan domain iklim c dan kelas drainase d , ha

EF : Faktor emisi untuk tanah organik kering, berdasarkan domain iklim c dan kelas drainase d , ton C ha⁻¹yr⁻¹

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Karbon organik terlarut

Karbon organik terlarut atau *Dissolved organic carbon* (DOC) adalah komponen terbesar ekspor karbon yang dibawa oleh air (*waterborne*), dan dapat dipengaruhi oleh kanal-kanal drainase, atau disiram oleh air ke saluran drainase atau jenis infrastruktur ekstraksi air lainnya. Sebagian besar DOC dianggap pada akhirnya dikonversi menjadi CO₂ dan dilepaskan ke atmosfer (sebagai emisi luar-tapak) melalui proses fotokimia atau penguraian biologis. Emisi tahunan CO₂ luar-tapak, yang berkaitan dengan kehilangan karbon melalui air dari tanah organik keringkan, dihitung dengan menggunakan [Persamaan 3](#) berikut ini.

Persamaan 3. Emisi tahunan CO₂ uar-tapak karena hilangnya DOC dari tanah organik kering

$$CO_2 - C_{DOC} = \sum_c (A * EF_{DOC}) c$$

dimana:

$CO_2 - C_{DOC}$: Emisi tahunan CO₂-C luar-tapak karena hilangnya DOC dari tanah organik kering, ton C yr⁻¹

A : Area lahan tanah organik kering dalam kategori penggunaan lahan di zona iklim c , ha

EF_{DOC} : Faktor-faktor emisi untuk emisi tahunan CO₂ karena hilangnya DOC dari tanah organik kering, berdasarkan zona iklim c , ton C ha⁻¹yr⁻¹

Sumber: IPCC, 2014.

Komponen lain dari fluks karbon yang dibawa oleh air, seperti karbon organik partikulat atau *Particulate Organic Carbon* (POC) dan karbon inorganik terlarut atau *Dissolved Inorganic Carbon* (DIC) tidak dimasukkan dalam perangkat ini, karena kurangnya data, dan ketidakpastian tentang sumber dan efek dari pengelolaan; dengan demikian, pada saat penulisan (2021) tidak tersedia *default* faktor emisi IPCC. Di lahan gambut Indonesia, kemungkinan sebagian besar kehilangan karbon yang dibawa oleh air terjadi dalam bentuk DOC.

Metana

Emisi metana (CH₄) dapat relatif tinggi dari lahan gambut tidak didrainase dan yang dibasahi kembali (*rewetted*). Ketika tanah organik kering, produksi CH₄ secara alami berkurang dan **tanah organik itu sendiri** bahkan bisa menjadi sink CH₄. Namun, saluran-saluran parit di daerah dengan tanah organik kering menjadi sumber emisi CH₄ yang berkepanjangan dan dapat menjadi signifikan pada skala lanskap keseluruhan. Ini terjadi karena kombinasi transfer CH₄ dari matriks tanah organik (area gambut dan sistem drainase), dan produksi CH₄ in-situ di dalam parit-parit itu sendiri. Data yang tersedia menunjukkan tingginya emisi CH₄ dari parit-parit di lahan gambut tropis ([Deshmukh dkk, 2020](#)).

Alat ini menghitung kehilangan CH₄ tahunan dari tanah organik kering dengan menggunakan [Persamaan 4](#).

Persamaan 4. Emisi tahunan CH₄ dari tanah organik yang kering

$$CH_{4Organic} = \sum_c (A_c * ((1 - Frac_{ditch}) * EF_{CH_4_{land}} + Frac_{ditch} * EF_{CH_4_{ditch}}))$$

dimana:

$CH_{4Organic}$: Kehilangan CH₄ tahunan dari tanah organik kering, kg CH₄ yr⁻¹

A_c : Area lahan tanah organik kering dalam kategori penggunaan lahan di zona iklim c , ha

$EF_{CH_4_{land}}$: Faktor-faktor emisi untuk emisi langsung CH₄ dari tanah organik kering, berdasarkan zona iklim c , kg CH₄ ha⁻¹yr⁻¹

$EF_{CH_4_{ditch}}$: Faktor-faktor emisi untuk emisi CH₄ dari parit-parit drainase, berdasarkan zona iklim c , kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹

$Frac_{ditch}$: Fraksi area total tanah organik kering yang ditempati oleh parit-parit.

Parit dianggap sebagai area apa pun yang merupakan saluran buatan manusia, yang memotong lahan gambut. Luas parit dapat dihitung dengan mengalikan kedalaman parit dan panjang totalnya. Ketika parit-parit memotong secara vertikal, kedalaman parit dapat dihitung sebagai jarak rata-rata dari tepi ke tepi. Ketika tepi parit melandai, kedalaman parit harus dihitung sebagai kedalaman rata-rata perairan terbuka ditambah dengan vegetasi pinggiran jenuh apa pun.

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Nitrogen oksida

Tanah organik kering dapat mengemisikan nitrogen oksida (N₂O) dalam jumlah yang signifikan. Alasan di balik peningkatan emisi N₂O adalah mineralisasi oksigen yang berhubungan dengan dekomposisi bahan organik pada tanah organik kering, dan denitrifikasi dari nitrat yang ditambahkan pada pupuk. Estimasi emisi langsung N₂O dari tanah yang dikelola dilakukan dengan menggunakan [Persamaan 5](#).

Persamaan 5. Emisi tahunan langsung N₂O yang dihasilkan dari tanah organik yang dikelola/kering

$$N_2O - N_{OS} = (F_{Trop} * EF_{2,Trop})$$

dimana:

$N_2O - N_{OS}$: Emisi tahunan langsung N₂O–N dari tanah organik yang dikelola/kering, kg N₂O N yr⁻¹

F_{Trop} : Luas area tahunan tanah organik tropis yang dikelola/kering, ha

$EF_{2,Trop}$: Faktor emisi untuk emisi N₂O dari tanah organik tropis yang kering/dikelola, kg N₂O–N ha⁻¹yr⁻¹

Sumber: [IPCC, 2014](#).

2.2 Pembasahan dan emisi gas rumah kaca

Bagian ini berisi persamaan-persamaan yang digunakan alat untuk memperkirakan dampak pembasahan² terhadap emisi GRK (CO₂, CH₄ dan N₂O) dari tanah organik tropis yang dibasahi kembali. Alat ini berlaku untuk tanah organik tropis yang sudah dibasahi penuh termasuk faktor emisi yang berhubungan dengan perkebunan drainase-dangkal yang umumnya digunakan untuk kultivasi pohon (misalnya sagu). IPCC merujuknya sebagai “Perkebunan, drainase-dangkal (umumnya kurang dari 0.3 m), umumnya digunakan untuk pertanian, misalnya sagu”.

Karbon dioksida

Umumnya, pembasahan lahan gambut menurunkan emisi CO₂ secara signifikan dari tanah organik dibandingkan dengan lahan gambut kering, dan dalam kondisi optimal dan ketika vegetasi pembentuk gambut mulai membentuk kembali, ini dapat menyebabkan pemulihan ekosistem *netto*/bersih CO₂ *sink* – tapi ini mungkin membutuhkan waktu lama. Khususnya di ekosistem tropis, mendapatkan kembali fungsi *sink* adalah mungkin; menurut beberapa pakar, hal tersebut membutuhkan waktu ratusan tahun, bergantung pada tingkat keparahan degradasi gambut.

Pembentukan kembali tutupan vegetasi di atas tanah organik yang dibasahi perlu dilakukan guna menghindari pengeringan dan pemanasan permukaan gambut lebih jauh, dan pada akhirnya fungsi *sink* karbon akan pulih dan akan menyebabkan sekuestrasi karbon tanah. Setelah munculnya vegetasi yang didorong oleh pembasahan, *sink* CO₂ dapat mencapai tingkat yang umum terjadi pada ekosistem tidak didrainase. Namun demikian, bahkan jika selama tahun-tahun pertama setelah pembasahan, suatu lokasi dapat tetap menjadi sumber CO₂; setelah beberapa tahun sejak dimulainya kegiatan restorasi, hal yang terpenting adalah pengurangan emisi yang signifikan ([Günther dkk, 2020](#)).

Alat ini mengikuti [Persamaan 6](#) (Tier 1), di mana area tanah organik yang dibasahi dikalikan dengan faktor emisi masing-masing.

²Lihat bagian [Glosarium](#) untuk definisi pembasahan (rewetting).

Persamaan 6. Emisi/pengurangan tahunan CO₂ dalam-tapak dari tanah organik yang dibasahi

$$CO_2 - C_{composite} = \sum (A * EF_{CO_2})$$

dimana:

$CO_2 - C_{composite}$: emisi/pengurangan CO₂-C dari tanah dan vegetasi bukan-pohon, ton C yr⁻¹

A: Area tanah organik yang dibasahi pada iklim tropis, ha

EF_{CO_2} : faktor emisi CO₂-C untuk tanah organik yang dibasahi pada iklim tropis, ton C ha⁻¹

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Metodologi Tier 1 berlaku mulai dari tahun pembasahan. Pada Tier 1, metodologi dasar mengasumsikan bahwa tidak ada periode peralihan dan bahwa tanah organik yang dibasahi langsung bereaksi seperti layaknya tanah organik alami/tidak didrainase, dalam hal dinamika fluks CO₂. Alat mengikuti pendekatan ini.

Karbon organik terlarut

Tanah organik alami/tidak didrainase mengeksport DOC dan fluks-fluks ini cenderung meningkat dengan adanya drainase. Data dari daerah yang dibasahi menunjukkan tingkat penurunan DOC setelah pembasahan setara dengan peningkatan DOC setelah drainase. Konsekuensinya, diasumsikan bahwa pembasahan pada akhirnya akan mengarah kembali kepada tingkat fluks DOC alami ([IPCC, 2014](#)). Alat ini menghitung emisi tahunan CO₂ luar-tapak karena hilangnya DOC dari tanah organik tropis yang dibasahi, sesuai dengan [Persamaan 7](#) di bawah ini.

Persamaan 7. Emisi tahunan CO₂ di luar-tapak karena hilangnya DOC dari tanah organik yang dibasahi

$$CO_2 - C_{DOC} = \sum_c (A * EF_{DOC_{REWETTED}}) c$$

dimana:

$CO_2 - C_{DOC}$: Emisi CO₂-C luar-tapak dari karbon organik terlarut yang diekspor dari tanah organik yang dibasahi, ton C yr⁻¹

A: Area tanah organik yang dibasahi pada zona iklim tropis, ha

$EF_{DOC_{REWETTED}}$: Faktor emisi CO₂-C dari DOC yang diekspor dari tanah organik yang dibasahi pada zona iklim tropis, ton C ha⁻¹ yr⁻¹

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Metana

Emisi/pengurangan Metana (CH₄) dari tanah organik yang dibasahi dihasilkan dari neraca antara produksi dan oksidasi CH₄ biokimia, dan emisi CH₄ yang dihasilkan dari pembakaran bahan organik tanah saat kebakaran. Saat ini alat tidak menangkap emisi CH₄ dari pembakaran tanah organik yang dibasahi. Perlu diperhatikan juga bahwa ketika lahan gambut telah dibasahi penuh, jarang sekali lahan gambut mengalami kebakaran besar. Alat ini menghitung emisi tahunan CH₄ dari tanah yang dibasahi sesuai dengan [Persamaan 8](#).

Persamaan 8. Emisi/pengurangan tahunan CH₄ dari tanah organik yang dibasahi kembali

$$CH_4 - C_{soil} = \frac{\sum_c (A * EF_{CH_4_{soil}})}{1000}$$

dimana:

$CH_4 - C_{soil}$: Emisi CH₄-C dari tanah organik yang dibasahi, ton C yr⁻¹

A: Area tanah organik yang dibasahi pada iklim tropis, ha

$EF_{CH_4_{soil}}$: Faktor emisi dari tanah organik yang dibasahi pada iklim tropis, kg CH₄-C ha⁻¹ yr⁻¹

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Nitrogen oksida

Setelah pembasahan, emisi N₂O dikendalikan oleh jumlah N yang tersedia untuk nitrifikasi dan denitrifikasi, dan ketersediaan oksigen yang diperlukan untuk reaksi kimiawinya. Ketersediaan oksigen pada gilirannya dikendalikan oleh kedalaman muka air tanah. Menaikkan muka air tanah akan mengurangi emisi N₂O dengan sangat cepat, dan turun hampir ke nol jika kedalaman muka air tanah kurang dari 20 cm di bawah permukaan.

2.3 Kategori dan representasi kelas-kelas lahan

Alat ini didasarkan pada sistem klasifikasi lahan nasional yang sejalan dengan klasifikasi penggunaan lahan dan klasifikasi tutupan lahan yang digunakan dalam pengajuan *Forest Reference Level* (FRL) untuk REDD+ ([KLHK, 2016](#)). Perlu dicatat bahwa Indonesia diharapkan segera mengajukan FRL terbaru, dan karena itu klasifikasinya mungkin perlu diperbarui. Indonesia membagi tingkatan lahan ke dalam 23 kelas lahan

termasuk enam kelas lahan hutan alami, satu kelas hutan perkebunan, 15 kelas lahan non-hutan, dan satu kelas lahan 'berawan-tidak ada data' (KLHK, 2016).

Karena alat ini berlaku untuk tanah organik, hanya kelas-kelas lahan yang ditemukan di atas tanah organiklah yang diikutkan di dalam alat. Di bawah ini adalah kelas-kelas yang diikutkan dalam alat, seperti yang ditetapkan dan dijelaskan dalam pengajuan FRL (KLHK, 2016):

1. **Hutan mangrove primer:** Hutan lahan basah di daerah pesisir seperti dataran yang masih dipengaruhi oleh pasang surut, berlumpur dan air payau, dan didominasi oleh spesies mangrove dan nipah (*Nypa frutescens*), yang tidak terpengaruh atau hanya terpengaruh pada tingkat rendah oleh aktifitas manusia atau penebangan.
2. **Hutan mangrove sekunder**³: Hutan lahan basah di daerah pesisir seperti dataran yang masih dipengaruhi oleh pasang surut, berlumpur dan air payau, dan didominasi oleh spesies mangrove dan nipah, yang menunjukkan adanya tanda-tanda aktifitas penebangan, yang ditunjukkan dengan pola dan bercak-bercak kegiatan penebangan.
3. **Hutan rawa primer:** Hutan tropis alami yang tumbuh di habitat basah dalam bentuk rawa-rawa, termasuk rawa payau, rawa(marsh), hutan sagu dan rawa gambut, yang tidak terpengaruh atau hanya terpengaruh pada tingkat rendah oleh aktifitas manusia atau penebangan.
4. **Hutan rawa sekunder:** Hutan tropis alami yang tumbuh di atas habitat basah di rawa-rawa, termasuk rawa payau, rawa(marsh), hutan sagu dan rawa gambut, yang menunjukkan tanda-tanda kegiatan penebangan yang ditunjukkan dengan pola dan bercak-bercak penebangan (terlihatnya jalan raya dan bidang-bidang bekas tebangan).
5. **Perkebunan:** Komposisi struktural vegetasi hutan terlihat berada di area yang luas, yang didominasi oleh spesies pohon homogen, dan ditanami untuk tujuan khusus. Hutan yang ditanami termasuk area penanaman hutan kembali, hutan tanaman industri, dan hutan tanaman rakyat. Mayoritas hutan tanaman di atas gambut Indonesia berada dalam siklus rotasi-pendek (misalnya *Acacia sp.*).
6. **Semak belukar:** Area bekas tebangan yang sangat terdegradasi, di habitat basah yang sedang dalam proses suksesi namun belum mencapai ekosistem hutan yang stabil, ditumbuhi dengan pepohonan atau semak belukar yang berserak.
7. **Savanna/padang rumput:** Area dengan rumput serta pohon dan semak belukar alami yang berserak. Ini adalah ekosistem alami yang khas dan ada di Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara

³ Hutan sekunder mencakup semua jenis hutan (rawa, mangrove) yang dirusak (dikeringkan) yang dipengaruhi oleh kegiatan penebangan dan kegiatan lain. Hutan sekunder adalah kelas yang hanya mewakili hutan-hutan tersisa yang terkena dampak penebangan selektif, bukan mengacu pada area peremajaan setelah untuk sementara waktu tidak bertegakan (*temporary unstocking*) Indonesia menganggap semua hutan sekunder sebagai hutan yang dikeringkan.

Timur, dan di bagian selatan provinsi Papua. Jenis tutupan lahan ini dapat tumbuh dengan baik di habitat basah dan tidak-basah.

8. **Pertanian kering campuran:** Seluruh tutupan lahan yang berhubungan dengan kegiatan pertanian di atas lahan kering/tidak-basah yang bercampur dengan semak, belukar, dan hutan bekas tebangan. Jenis tutupan yang seperti ini seringkali merupakan hasil dari pertanian ladang berpindah dan rotasinya.
9. **Tanaman perkebunan:** Area perkebunan yang telah ditanami, kebanyakan dengan tanaman perennial atau komoditas pohon pertanian lainnya. Dalam sistem klasifikasi Indonesia, kelapa sawit, karet dan sagu disebut sebagai 'tanaman perkebunan'. Dalam alat ini, 'tanaman perkebunan' distratifikasi lebih jauh ke dalam tanaman perkebunan drainase-dangkal dan tanaman perkebunan drainase-dalam. Tanaman perkebunan drainase-dangkal memiliki rata-rata kedalaman muka air tanah tahunan kurang dari 30 cm di bawah permukaan (misalnya sagu), sementara kelas 'tanaman perkebunan drainase-dalam' memiliki rata-rata kedalaman muka air tanah tahunan lebih dari 30 cm di bawah permukaan, seperti perkebunan kelapa sawit (diadaptasikan dengan petunjuk lebih lanjut dari [KLHK, 2016](#).)
10. **Sawah:** Area pertanian di atas habitat basah, terutama untuk padi, yang umumnya memiliki pola pematang. Jenis tutupan ini termasuk sawah tadah hujan, sawah musiman, sawah irigasi.
11. **Area transmigrasi:** Area pemukiman yang unik yang biasanya terdiri dari kumpulan rumah-rumah dan agroforestri dan/atau kebun disekelilingnya.
12. **Area pemukiman:** Area pemukiman termasuk daerah pedesaan, perkotaan, industri dan area bangunan lainnya dengan tampilan yang khas.
13. **Lahan terbuka:** Lahan terbuka dan area tanpa tutupan vegetasi, termasuk area terpapar terbuka, kawah, beting, endapan, dan area yang telah terbakar dan belum menunjukkan pertumbuhan kembali.
14. **Area pertambangan:** Area pertambangan yang menunjukkan kegiatan penambangan terbuka seperti *open-pit mining* termasuk timbunan tailing.

Suplemen Lahan Basah IPCC 2013 ([IPCC, 2014](#)) membagi kategori faktor emisi ke dalam kelas-kelas lahan IPCC dengan asumsi bahwa drainase lahan gambut tertentu akan terjadi di dalam kelas tutupan lahan tertentu. [Tabel 1](#) di bawah ini menunjukkan bagaimana kelas-kelas lahan di Indonesia ([KLHK, 2016](#)) dipadankan dengan kategori penggunaan lahan IPCC seperti yang diberikan di Tabel 2.1 Suplemen Lahan Basah ([IPCC, 2014](#)).

2.4 Carbon pool

Lima carbon pool⁴ diikutsertakan di dalam alat yaitu: (1) biomassa atas-tanah, (2) biomassa bawah-tanah, (3) kayu mati, (4) sampah tanaman (5) karbon tanah di lahan gambut.

Biomassa atas-tanah: Nilai *default* yang berhubungan dengan estimasi yang diberikan [IPCC \(2019\)](#) dan [KLHK \(2016\)](#) yang distratifikasi berdasarkan penggunaan lahan dan pulau-pulau besar di Indonesia, dan ditunjukkan dalam ton per hektar material kering.

Biomassa bawah-tanah: Biomassa bawah-tanah diperkirakan dengan menggunakan rasio (R) biomassa bawah-tanah terhadap biomassa atas-tanah. Alat ini menggunakan nilai *default* yang disediakan oleh IPCC ([2013](#) dan [2019](#)). Dalam beberapa kasus total biomassa atas-tanah ditambah bawah-tanah digunakan, jika dalam perhitungan tidak diwajibkan untuk menggunakan estimasi terpisah.

Sampah tanaman dan kayu mati: Diasumsikan bahwa pool sampah tanaman dan kayu mati di seluruh kategori non-hutan (kecuali tanaman pohon dan sistem perennial) adalah nol. Karena itu, transisi antar kategori non-hutan tidak mengalami perubahan stock C di dua pool ini. Terkait dengan transisi lain, digunakan nilai *default* IPCC Tier 1.

Tanah organik: Alat ini menggunakan faktor emisi *default* Tier 1 untuk tanah organik tropis, yang dihasilkan dengan menggunakan data fluks GRK yang dipublikasikan hingga 2013 ([IPCC, 2014](#)). Pengukuran fluks umumnya digunakan untuk semua jenis tanah organik untuk menentukan pertukaran gas di tiap frekuensi mulai dari menit hingga mingguan sepanjang periode pemantauan yang berlangsung hingga beberapa tahun.

⁴ Lihat bagian [Glosarium](#) untuk definisi *carbon pool*.

Tabel 1. Kelas tutupan lahan Indonesia yang diikutsertakan ke dalam alat

No	Kelas lahan	Kategori	Kategori penggunaan lahan IPCC	Status drainase	Kategori lahan pada Suplemen Lahan Basah IPCC
1	Mangrove primer ⁵	Alami	Hutan	Alami/ Tidak kering	-
2	Mangrove sekunder	Alami	Hutan	kering	Lahan hutan dan lahan hutan ditebang, kering
3	Rawa primer	Alami	Hutan	Alami/ Tidak kering	-
4	Rawa sekunder	Alami	Hutan	kering	Lahan hutan dan lahan hutan ditebang, kering
5	Perkebunan	Perkebunan	Hutan	kering	Perkebunan, dikeringkan, rotasi singkat, misalnya <i>acacia sp.</i>
6	Tanaman perkebunan (drainase-dalam)	Non-hutan	Lahan pertanian - Perennial	kering	Perkebunan, dikeringkan, kelapa sawit
7	Tanaman perkebunan (drainase-dangkal)	Non-hutan	Lahan pertanian - Perennial	kering	Perkebunan, drainase-dangkal (umumnya kurang dari 0.3 m), umum digunakan, misalnya sagu
8	Pertanian kering campuran	Non-hutan	Lahan pertanian-Tahunan	kering	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan
9	Sawah	Non-hutan	Lahan pertanian – Padi	kering	Lahan pertanian, dikeringkan, sawah
10	Semak belukar	Non-hutan	Padang rumput	kering	Lahan hutan dan lahan hutan ditebangi, dikeringkan

⁵ Berkaitan dengan hutan primer alami, alat menggunakan faktor-faktor emisi seperti yang disebutkan di Bab 3: Tanah Organik yang Dibasahi di Suplemen Lahan Basah IPCC (IPCC, 2014). *Default* faktor emisi Tier 1 untuk tanah organik tropis yang ‘dibasahi’ diambil dari data hutan rawa gambut tropis yang tidak dikeringkan di Asia Tenggara. Dengan demikian, *default* faktor emisi Tier 1 berlaku untuk hutan primer alami .

11	Savanna/padang rumput	Non-hutan	Padang rumput	kering	Lahan pertanian, dikeringkan, sawah
12	Area transmigrasi	Non-hutan	Pemukiman	kering	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan
13	Area pemukiman	Non-hutan	Pemukiman	kering	Lahan pertanian, dikeringkan, sawah
14	Area pertambangan	Non-hutan	Lahan lain	kering	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan
15	Lahan terbuka	Non-hutan	Lahan lain	kering	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan

Sumber: KLHK, 2016.

2.5 Mengembangkan skenario

Ketika melakukan analisa *ex-ante* dengan alat ini, para pengguna dapat membuat analisa perbandingan dengan dua skenario yaitu: skenario tanpa-proyek dan dengan-proyek. Skenario teoritis ini sedapat mungkin harus mencerminkan kondisi nasional dan mungkin berhubungan dengan keputusan politik penting dan sejalan dengan kebijakan nasional, dan berbagai pilihan penggunaan lahan yang ingin dipelajari dan dibandingkan oleh pengguna.

Dalam skenario tanpa-proyek, pengguna memperkirakan kemungkinan dampak GRK dengan mempertimbangkan apa yang mungkin terjadi di area yang menjadi perhatian jika tidak ada proyek atau kegiatan lain yang dibatasi oleh waktu, dan kemudian membandingkan situasi ini dengan “skenario dengan-proyek” di mana proyek potensial atau intervensi dilakukan. Emisi dihitung secara terpisah untuk skenario “tanpa-proyek” dan “dengan-proyek” menggunakan alat-alat yang sama secara terpisah. Neraca GRK akhir adalah selisih bersih antara emisi GRK yang berhubungan dengan implementasi proyek dan tanpa-proyek.

Saat ini tidak ada metodologi untuk mengembangkan skenario tanpa-proyek (Bernoux dkk, 2010). Emisi GRK di masa depan didorong oleh banyak faktor seperti pertumbuhan ekonomi, keputusan politik, pergerakan dan pertumbuhan demografi, dll. Oleh karena itu, pengembangan skenario tanpa-proyek dapat diwujudkan dengan cara berbeda. Contoh, dengan mempertimbangkan bahwa situasi saat ini masih mungkin terjadi ke depan jika tidak dilakukan peningkatan intervensi dalam pengelolaan lahan gambut. Dalam kasus ini, skenario tanpa-proyek adalah serupa dengan situasi awal. Dengan demikian, skenario

tanpa-proyek diasumsikan menjadi statis karena tidak ada perubahan yang diharapkan dalam praktik-praktik pengelolaan dibandingkan dengan situasi saat ini.

Juga, skenario tanpa-proyek dapat dirancang dengan mempertimbangkan pola historis pertumbuhan, penggunaan lahan dan perubahan penggunaan lahan (misalnya historis laju deforestasi) atau mengintegrasikan kebijakan dan undang-undang lokal yang berlaku saat ini untuk mereview pola masa lalu dan mengadaptasikannya ke dalam konteks saat ini. Dalam kasus ini, tanpa-proyek diasumsikan menjadi dinamis dan dapat dikembangkan berdasarkan asumsi, yang harus didokumentasikan dengan baik dan divalidasikan bersama para pemangku kepentingan utama dengan mempertimbangkan data dan informasi yang akurat, dapat diandalkan, dan kuat.

Skenario tanpa-proyek akan menjadi referensi dalam pengembangan skenario dengan-proyek. Dengan demikian, pengguna bertanggung jawab merancang skenario tanpa-proyek yang sebanyak mungkin mencerminkan situasi nasional tanpa mengestimasi terlalu tinggi atau terlalu rendah dampak GRK yang mungkin terjadi dalam skenario dengan-proyek. Perlu dicatat bahwa pilihan-pilihan yang dibuat untuk skenario tanpa-proyek berdampak besar terhadap perbedaan akhir antar skenario.

Skenario dengan-proyek mencerminkan tujuan-tujuan yang menjadi target dari implementasi peningkatan intervensi pengelolaan lahan gambut. Skenario dengan-proyek berbeda dari skenario tanpa-proyek dan mungkin perlu mempertimbangkan penggunaan lahan yang berbeda, praktik-praktik pengelolaan air, intensitas penggunaan lahan dan, praktik pengelolaan lahan lainnya. Rancangan skenario dengan-proyek diserahkan pada pengguna dan harus mencerminkan prioritas para pemangku kepentingan dan visi jangka menengah dan panjang mereka. Sekali lagi, ketika pengguna mengembangkan skenario dengan-proyek, pengguna harus mengidentifikasi intervensi-intervensi, yang berhubungan dengan praktik pengelolaan lahan aktual dan dilakukan oleh para pemangku kepentingan dan mitra. Intervensi skenario dengan-proyek harus dijelaskan dan ditentukan dengan baik oleh pengguna. Seluruh asumsi harus dipaparkan dengan jelas dan didokumentasikan, dan intervensi harus diverifikasi oleh aktor-aktor yang relevan.

2.6 Dinamika perubahan

Secara *default*, alat ini mempertimbangkan dinamika perubahan linear. Berdasarkan dinamika linear, perubahan terjadi secara progresif. Sebagai contoh, pada situasi awal 100 hektar lahan gambut kering telah berhasil direstorasi melalui pembasahan dengan menimbun saluran dan menyekat kanal untuk menghentikan sistem drainase. Diramalkan bahwa selama lebih dari 5 tahun ke depan dikarenakan oleh implementasi proyek, luas lahan yang direstorasi akan meningkat menjadi 200 hektar. Pembasahan lahan gambut yang kering berhubungan dengan faktor emisi GRK, yang ditunjukkan dalam ton CO₂eq per hektar per tahun. Berdasarkan dinamika linear, area yang direstorasi atau dibasahi akan meningkat secara

progresif hingga 20 ha per tahun $(200-100)/5$. Dengan demikian total jumlah terkait GRK yang dilepaskan adalah: $\text{Total}_{\text{Linear}} = 0.5 * (100 * 5 * \text{EF})$ (Bernoux dkk, 2010).

2.7 Periode perhitungan gas rumah kaca

Di alat Gambut-GRK, pengguna dapat menentukan dua periode waktu berbeda:

1. **Tahapan implementasi:** tahapan aktif dari suatu implementasi proyek, umumnya berhubungan dengan pendanaan dan tahapan investasi proyek, dan
2. **Tahapan kapitalisasi:** periode waktu dimana manfaat investasi masih berlangsung dan mungkin berkaitan dengan perubahan yang didorong oleh implementasi proyek (Bernoux dkk, 2010).

Total durasi perhitungan GRK adalah gabungan dari tahapan implementasi dan kapitalisasi.

Direkomendasikan agar pengguna mempertimbangkan total periode perhitungan minimal 30 atau 50 tahun.

2.8 Rekomendasi sebelum menggunakan alat

Sebelum menggunakan alat, direkomendasikan agar pengguna harus memiliki:

- Informasi yang cukup untuk menjelaskan satu atau lebih lokasi di mana intervensi pengelolaan lahan gambut akan dilakukan, termasuk iklim yang dominan, kelembapan, jenis tanah, informasi tutupan lahan, luas hektar yang ditargetkan,
- Informasi mengenai area di mana perubahan penggunaan lahan dan pengelolaan lahan gambut akan terjadi,
- Informasi mengenai penggunaan/pengelolaan lahan yang berhubungan dengan kondisi awal area sebelum implementasi proyek,
- Skenario tanpa-proyek, dan
- Skenario dengan-proyek dimana pengguna dapat membuat daftar beragam aktifitas pengelolaan lahan gambut yang diharapkan terjadi dengan implementasi proyek.

3. Struktur alat

Alat ini mengadopsi pendekatan modular berdasarkan metodologi dan pendekatan yang digunakan pada alat EX-ACT yang dikembangkan oleh FAO ([Bernoux dkk, 2010](#)). Dengan cara yang sama, alat Gambut-GRK mengikuti kerangka kerja logis tiga-langkah.

Langkah 1: Deskripsi umum mengenai praktik pengelolaan lahan gambut (area geografis, karakteristik iklim dan tanah, durasi kegiatan lahan gambut).

Langkah 2: Identifikasi perubahan-perubahan dalam penggunaan lahan dan praktik pengelolaan tanah organik dengan menggunakan modul khusus yang dipilah dalam lembar excel yang berbeda.

Langkah 3: Komputasi neraca GRK dalam skenario dengan- dan tanpa-proyek didasarkan pada nilai *default* IPCC dan – jika tersedia – dapat menggunakan data spesifik-negara.

Alat ini diorganisir sesuai dengan enam *spreadsheets* yang terlihat, dimana pengguna harus menyediakan informasi yang dapat membantu menetapkan atau menentukan beberapa aspek dari intervensi pengelolaan lahan gambut. Daftar *spreadsheet* excel diberikan di [Tabel 2](#).

Tabel 2. Deskripsi modul-modul yang dimasukkan dalam Gambut-GRK

Nama spreadsheet excel	Nama modul
1. Deskripsi	<ul style="list-style-type: none"> Lokasi pengelolaan lahan gambut Durasi kegiatan pengelolaan lahan gambut (dalam tahun)
2. Perubahan penggunaan lahan (LUC)	<ul style="list-style-type: none"> Deforestasi lahan gambut Restorasi lahan gambut Perubahan penggunaan lahan non-hutan
3. Lahan pertanian	<ul style="list-style-type: none"> Lahan pertanian tahunan Tanaman perkebunan (tanaman pohon perennial seperti kelapa sawit, karet, sagu, dll.) Sawah di atas tanah lahan gambut yang dikeringkan
4. Lahan gambut berhutan	<ul style="list-style-type: none"> Pengelolaan hutan lahan gambut hutan
5. Input	<ul style="list-style-type: none"> Input (kapur dan pupuk)
6. Hasil-hasil	<ul style="list-style-type: none"> Rincian hasil

Alat ini menerapkan kode warna pada semua modul. Sel-sel yang berwarna putih menunjukkan tempat di mana pengguna harus memasukkan informasi, sementara warna latar (abu-abu muda) menyatakan variabel dan unit yang harus disediakan, begitu juga perubahan-perubahan yang dihasilkan dari emisi GRK dan perubahan stok C. Kolom-kolom yang berwarna kuning menunjukkan tempat di mana pengguna dapat menyempurnakan analisa dengan memasukkan faktor-faktor emisi Tier 2.

3.1 Modul 1: Modul 'deskripsi'

Modul 'Deskripsi' ([Gambar 2](#)) adalah tempat di mana pengguna dapat memberikan karakteristik umum dari area lahan gambut yang akan dipertimbangkan dalam analisis.

Gambar 2. Modul 1: Deskripsi

1.1 Lokasi pengelolaan lahan gambut	
Negara	Indonesia
Pulau Indonesia	Kalimantan
Nama daerah	Katingan
Iklim	Tropis
Regim kelembapan tanah	Basah
Jenis tanah	Organik (gambut)

1.2. Durasi kegiatan pengelolaan lahan gambut (dalam tahun)	
Tahapan implementasi	5
Tahapan kapitalisasi	25
Total periode perhitungan	30

START | 1. Description | 2. LUC | 3. Cropland | 4. Forested peatland | 5. Inputs | 6. Results | Calculations

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Negara

Nama negara diatur, secara *default*, sebagai Indonesia, dalam bentuk sekarang yang sudah disesuaikan, ini tidak boleh digunakan untuk negara lain.

2. Pulau-pulau di Indonesia

Pilih dari daftar *dropdown*, pulau di mana intervensi pengelolaan lahan gambut akan dilakukan. Ini akan mempengaruhi beberapa *default* faktor emisi. Sebagai contoh, biomassa atas-tanah bervariasi antar jenis hutan dan pulau-pulau utama di Indonesia.


Dalam contoh kami, dipilih Kalimantan

3. Nama area


Masukkan nama lokasi. Area ini dapat berupa unit administrasi (provinsi, kecamatan atau kabupaten) atau Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG). Pemilihan nama diserahkan pada pengguna.

Dalam contoh kami, dipilih Katingan.

4. Iklim

Iklim diatur sebagai iklim tropis, secara *default*. Ketuk  untuk menemukan 'pembantu iklim' yang akan membantu Anda mengidentifikasi jenis iklim dengan memasukkan rata-rata temperatur tahunan (°C) dan rata-rata presipitasi tahunan (mm) di area Anda ([Gambar 3](#)).


5. Rezim kelembapan

Pilih dari daftar *dropdown* opsi-opsi *default*-nya yaitu: basah atau lembap⁶. Ketuk  untuk menemukan 'pembantu iklim' yang akan membantu Anda mengidentifikasi jenis iklim dengan memasukkan rata-rata temperatur tahunan (°C) dan rata-rata presipitasi tahunan (mm). Rezim kelembapan diperlukan untuk menentukan faktor emisi yang digunakan dalam analisis.

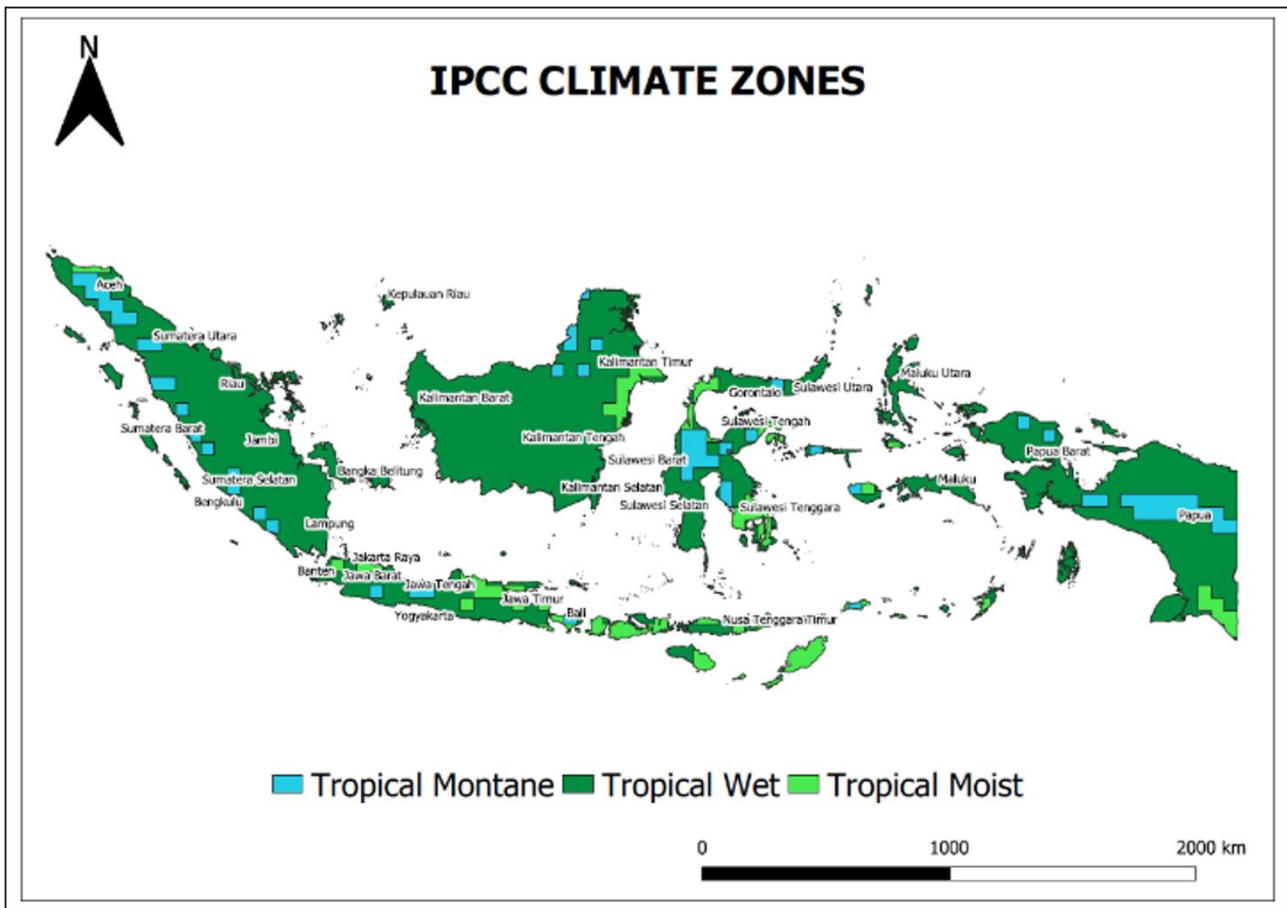
Dalam contoh kami dipilih 'Basah'.

⁶ Lihat bagian Glosarium untuk definisi iklim tropis lembap dan tropis basah.

6. Jenis tanah

Jenis tanah diatur sebagai tanah organik (gambut)⁷, secara *default*. Ketuk  untuk melihat definisi tanah organik dan lahan gambut ([Gambar 4](#)).

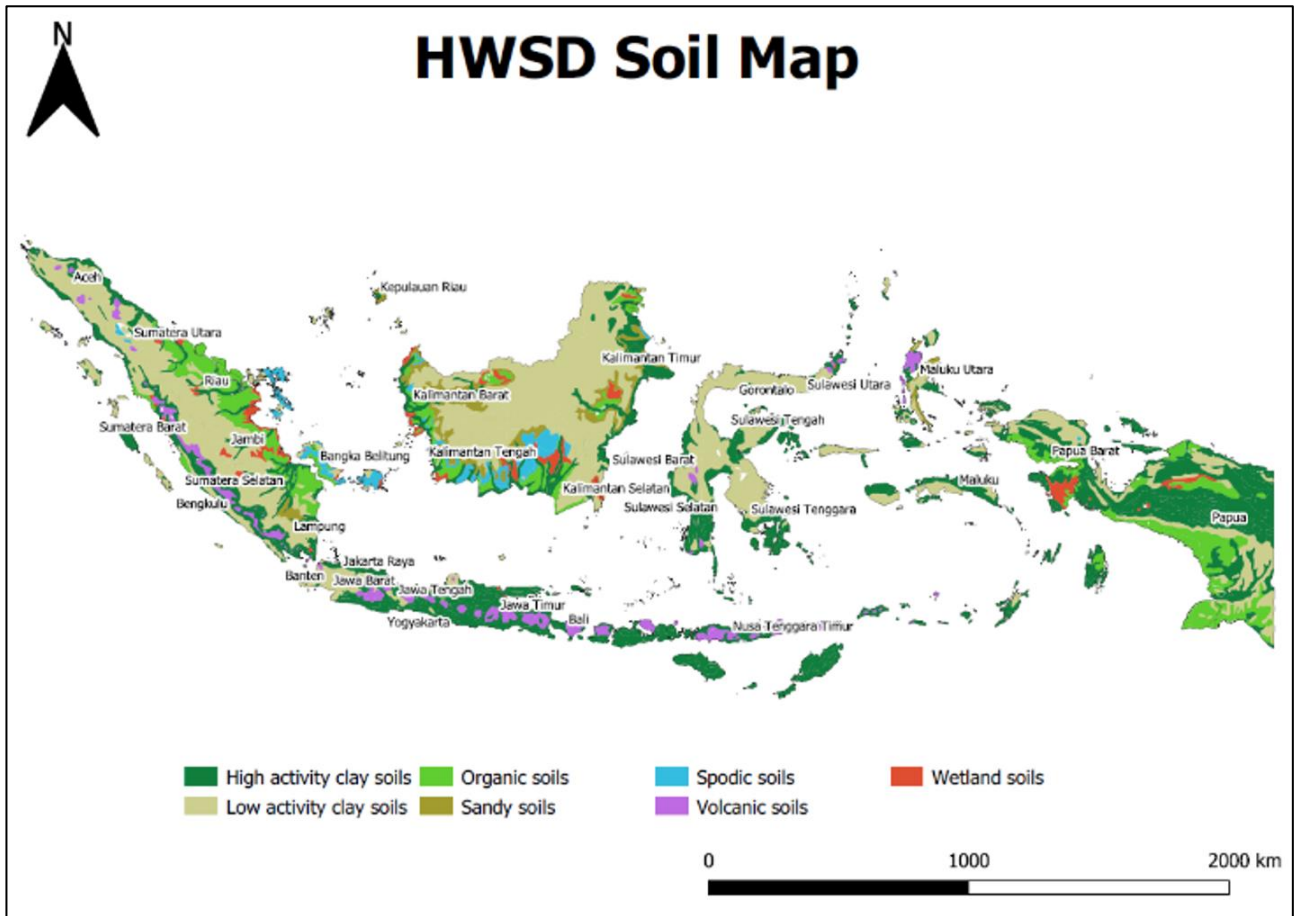
Gambar 3. Peta zona iklim IPCC Indonesia yang digunakan pada alat



Sumber: IPCC, 2019

⁷ Lihat bagian Glosarium untuk definisi tanah organik (gambut).

Gambar 4. Peta tanah dunia yang telah diharmonisasikan untuk Indonesia berdasarkan jenis tanah IPCC



Sumber: Fischer dkk, 2008

7. Tahapan implementasi

Masukkan jumlah tahun yang berhubungan dengan implementasi proyek ([Lihat bagian 2.7: Periode perhitungan gas rumah kaca](#)).

Dalam contoh kami, tahapan implementasi adalah 5 tahun.

8. Tahapan kapitalisasi


Masukkan jumlah tahun yang berhubungan dengan tahapan kapitalisasi dengan mempertimbangkan bahwa total durasi perhitungan adalah tiga puluh tahun ([Lihat bagian 2.7: Periode perhitungan gas rumah kaca](#)).

Dalam contoh kami, tahapan kapitalisasi adalah 25 tahun dengan mempertimbangkan total periode adalah 30 tahun.

9. Total durasi perhitungan

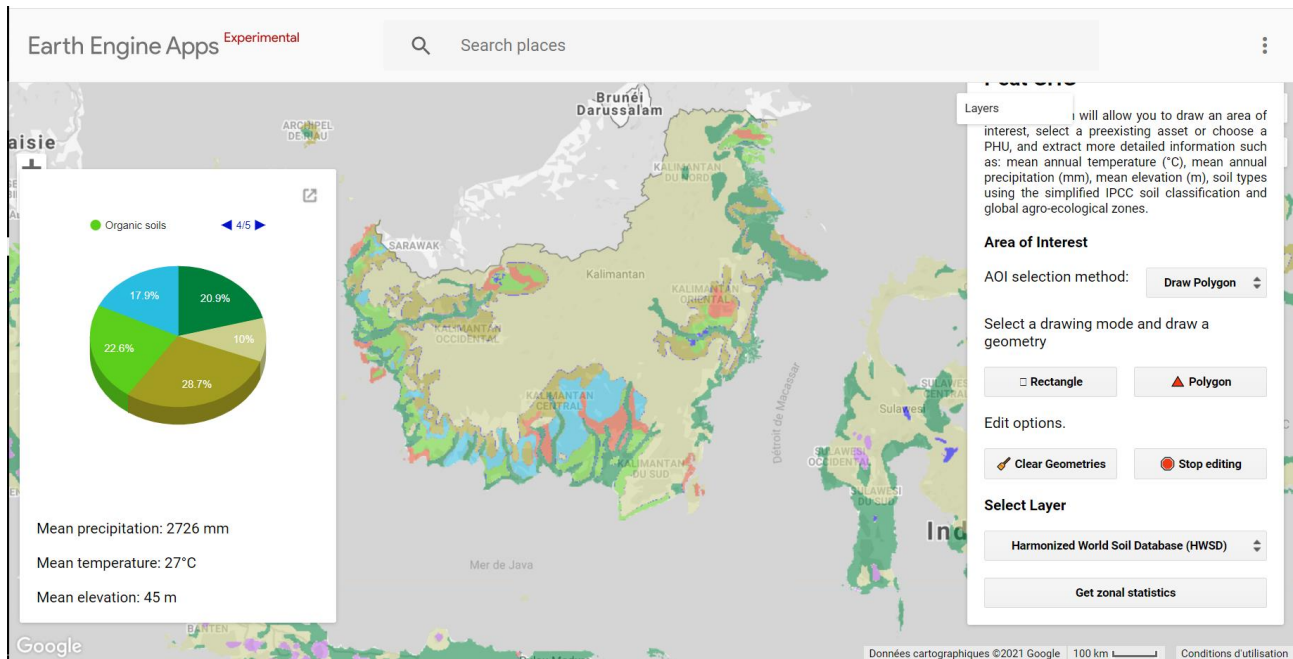
Lamanya waktu untuk melakukan perhitungan emisi dan/atau pengurangan gas rumah kaca. Periode referensi ditetapkan minimal 30 tahun ([Lihat bagian 2.7: Periode perhitungan gas rumah kaca](#)).

10. Peta

Ketuk  untuk mengakses peta interaktif melalui *Google Earth Engine* ([Gambar 5](#)). Aplikasi ini akan memungkinkan pengguna untuk menarik *area of interest* (AOI) dan mengambil lebih banyak informasi yang terperinci seperti: rata-rata temperatur tahunan (°C), rata-rata curah hujan tahunan (mm), rata-rata elevasi (m), jenis tanah menggunakan klasifikasi tanah IPCC yang telah disederhanakan, dan zona agro-ekologis global. Statistik zonal dapat diperoleh dari peta-peta berikut:

- Database tanah di dunia yang telah diharmonisasikan ([Fischer dkk, 2008](#)),
- Zona iklim berdasarkan IPCC ([IPCC, 2019](#)), and
- Zona agro-ecological global ([IIASA/FAO, 2012](#)).

Gambar 5. Contoh representasi jenis tanah dengan menggunakan aplikasi Google Earth Engine



Sumber: Cuplikan layar aplikasi Google Earth Engine yang terintegrasi dengan alat Gambut-GRK.

3.2 Modul 2: Modul perubahan penggunaan lahan

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dibutuhkan untuk menghitung emisi GRK yang berhubungan dengan deforestasi dan/atau restorasi lahan gambut melalui perubahan penggunaan lahan, dan berbagai praktik pengelolaan lahan gambut di tanah organik tropis. Lembar kerja excel ini terdiri dari tiga modul:

- Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut,
- Modul 2.2: Reforestasi lahan gambut, dan
- Modul 2.3: Perubahan penggunaan lahan non-hutan.

Deskripsi di bawah ini membantu mengklarifikasi beberapa kesalahpahaman yang umum namun penting, terkait perbedaan antara modul-modul tersebut.

Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut

Pada modul 2.1 Deforestasi lahan gambut ([Gambar 6](#)), para pengguna dapat menghitung emisi GRK (yang dapat dihindari) yang berhubungan dengan deforestasi lahan gambut, yaitu penebangan hutan lahan gambut atau konversi lainnya menjadi kelas lahan non-hutan.

Gambar 6. Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut

2.1 Deforestasi lahan gambut													
Jenis vegetasi yang akan dikeringkan dan/atau ditebang	Manajemen air yang digunakan?	Fraksi (%) dari total area tanah organik yang dikeringkan yang ditempati parit/selokan			Penggunaan lahan akhir setelah drainase dan/atau deforestasi	Area hutan (ha)			Area deforestasi dan/atau drainase (ha)		Total emisi (tCO2 eq)		
		Awal	Tanpa	Dengan		Awal	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Neraca (balance)
Rawa primer	Drainase	0%	2%	0%	Tanaman perkebunan (drainase dalam)	100	0	100	100	0	196.828 ▲	11.186 ▲	-185.642 ▼
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	
Total untuk deforestasi											196.828 ▲	11.186 ▲	-185.642 ▼

Tier 2

Jika tersedia faktor emisi yang telah diinputkan, silakan kunjungi

*D sesuai dengan default (linear) dinamika perubahan.

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Jenis vegetasi yang akan dikeringkan dan/atau ditebang

Pilih dari daftar *dropdown* jenis hutan yang akan ditebang atau dikeringkan. Alat ini memasukkan empat jenis hutan alam dan satu kelas hutan perkebunan, yang berhubungan dengan perkebunan rotasi pendek yang tumbuh di atas lahan gambut (misalnya *Acacia spp.*). Ketuk (?) untuk melihat definisi jenis hutan.

Dalam contoh kami, dipilih hutan 'Rawa primer'.

2. Manajemen air yang digunakan

Pilih dari daftar *dropdown* praktik manajemen air yang akan diimplementasikan.

Dalam contoh kami, dipilih drainase.


3. Fraksi dari total area tanah organik yang kering yang ditempati parit-parit

Masukkan area parit fraksional pada tiga titik waktu: di awal, skenario tanpa-proyek dan dengan-proyek. Area parit fraksional ($Frac_{ditch}$) dapat dikalkulasi dari informasi saluran parit dan kanal yang tampak jelas secara spasial. Dari sini dapat diperoleh panjang dan lebar parit, atau jika tidak jarak parit dan lebar parit di tanah organik, yang menghasilkan area parit pada tanah organik. Informasi geometris ini dikonversi ke area parit fraksional dengan membagi area parit pada tanah organik berdasarkan area tanah organik kering. Nilai *default* indikatif Tier 1 adalah 2 persen yang diperoleh dari publikasi kajian-kajian yang dilakukan di

lahan gambut tropis kering di Indonesia. Persentase *default* dapat dimodifikasi, jika tersedia informasi spesifik pada lokasi. Perlu dicatat bahwa $Frac_{ditch}$ yang berhubungan dengan hutan gambut primer diatur ke 0 persen karena tidak adanya parit atau kanal drainase. Hutan sekunder dan perkebunan seringkali memiliki kanal-kanal penebangan. Dengan demikian $Frac_{ditch}$ yang berhubungan dengan hutan sekunder dan perkebunan harus lebih besar dari 0 persen.

Dalam contoh kami, $Frac_{ditch}$ diatur ke 0 persen di saat awal dan skenario tanpa-proyek, karena diasumsikan tidak ada parit atau kanal drainase di hutan gambut primer. Untuk skenario dengan-proyek $Frac_{ditch}$ diatur ke 2 persen karena yang berhubungan dengan drainase untuk pengembangan tanaman perkebunan, drainase-dalam (misalnya perkebunan kelapa sawit).

4. Penggunaan lahan akhir setelah drainase dan /atau deforestasi

Pilih dari daftar *dropdown* penggunaan lahan akhir setelah deforestasi dan drainase. Ketuk  untuk melihat definisi kelas lahan non-hutan.

Dalam contoh kami, dipilih tanaman perkebunan (drainase-dalam).

5. Area hutan

Masukkan luas jenis hutan spesifik dalam hektar pada tiga skenario: 1) situasi awal, 2) skenario tanpa-proyek dan 3) dengan-proyek.

Dalam contoh kami, area hutan di awal adalah 100 hektar. Dalam skenario tanpa-proyek, diramalkan bahwa 'Rawa primer' akan ditebang, dikeringkan, dan dikonversi ke perkebunan kelapa sawit (tanaman perkebunan dengan drainase-dalam). Dalam skenario tanpa-proyek, area hutan diatur ke 0. Dengan skenario implementasi proyek, di sini kami berharap hutan akan dilestarikan dan perkebunan kelapa sawit tidak akan didirikan di atas lahan yang sebelumnya hutan.

6. Area deforestasi dan drainase

Setelah pengguna memberikan nama dan ukuran jenis hutan, alat secara otomatis menghitung area yang ditebang dan dikeringkan untuk skenario tanpa-proyek dan dengan-proyek.

Dalam contoh kami, area yang ditebang adalah seluas 100 ha dan 0 ha untuk skenario tanpa-proyek dan dengan-proyek, secara berurutan.

7. Total emisi

Emisi ditunjukkan dalam ton emisi atau pengurangan karbon dioksida ekuivalen (tCO₂ eq.) per tahun melalui penggunaan lahan dan perubahan penggunaan lahan. Emisi dihitung secara terpisah untuk dua skenario. Neraca GRK dihitung sebagai perbedaan antara emisi dari skenario dengan- dan tanpa-proyek.

Kotak 2. Emisi dan pengurangan dalam alat Gambut-GRK


Dalam Gambut-GRK, emisi ditunjukkan sebagai nilai positif sementara pengurangan sebagai nilai negatif

Alat ini mengkonversi emisi CH₄ dan N₂O menjadi CO₂ eq berdasarkan pada potensi pemanasan global untuk horison waktu 100-tahun seperti yang dipublikasikan dalam *IPCC Fifth Assessment Report* ([Myhre dkk, 2013](#)).

Dalam contoh kami, emisi total dalam skenario tanpa-proyek adalah **196,828 ▲** tCO₂eq. sementara emisi dalam skenario dengan-proyek dihitung sebagai **11,886 ▲** tCO₂eq. sepanjang periode 30 tahun. Sehingga neraca total adalah **-185,642 ▼** tCO₂eq. yang sesuai dengan jumlah **emisi yang dapat dihindari** (dan **bukan penurunan emisi aktual**) yang berhubungan dengan deforestasi yang dapat dihindari dan perlindungan hutan.

Tier 2

Jika Anda ingin memasukkan faktor emisi spesifik suatu negara atau spesifik suatu lokasi, untuk informasi

lebih detail, ketuk 

Akan muncul tabel berikut ([Gambar 7](#)). Faktor emisi yang disajikan di sini dapat berlaku untuk level Tier 2⁸; khusus untuk Indonesia namun memiliki asumsi emisi yang seragam untuk area yang luas.

⁸ Lihat bagian Glosarium untuk definisi tier.

Gambar 7. Bagian Tier 2 pada Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut

2.1 Deforestasi lahan gambut

Gunakan bagian ini jika Anda ingin menyempurnakan analisis dengan faktor emisi Tier 2.

Nilai default IPCC disediakan hanya sebagai informasi bagi Anda
Alat akan menggunakan nilai Tier 2 secara otomatis dimana pun ditentukan

Back

Pergunaan lahan awal	1 Biomassa				2 Sampah tanaman				3 Kayu mati				4 Total biomassa			
	atas-tanah		bawah-tanah		Default		Tier 2		Default		Tier 2		Default		Tier 2	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
	t C/ha		t C/ha		t C/ha		t C/ha		t C/ha		t C/ha		t C/ha/yr		t C/ha/yr	
Rawa primer	129		28		3.9				34						2.4	
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		
Silakan pilih	0		0		0.0				0					0.0		

Faktor emisi dari tanah organik yang dikeringkan

Pergunaan lahan awal	5 Rata-rata tinggi muka air tanah lahanan*		6 CO ₂ -C _{soil-on-site}		7 CH ₄ land		8 N ₂ O-N _{soil-on-site}		9 CO ₂ -C _{DOC}		10 CH ₄ ditch	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
	cm/year		t CO ₂ -C/ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr		kg N ₂ O-N/ha/yr		t CO ₂ -C/ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr	
Rawa primer	≤30		0.0		54.7		0.0		0.51		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	

Pergunaan lahan akhir	Rata-rata tinggi muka air tanah lahanan*		CO ₂ -C _{soil-on-site}		CH ₄ land		N ₂ O-N _{soil-on-site}		CO ₂ -C _{DOC}		CH ₄ ditch	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
	cm/year		t CO ₂ -C/ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr		kg N ₂ O-N/ha/yr		t CO ₂ -C/ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr	
Tanaman perkebunan (drainase dalam)	>30		11.0		0.0		1.2		0.82		2259	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Biomassa

Default stok biomassa atas-tanah (AGB) dan biomassa bawah-tanah (BGB) dapat dimodifikasi dengan meng-ketuk 'Tier 2'. Nilai default untuk AGB ditunjukkan di Tabel 3 berikut. Untuk memperkirakan jumlah karbon di setiap jenis hutan, diperlukan informasi tentang fraksi karbon. Fraksi karbon dari biomassa (berat kering) diasumsikan sebesar 47 persen (1 ton biomassa = 0.47 ton C) sesuai dengan Panduan IPCC (IPCC, 2006). Konversi stok-C menjadi CO₂ didapatkan dengan mengalikan stok-C dengan faktor 3.67 (44/12) (IPCC, 2006).

Tabel 3. Biomassa atas-tanah distratifikasi berdasarkan jenis hutan dan pulau

Jenis hutan	Pulau utama	Rata-rata biomassa atas-tanah (ton d.m ha ⁻¹)
Rawa Primer	Bali/Nusa Tenggara	-
	Jawa	-
	Kalimantan	275.5
	Maluku	-
	Papua	178.8
	Sulawesi	214.4
	Sumatera	220.8
Rawa sekunder	Bali/Nusa Tenggara	-
	Jawa	-
	Kalimantan	170.5
	Maluku	-
	Papua	145.7
	Sulawesi	128.3
	Sumatera	151.4
Mangrove primer	Kalimantan	263.9
Mangrove sekunder	Kalimantan	201.7
	Sulawesi	201.7

Sumber: [KLHK, 2016](#).

Dalam contoh kami, biomassa atas-tanah adalah hutan ‘rawa primer’ di Kalimantan diperkirakan sebesar 129 tC ha⁻¹ (275.5 * 0.47).

Nilai *default* untuk biomassa bawah-tanah diperkirakan dengan menggunakan rasio (R) spesifik biomassa bawah-tanah terhadap biomassa atas-tanah yang ditunjukkan dalam ton bahan kering akar (ton bahan kering tunas)⁻¹] ([Tabel 4](#)). Nilai yang berhubungan dengan rasio *default* yang dilaporkan pada [Tabel 4.4 IPCC 2019](#), pada [Tabel 4.5 IPCC 2014](#), dan nilai-nilai yang dilaporkan dari kajian yang dilakukan oleh [Verwer and van der Meer \(2010\)](#).

Tabel 4. Rasio biomassa bawah-tanah terhadap biomassa atas-tanah dari berbagai jenis hutan

Jenis hutan	Rasio (R) biomassa bawah-tanah terhadap biomassa atas-tanah	Sumber
Rawa primer	—	Verwer and van der Meer 2010
Rawa sekunder	87	Verwer and van der Meer 2010
Mangrove primer	64	IPCC, 2014
Mangrove sekunder	37	IPCC, 2014
Perkebunan	93	IPCC, 2019

Sumber: [IPCC 2014 dan 2019](#) dan [Verwer and van der Meer 2010](#).

Dalam contoh kami, biomassa bawah-tanah untuk hutan ‘rawa primer’ di Kalimantan dalam iklim lembab tropis adalah 28 tC ha⁻¹. Jika tersedia data spesifik pada lokasi, nilai *default* dapat dimodifikasi.

2. Sampah tanaman

Default faktor emisi Tier 1 untuk stok karbon sampah tanaman (ton C ha⁻¹) ditunjukkan pada [Tabel 5](#).

Tabel 5. Nilai default untuk sampah tanaman distratifikasi berdasarkan zona ekologis dan jenis hutan

Jenis hutan	Sampah tanaman ton C ha ⁻¹	Sumber
Rawa primer	3.9	Verwer and van der Meer, 2010
Rawa sekunder	3.9	Verwer and van der Meer 2010
Mangrove primer	0.7	IPCC, 2014
Mangrove sekunder	0.7	IPCC, 2014
Perkebunan	0	-

Sumber: IPCC, 2014 dan Verwer van der Meer 2010.

Dalam contoh kami, nilai yang diusulkan untuk sampah tanaman adalah 3.9 tC ha⁻¹

3. Kayu mati

Default faktor emisi Tier 1 untuk stok karbon kayu mati (ton C ha⁻¹) ditunjukkan pada [Tabel 6](#).

Tabel 6. Nilai default untuk kayu mati distratifikasi berdasarkan zona ekologis dan jenis hutan

Jenis hutan	Kayu mati ton C ha ⁻¹	Sumber
Rawa primer	34	Verwer and van der Meer 2010
Rawa sekunder	34	Verwer and van der Meer 2010
Mangrove primer	10.7	IPCC, 2014
Mangrove sekunder	10.7	IPCC, 2014
Perkebunan	0	-

Sumber: IPCC, 2014 dan Verwer van der Meer 2010.

Dalam contoh kami, nilai yang diusulkan untuk kayu mati diatur ke 34 tC ha⁻¹

4. Total Biomassa

Default stok karbon biomassa di atas lahan setelah deforestasi ditunjukkan pada [Tabel 7](#) di bawah ini.

Tabel 7. Default stok karbon biomassa di atas lahan setelah deforestasi

Penggunaan lahan akhir	Biomassa total tons C ha ⁻¹ yr ⁻¹	Sumber
Lahan terbuka	0	
Tanaman perkebunan (drainase-dalam) contoh kelapa sawit	2.40	Tabel 5.3, IPCC 2019
Tanaman perkebunan (drainase-dangkal) contoh sagu	2.40	Tabel 5.3, IPCC 2019
Area pertambangan	0	-
Pertanian kering campuran	4.70	Tabel 5.9, IPCC 2019
Sawah	4.70	Tabel 5.9, IPCC 2019
Savanna/padang rumput	7.57	Tabel 6.4, IPCC 2006
Area pemukiman	0	-
Area transmigrasi	0	-
Semak belukar	7.57	Tabel 6.4, IPCC 2006

Sumber: IPCC, [2014](#) dan [2019](#).

Dalam contoh kami, nilai yang diusulkan untuk tanaman perkebunan (kelapa sawit) diatur ke 2.4 tC ha⁻¹yr⁻¹

5. Rata-rata muka air tanah tahunan

Tingkat drainase mempengaruhi emisi dan dapat dipertimbangkan jika sesuai dan hanya dengan metode Tier yang lebih tinggi. Pengguna perlu menetapkan faktor emisi yang berhubungan untuk muka air tanah yang diberikan. Ketika menggunakan *default* faktor emisi IPCC, muka air tanah ditentukan berdasarkan kategori penggunaan lahan yang ditetapkan oleh pengguna. Memilih manajemen air yang spesifik pada alat tidak mempengaruhi emisi, kecuali jika faktor emisi Tier 2 dimasukkan juga.

Jika tipikal rentang rata-rata muka air tanah tahunan dari tanah organik kering untuk masing-masing kategori penggunaan lahan tidak diketahui, maka asumsi *default*-nya adalah tanah organik adalah didrainase-dalam karena kondisi drainase-dalam adalah kondisi yang paling tersebar luas dan dianggap sebagai kondisi yang sesuai untuk berbagai macam intensitas pengelolaan berbasis-drainase. Secara *default*, kelas drainase-dalam ditetapkan sebagai rata-rata kedalaman muka air tanah tahunan sebesar atau jauh lebih besar 30 cm di bawah permukaan tanah. Alat tersebut mengikuti pendekatan ini. Asumsi *default*-nya adalah bahwa hanya hutan lahan gambut primer yang alami, tidak dikeringkan yang dapat menjaga muka air tanah sekitar ≤ 30 cm di bawah permukaan. Perlu dicatat bahwa tinggi muka air tanah (*groundwater*) secara alami akan lebih rendah pada musim kering, namun dalam kasus ini, emisi-nya bukan buatan manusia. Pada alat, lahan gambut yang tidak dikeringkan dihitung sebagai lahan yang belum pernah dikeringkan dan belum pernah ditebang.

Alat ini juga mengikutsertakan *default* faktor emisi yang berhubungan dengan tanaman perkebunan drainase-dangkal (misalnya sagu) dengan rata-rata muka air tanah tahunan kurang dari 30 cm. Jika tersedia informasi rata-rata muka air tanah tahunan spesifik pada lokasi untuk masing-masing kategori penggunaan lahan/tutupan lahan, maka ini harus dimasukkan ke dalam bagian Tier 2. Pendekatan Tier 2 dapat termasuk faktor emisi terbaru yang dibedakan berdasarkan kedalaman drainase (drainase-dangkal, drainase-dalam) dan kelas lahan.

Dalam contoh kami, *default* rata-rata muka air tanah tahunan untuk 'Rawa primer' adalah ≤ 30 sementara rata-rata muka air tanah tahunan untuk 'Tanaman perkebunan (drainase-dalam) untuk perkebunan kelapa sawit adalah lebih dari 30 cm di bawah permukaan tanah.

6. Faktor emisi CO₂ dari tanah organik tropis

Alat ini menggunakan *default* faktor emisi IPCC Tier 1 untuk CO₂ dari tanah organik tropis (CO₂-C_{soil-onsite}) yang distratifikasi berdasarkan iklim dan penggunaan lahan ([Tabel 8](#)). *Default* faktor emisi diambil dari data yang mewakili penggunaan lahan jangka-panjang yang kering selama lebih dari 6 tahun, dan berlokasi di zona iklim tropis. *Default* faktor emisi tidak memperhitungkan seluruh emisi CO₂ di 5 tahun pertama setelah drainase.

Untuk metode Tier 1, asumsi *default*-nya adalah tidak ada perbedaan antara emisi dari tanah organik yang kering dalam jangka panjang dan tanah organik, setelah drainase awal atau ketika drainase dibuat lebih dalam. Tingkat kehilangan karbon yang tinggi dari tanah organik yang dikeringkan normalnya mulai terjadi segera setelah drainase awal, meskipun jika penggunaan lahan tidak berubah. Namun demikian, alat ini tidak memperhitungkan emisi dalam tahapan transisi karena kurangnya data untuk mendapatkan faktor emisi spesifik suatu negara. Jika tersedia informasi spesifik pada suatu lokasi, maka *default* faktor emisi tier 1 dapat dimodifikasi. Nilai *default* diperoleh dari Tabel 2.1 Suplemen [IPCC \(2014\)](#).

Untuk kelas lahan yang tidak kering ('Mangrove primer' dan 'Rawa primer'), $CO_2-C_{soil-on-site}$ diatur ke nol. Nilai ini diambil dari tanah organik tropis tidak kering dan berlaku untuk lokasi-lokasi di mana saturasi air mencegah terjadinya oksidasi bahan organik tanah lebih jauh ([IPCC, 2014](#)).

Tabel 8. Faktor emisi CO_2 untuk tanah organik yang kering dalam kategori penggunaan lahan

Kelas lahan Gambut-GRK	Kategori penggunaan lahan IPCC	$CO_2-C_{soil-on-site}$ ton $CO_2-C\ ha^{-1}yr^{-1}$
Mangrove primer	-	0
Mangrove sekunder	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	5.3
Rawa primer	-	0
Rawa sekunder	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	5.3
Perkebunan	Perkebunan, dikeringkan, rotasi pendek, misalnya acacia	20
Tanaman perkebunan (drainase-dalam)	Perkebunan, dikeringkan, kelapa sawit	11
Tanaman perkebunan (drainase-dangkal)	Perkebunan, drainase-dangkal (umumnya kurang dari 30 cm), umumnya digunakan untuk pertanian, misalnya sagu	1.5
Pertanian kering campuran	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	14
Sawah	Lahan pertanian, dikeringkan, sawah	9.4

Kelas lahan Gambut-GRK	Kategori penggunaan lahan IPCC	CO ₂ -C _{soil-onsite} ton CO ₂ -C ha ⁻¹ yr ⁻¹
Semak belukar	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	5.3
Savanna/padang rumput	Lahan pertanian, dikeringkan, sawah padi	9.4
Area transmigrasi	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	14
Area pemukiman	Lahan pertanian, dikeringkan, sawah padi	9.4
Area pertambangan	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	14
Lahan terbuka	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	14

Sumber: [IPCC 2014](#).

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk 'Rawa primer' adalah 0.0 tC ha⁻¹ yr⁻¹ dan untuk 'Tanaman perkebunan' drainase-dalam adalah 11 tC ha⁻¹ yr⁻¹.

7. Faktor emisi untuk CH₄ dari tanah organik tropis

Alat ini menggunakan *default* IPCC untuk faktor emisi CH₄ dari tanah organik tropis EF_{CH₄land} untuk digunakan dalam [Persamaan 4](#). Nilai *default* yang berhubungan dengan area lahan yang kering diperoleh dari Tabel 2.3 [IPCC \(2014\)](#) sementara nilai untuk hutan lahan gambut primer (alami/tidak kering) diperoleh dari Tabel 3.3 Suplemen [IPCC \(2014\)](#). Faktor emisi (EF_{CH₄soil}) untuk 'Mangrove primer' dan 'Rawa primer' (alami/tidak kering) adalah 41 CH₄-C ha⁻¹yr⁻¹. Nilai ini telah dikalikan dengan 16/12 untuk mengkonversi kg-C ke kg CH₄ ([Tabel 9](#)). *Default* faktor emisi untuk hutan lahan gambut primer telah dikembangkan dari data hutan rawa gambut tropis yang tidak kering di Indonesia. Hal ini menggunakan asumsi bahwa muka air tanah dekat-permukaan untuk sepanjang tahun.

Tabel 9. Faktor emisi metana untuk tanah organik tropis kering pada seluruh kategori penggunaan lahan

Kelas lahan Gambut-GRK	Kategori penggunaan lahan IPCC	$EF_{CH_4_{land}}$ kg CH ₄ ha ⁻¹ yr ⁻¹
Mangrove primer	-	55
Mangrove sekunder	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	4.9
Rawa primer	-	55
Rawa sekunder	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	4.9
Perkebunan	Hutan tanaman, dikeringkan	2.7
Tanaman perkebunan (drainase-dalam)	Perkebunan: kelapa sawit	0
Tanaman perkebunan (drainase-dangkal)	Perkebunan: sagu	26.2
Pertanian kering campuran	Lahan pertanian	7
Sawah	Padi	143.5
Semak belukar	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	4.9
Savanna/padang rumput	Lahan pertanian	7
Area transmigrasi	Lahan pertanian	7
Area pemukiman	Padang rumput	7
Area pertambangan	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	0
Lahan terbuka	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	0

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi adalah 55 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹ untuk 'Rawa primer' dan 0 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹ yr⁻¹ untuk 'Tanaman perkebunan' (perkebunan kelapa sawit) dari drainase.

8. Faktor emisi untuk N₂O dari tanah organik tropis

Alat ini menggunakan faktor emisi Tier 1 untuk N₂O dari tanah organik tropis (N₂O-N_{soil-onsite}) untuk tanah organik tropis kering yang distratifikasi berdasarkan penggunaan lahan (Tabel 10). *Default* faktor emisi untuk lahan kering diperoleh dari Tabel 2.5 dari Suplemen IPCC (2014). Emisi nitrogen oksida dari hutan lahan gambut primer diasumsikan dapat ditiadakan (asumsi Tier 1).

Tabel 10. Faktor emisi langsung nitrogen oksida untuk tanah organik kering pada seluruh kategori penggunaan lahan

Kelas lahan Gambut-GRK	Kategori penggunaan lahan IPCC	N ₂ O-N _{soil-onsite} kg N ₂ O-N ha ⁻¹ yr ⁻¹
Mangrove primer	-	0
Mangrove sekunder	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	2.4
Rawa primer	-	0
Rawa sekunder	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	2.4
Perkebunan	Hutan tanaman, dikeringkan	2.4
Tanaman perkebunan (drainase-dalam)	Perkebunan: kelapa sawit	1.2
Tanaman perkebunan (drainase-dangkal)	Perkebunan: sagu	3.3
Pertanian kering campuran	Lahan pertanian	5.0
Sawah	Padi	0.4

Kelas lahan Gambut-GRK	Kategori penggunaan lahan IPCC	$N_2O-N_{soil-on-site}$ kg $N_2O-N\ ha^{-1}yr^{-1}$
Semak belukar	Lahan hutan dan Lahan Hutan yang ditebang (semak belukar), dikeringkan	2.4
Savanna/padang rumput	Lahan pertanian	5.0
Area transmigrasi	Lahan pertanian	5.0
Area pemukiman	Padang rumput	5.0
Area pertambangan	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	0
Lahan terbuka	Lahan pertanian dan lahan bera, dikeringkan	0

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk ‘Rawa primer’ diatur ke 0 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ dan untuk ‘Tanaman perkebunan (perkebunan kelapa sawit) diatur ke 1.2 kg N ha⁻¹ yr⁻¹.

9. Faktor emisi untuk DOC dari tanah organik tropis

Untuk iklim tropis, faktor emisi untuk DOC dari tanah organik tropis (CO_2-C_{DOC}) dari 0.82 tC ha⁻¹ yr⁻¹ – sesuai Tabel 2.2 dari Suplemen [IPCC \(2014\)](#)– diusulkan untuk seluruh jenis tanah organik kering dan penggunaan lahan. Untuk hutan lahan gambut primer yang tidak kering, nilainya diperoleh dari Tabel 3.2 dari Suplemen [IPCC \(2014\)](#). Secara *default*, alat menggunakan IPCC Tier 1 untuk $EF_{DOC_{REWETTED}}$ dari 0.51 ton $CO_2-C\ ha^{-1}\ yr^{-1}$. Nilai ini telah dihitung dengan menggunakan data dari lokadi alami, tidak kering. Lihat [Tabel 11](#).

10. Faktor emisi untuk CH₄ dari parit drainase

Faktor emisi single Tier 1 untuk emisi CH₄ dari parit-parit drainase ($EF_{CH_4_{ditch}}$) disediakan untuk seluruh kelas penggunaan lahan yang dikeringkan untuk tanah organik tropis ([Tabel 12](#)). Emisi CH₄ rata-rata - lanskap dari parit-parit juga bergantung pada area permukaan parit ($Fra_{C_{ditch}}$). Area yang ditempati oleh parit-parit mungkin akan sangat rendah pada hutan sekunder, dan lebih tinggi pada perkebunan kelapa sawit industri – jadi emisi CH₄ parit aktual dapat sangat bervariasi, bahkan jika $EF_{CH_4_{ditch}}$ adalah sama untuk seluruh kelas lahan.

Tabel 11. Default faktor emisi karbon organik larut untuk tanah organik tropis

Kelas lahan Gambut-GRK	CO ₂ -C _{Doc} tons C ha ⁻¹ yr ⁻¹
Mangrove primer	0.51
Mangrove sekunder	0.82
Rawa primer	0.51
Rawa sekunder	0.82
Perkebunan	0.82
Tanaman perkebunan (drainase-dalam)	0.82
Tanaman perkebunan (drainase-dangkal)	0.82
Pertanian kering campuran	0.82
Sawah	0.82
Semak belukar	0.82
Savanna/padang rumput	0.82
Area transmigrasi	0.82
Area pemukiman	0.82
Area pertambangan	0.82
Lahan terbuka	0.82

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi adalah 0.51 ton C ha⁻¹ yr⁻¹ untuk ‘Rawa primer’ dan 0.82 ton C ha⁻¹ yr⁻¹ yr⁻¹ untuk tanaman perkebunan (drainase-dalam).

Tabel 12. Default faktor emisi metana untuk parit-parit drainase

Kelas lahan Gambut-GRK	$EF_{CH_4_{ditch}}$ kg CH ₄ ha ⁻¹ yr ⁻¹
Mangrove primer	0
Mangrove sekunder	2259
Rawa primer	0
Rawa sekunder	2259
Perkebunan	2259
Tanaman perkebunan (drainase-dalam)	2259
Tanaman perkebunan (drainase-dangkal)	2259
Pertanian kering campuran	2259
Sawah	2259
Semak belukar	2259
Savanna/padang rumput	2259
Area transmigrasi	2259
Area pemukiman	2259
Area pertambangan	2259
Lahan terbuka	2259

Sumber: [IPCC, 2014](#).

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk 'Rawa primer' diatur ke 0 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹. $EF_{CH_4_{ditch}}$ untuk tanaman perkebunan adalah 2259 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹

Modul 2.2: Reforestasi lahan gambut

Fokus dari Modul 2.2 Reforestasi lahan gambut ([Gambar 8](#)) adalah restorasi lahan gambut yang sebelumnya dikeringkan, disertai dengan praktik pengelolaan air yang berbeda dan menumbuhkan kembali tutupan vegetasi hutan.

Gambar 8. Modul 2.2: Reforestasi lahan gambut

Sebelum aktivitas: Penggunaan lahan awal	Manajemen air yang digunakan?	Fraksi (%) dari total area tanah organik yang dikeringkan yang ditempati parit/setakan			Penggunaan lahan akhir setelah reforestasi	Luas awal penggunaan lahan kering (ha)			Area yang telah direforestasi/direstorasi (ha)		Total emisi (tCO2 eq)		
		Awal	Tanpa	Dengan		Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Neto (balance)	
Pertanian kering campuran	Pembasahan	3%	3%	1%	Rawa sekunder	100	100	D	0	100	177,649 ▲	60,299 ▲	-117,351 ▼
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Siakan pilih	Siakan pilih	0%	0%	0%	Siakan pilih	0	0	D	0	0	0	0	0
Total reforestasi											177,649 ▲	60,299 ▲	-117,351 ▼

Jika tersedia faktor emisi yang telah disempurnakan, silakan kunjungi: **Tier 2**

D sesuai dengan default (linear) dinamika perubahan.

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Sebelum aktifitas penggunaan lahan awal

Pilih dari daftar *dropdown* kelas-kelas lahan non-hutan yang akan ditanami kembali. Ketuk untuk melihat definisi kelas-kelas lahan non-hutan.

Dalam contoh kami, dipilih 'Pertanian kering campuran'.

2. Manajemen air yang digunakan

Pilih dari daftar *dropdown* praktik manajemen air yang akan diimplementasikan.

Dalam contoh kami, dipilih pembasahan.

3. Fraksi dari area total tanah organik kering yang ditempati parit-parit

Lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut.

Dalam contoh kami, $Frac_{ditch}$ diatur ke 3 persen di awal dan skenario tanpa-proyek. $Frac_{ditch}$ untuk skenario dengan-proyek diatur ke 1 persen.

4. Penggunaan lahan akhir setelah reforestasi

Pilih dari daftar *dropdown* jenis hutan akhir setelah reforestasi. Ketuk  untuk melihat definisi jenis hutan.

Dalam contoh kami, dipilih jenis hutan 'Rawa sekunder'. Asumsi *default*-nya adalah bahkan jika pembasahan/*rewetting* dipilih dalam contoh di atas, hutan sekunder masih tetap dianggap kering karena adanya kegiatan penebangan atau gangguan oleh manusia yang terjadi di hutan sekunder. Jika *rewetting* diterapkan dan tersedia faktor emisi untuk hutan sekunder drainase-dangkal, maka data harus dimasukkan ke bagian Tier 2.

5. Area penggunaan lahan (dikeringkan) awal

Masukkan luas awal penggunaan lahan kering non-hutan dalam hektar pada tiga titik waktu: di awal, skenario tanpa-proyek, dan dengan-proyek.

Dalam contoh kami, area 'Pertanian kering campuran' diatur ke 100 ha di awal dan skenario tanpa-proyek. Dalam skenario dengan-proyek, area 'Pertanian kering campuran' diatur ke 0, karena area pertanian keseluruhan telah dikonversi ke 'Hutan sekunder'

6. Area yang direforestasi

Saat pengguna telah memberikan nama dan ukuran awal penggunaan lahan, alat secara otomatis menghitung area yang direforestasi untuk dua skenario.

Dalam contoh kami, 100 ha 'Rawa sekunder' dikembangkan dalam skenario dengan-proyek. Area yang direforestasi dalam skenario tanpa-proyek adalah 0, karena tidak ada reforestasi yang terjadi di lokasi saat tidak ada proyek.

7. Emisi total

Lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut. Emisi akan ditunjukkan dalam tCO_2eq .

Tier 2

Jika Anda ingin mengecek faktor emisi yang digunakan atau memberikan yang lebih baik, ketuk Tier 2

Tabel berikut di [Gambar 9](#) akan tampak.

Gambar 9. Bagian Tier 2 Modul 2.2: Reforestasi lahan gambut

2.2 Reforestasi lahan gambut												
Gunakan bagian ini jika Anda ingin menyempurnakan analisis dengan faktor emisi Tier 2.												
Nilai default IPCC disediakan hanya sebagai informasi bagi Anda												
Alat akan menggunakan nilai Tier 2 secara otomatis dimana pun ditentukan.												
Pergunaan lahan akhir	Biomassa ¹				Sampah tanam ²		Kayu mati ³		Pergunaan lahan awal		Total biomassa ⁴	
	atas-tanah		bawah-tanah		† C/ ha		† C/ ha				† C/ ha	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
Rawa sekunder	1.08		0.23		3.9		34.3		Pertanian kering campuran		4.7	
Silakan pilih	0.00		0.00		0.0		0.0		Silakan pilih		0.0	
Silakan pilih	0.00		0.00		0.0		0.0		Silakan pilih		0.0	
Silakan pilih	0.00		0.00		0.0		0.0		Silakan pilih		0.0	
Silakan pilih	0.00		0.00		0.0		0.0		Silakan pilih		0.0	
Silakan pilih	0.00		0.00		0.0		0.0		Silakan pilih		0.0	
Silakan pilih	0.00		0.00		0.0		0.0		Silakan pilih		0.0	
Silakan pilih	0.00		0.00		0.0		0.0		Silakan pilih		0.0	
Faktor emisi dari tanah organik yang dikeringkan												
Pergunaan lahan awal	Rata-rata tinggi muka air tanah tahunan* ⁵		CO ₂ -C _{soil-on-site} ⁶		CH ₄ land ⁷		N ₂ O-N _{soil-on-site} ⁸		CO ₂ -C _{doc} ⁹		CH ₄ ditch ¹⁰	
	am/year		† CO ₂ -C/ ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr		kg N ₂ O-N/ha/yr		† CO ₂ -C/ ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
Pertanian kering campuran	> 30		14		7		5		0.82		2259	
Silakan pilih	0		0		0		0		0		0	
Silakan pilih	0		0		0		0		0		0	
Silakan pilih	0		0		0		0		0		0	
Silakan pilih	0		0		0		0		0		0	
Silakan pilih	0		0		0		0		0		0	
Silakan pilih	0		0		0		0		0		0	
Silakan pilih	0		0		0		0		0		0	
Rata-rata tinggi muka air tanah tahunan*												
Pergunaan lahan akhir	Rata-rata tinggi muka air tanah tahunan* ⁵		CO ₂ -C _{soil-on-site} ⁶		CH ₄ land ⁷		N ₂ O-N _{soil-on-site} ⁸		CO ₂ -C _{doc} ⁹		CH ₄ ditch ¹⁰	
	am/year		† CO ₂ -C/ ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr		kg N ₂ O-N/ha/yr		† CO ₂ -C/ ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
Rawa sekunder	> 30		5.3		4.9		2.4		0.82		2259	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Biomassa

Laju pertumbuhan biomassa atas-tanah dan biomassa bawah-tanah dari jenis-jenis hutan ditunjukkan pada [Tabel 13](#) di bawah ini. Nilai *default* dapat dimodifikasi jika tersedia data yang lebih baik.

Tabel 13. Default laju pertumbuhan biomassa atas-tanah dan biomassa bawah-tanah

Jenis hutan	Iklm	Biomassa atas-tanah tC ha ⁻¹ yr ⁻¹	Biomassa bawah-tanah tC ha ⁻¹ yr ⁻¹
Rawa sekunder	Lembap tropis		0.26
	Basah tropis	1.08	0.23
Mangrove sekunder	Tropis	2.8	1.37
Perkebunan	Tropis	4.8	0

Sumber: [KLHK, 2016](#).

Dalam contoh kami, *default* biomassa atas-tanah dan bawah-tanah untuk 'Rawa sekunder' adalah 1.08 tC ha⁻¹yr⁻¹ dan 0.26 tC ha⁻¹yr⁻¹ pada iklim lembap tropis.

2. Sampah tanaman

Dalam modul ini, sampah tanaman diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut dan drainase. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, nilai *default* yang diusulkan untuk sampah tanaman adalah 3.9 tC ha⁻¹.

3. Kayu mati

Di modul ini, kayu mati diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut dan drainase. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, nilai *default* yang diusulkan untuk kayu mati adalah 34 tC ha⁻¹.

4. Biomassa total

Default stok karbon biomassa yang berkurang karena konversi lahan ke hutan ditunjukkan di [Tabel 14](#) di bawah ini.

Tabel 14. Default stok karbon biomassa pada lahan yang dikonversi ke hutan

Penggunaan lahan awal	Biomassa ton C ha ⁻¹	Sumber
Savanna atau padang rumput	7.6	Tabel 6.4, IPCC 2006
Semak belukar	7.6	Tabel 6.4, IPCC 2006
Tanaman perkebunan (drainase-dalam), misalnya kelapa sawit	30	Tabel 5. 3, IPCC 2019
Tanaman perkebunan (drainase-dangkal), misalnya sagu	30	Tabel 5. 3, IPCC 2019
Pertanian kering campuran	4.7	Tabel 5. 9, IPCC 2019
Sawah	4.7	Tabel 5. 9, IPCC 2019
Area pemukiman	0	
Area transmigrasi	0	
Lahan terbuka	0	-
Area pertambangan	0	-

Sumber: [IPCC 2006](#) dan [2019](#).

Dalam contoh kami, nilai *default* yang diusulkan adalah 4.7 ton C ha⁻¹.

5. Rata-rata muka air tanah tahunan

Dalam modul ini, rata-rata muka air tahunan diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, *default* rata-rata muka air tanah tahunan untuk ‘Pertanian kering campuran’ dan ‘Rawa sekunder’ diatur ke 30 cm di bawah permukaan tanah. Kedua kelas lahan ini secara *default* dianggap sebagai kelas lahan drainase-dalam.

6. Faktor emisi untuk CO₂ untuk tanah organik tropis

Faktor emisi untuk CO₂ untuk tanah organik tropis (CO₂-C_{soil-onsite}) di modul ini diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, nilai *default* untuk 'Pertanian kering campuran' dan 'Rawa sekunder' adalah 14 tC ha⁻¹ yr⁻¹ dan 5.3 tC ha⁻¹ yr⁻¹, secara berurutan.

7. Faktor emisi untuk CH₄ dari tanah organik tropis

Faktor emisi untuk CH₄ dari tanah organik tropis ($EF_{CH_4_{land}}$) pada modul ini diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, nilai *default* yang diusulkan untuk 'Pertanian kering campuran' dan 'Rawa sekunder' adalah 7 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹ dan 4.9 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹, secara berurutan.

8. Faktor emisi untuk N₂O dari tanah organik tropis

Faktor emisi untuk N₂O dari tanah organik tropis ($N_2O-N_{soil-on-site}$) pada modul ini diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, nilai *default* untuk 'Pertanian kering campuran' dan 'Rawa sekunder' adalah 5 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ dan 2.4 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ secara berurutan.

9. Faktor emisi untuk DOC dari tanah organik tropis

Faktor emisi untuk DOC dari tanah organik tropis (CO_2-C_{DOC}) pada modul ini diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, nilai *default* yang diusulkan untuk 'Pertanian kering campuran' dan 'Rawa sekunder' adalah 0.82 tC ha⁻¹ yr⁻¹.

10. Faktor emisi untuk CH₄ dari parit drainase

Faktor emisi untuk emisi CH₄ dari parit-parit drainase ($EF_{CH_4_{ditch}}$) dalam modul ini diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, nilai *default* yang diusulkan untuk 'Pertanian kering campuran' dan 'Rawa sekunder' adalah 2 259 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹.

Modul 2.3: Perubahan penggunaan lahan non-hutan

Modul 2.3. Perubahan penggunaan lahan non-hutan ([Gambar 10](#)) hanya berkaitan dengan lahan gambut non-hutan, di mana hutan rawa gambut Indonesia telah dihilangkan. Secara *default*, kelas-kelas lahan yang diikutsertakan dalam modul ini dianggap telah dikeringkan (drainase-dalam atau drainase-dangkal). Di sini, pengguna dapat menilai neraca karbon dari penggunaan lahan yang tetap kering, dengan atau tanpa mengalami perubahan penggunaan lahan lebih lanjut. Jika kelas-kelas lahan berikut: ‘Pertanian kering campuran’, ‘Tanaman perkebunan’ dan ‘Sawah’ tetap berada di bawah penggunaan lahan yang sama, mereka harus dihitung dengan menggunakan [Modul 3.1](#), [3.2.2](#), dan [3.3](#) secara berurutan.

Gambar 10. Modul 2.3: Perubahan penggunaan lahan non-hutan

Sebelum aktivitas: Penggunaan lahan awal	Manajemen air yang digunakan?	Fraksi (%) dari total area tanah organik yang dikeringkan yang ditempati padi/selakan			Penggunaan lahan akhir	Luas awal penggunaan lahan (ha)			Luas akhir penggunaan lahan akhir (ha)		Total emisi (tCO2 eq)		
		Awal	Tanpa	Dengan		Awal	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Neraca (balance)
Semak belukar	Pembasahan	2%	2%	2%	Tanaman perkebunan (drainase dangkal)	100	100	0	0	100	75,790 ▲	42,478 ▲	-33,311 ▼
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	2%	2%	2%	Silakan pilih	0	0	0	0	0	0	0	0
Total perubahan penggunaan lahan non-hutan											75,790 ▲	42,478 ▲	-33,311 ▼

Tier 2

Jika tersedia faktor emisi yang telah disempurnakan, silakan kunjungi:
*D' sesuai dengan default (linier) dhanka perubahan.

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Sebelum aktifitas penggunaan lahan awal

Pilih dari daftar *dropdown* kelas lahan yang berhubungan dengan penggunaan lahan awal dari area yang menjadi perhatian.

Dalam contoh kami, ‘semak belukar’ dipilih sebagai penggunaan lahan awal.

2. Manajemen air yang digunakan

Pilih dari daftar *dropdown* praktik manajemen air yang akan diimplementasikan.

Dalam contoh kami, dipilih, ‘pembasahan’

3. Fraksi dari area total tanah organik kering yang ditempati oleh parit-parit

Asumsi *default*-nya adalah lahan tetap kering dan parit-parit drainase tidak disekat pad saat awal, dalam skenario tanpa, dan dengan-proyek. Default $\text{Frac}_{\text{ditch}}$ sebesar 2 persen diberlakukan, namun pengguna dapat memodifikasinya. Untuk informasi lebih lanjut mengenai $\text{Frac}_{\text{ditch}}$, lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut.

Dalam contoh kami, $\text{Frac}_{\text{ditch}}$ tetap sama dan diatur ke 2 persen di awal, dalam skenario tanpa dan dengan-proyek.

4. Penggunaan lahan akhir

Pilih dari daftar *dropdown* kelas lahan yang berhubungan dengan penggunaan lahan akhir dengan implementasi proyek.

Dalam contoh kami, tanaman perkebunan (drainase-dangkal) dipilih sebagai penggunaan lahan akhir.

5. Area penggunaan lahan awal

Masukkan luas awal penggunaan lahan dalam hektar di tiga titik waktu: di awal, skenario tanpa, dan dengan-proyek.

Dalam contoh kami, area semak belukar diatur ke 100 ha di awal dan skenario tanpa-proyek. Dengan skenario proyek area semak belukar diatur ke 0.

6. Area penggunaan lahan akhir

Setelah Anda menunjukkan nama dan ukuran awal penggunaan lahan dalam hektar, alat secara otomatis akan menghitung area penggunaan lahan akhir untuk skenario tanpa dan dengan-proyek.

Dalam contoh kami, area 'tanaman perkebunan (drainase-dangkal)' adalah 0 ha untuk skenario tanpa-proyek. Dalam skenario dengan-proyek, seluruh area semak belukar diharapkan dikonversi menjadi 'tanaman perkebunan (drainase-dangkal)'.

7. Emisi total

Lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut. Emisi akan diberikan sebagai tCO_2eq .

Tier 2

Jika Anda ingin mengecek faktor emisi yang digunakan atau memberikan yang lebih baik, ketuk Tier 2.

Tabel berikut di [Gambar 11](#) akan muncul.

Gambar 11. Bagian Tier 2 Modul 2.3: Perubahan penggunaan lahan non-hutan

2.3. Perubahan penggunaan lahan non-hutan												
Gunakan bagian ini jika Anda ingin menyempurnakan analisis dengan faktor emisi Tier 2.												
Nilai default IPCC disediakan hanya sebagai informasi bagi Anda												
Alat akan menggunakan nilai Tier 2 secara otomatis dimana pun ditentukan												
Back												
Pergunaan lahan awal		1 Biomassa Default Tier 2 t C/ha		Pergunaan lahan akhir		2 Biomassa (tahun pertama) Default Tier 2 t C/ha						
Semak belukar		7.6		Tanaman perkebunan (drainase dangkal)		2.4						
Silakan pilih		0.0		Silakan pilih		0.0						
Silakan pilih		0.0		Silakan pilih		0.0						
Silakan pilih		0.0		Silakan pilih		0.0						
Silakan pilih		0.0		Silakan pilih		0.0						
Silakan pilih		0.0		Silakan pilih		0.0						
Silakan pilih		0.0		Silakan pilih		0.0						
Silakan pilih		0.0		Silakan pilih		0.0						
Faktor emisi dari tanah organik yang dikeringkan												
Pergunaan lahan awal		3 Rata-rata tinggi muka air tanah tahunan* Default Tier 2 cm/year		4 CO₂-C_{org,nonde} Default Tier 2 t CO ₂ -C/ha/yr		5 CH₄_{low} Default Tier 2 kg CH ₄ /ha/yr		6 N₂O-N_{org,nonde} Default Tier 2 kg N ₂ O-N/ha/yr		7 CO₂-C_{nonc} Default Tier 2 t CO ₂ -C/ha/yr	8 CH₄_{rich} Default Tier 2 kg CH ₄ /ha/yr	
Semak belukar		> 30		5.3		4.9		2.4		0.82		2259
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Pergunaan lahan akhir		Rata-rata tinggi muka air tanah tahunan*		CO ₂ -C _{org,nonde}		CH ₄ _{low}		N ₂ O-N _{org,nonde}		CO ₂ -C _{nonc}		CH ₄ _{rich}
		Default Tier 2 cm/year		Default Tier 2 t CO ₂ -C/ha/yr		Default Tier 2 kg CH ₄ /ha/yr		Default Tier 2 kg N ₂ O-N/ha/yr		Default Tier 2 t CO ₂ -C/ha/yr		Default Tier 2 kg CH ₄ /ha/yr
Tanaman perkebunan (drainase		> 30		1.5		26.2		3.3		0.82		2259
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0
Silakan pilih		0		0		0		0		0		0

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Biomassa

Berhubungan dengan *default* stok karbon biomassa pada penggunaan lahan kering di awal. Rincian *default* biomassa yang diusulkan dalam tC ha⁻¹ sebelum konversi ada di Tabel 13 di atas.

Dalam contoh kami, biomassa semak belukar adalah 7.6 tC ha⁻¹.

2. Biomassa tahun pertama setelah konversi

Berhubungan dengan *default* stok karbon biomassa pada penggunaan lahan kering di akhir, satu tahun setelah dikonversi. Rincian *default* biomassa yang diusulkan dalam ha^{-1} setelah konversi ada di Tabel 7 di atas.

Dalam contoh kami, biomassa yang diusulkan untuk 'Tanaman perkebunan - drainase dangkal' (contoh sagu) untuk tahun pertama setelah konversi adalah 2.4 tC ha^{-1} . Pengguna dapat memodifikasi data ini dengan memasukkan informasi spesifik-tapak pada bagian Tier 2.

3. Rata-rata muka air tanah tahunan

Dalam modul ini, rata-rata muka air tanah tahunan diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan.

Dalam contoh kami, secara *default* semak belukar memiliki rata-rata kedalaman muka air tanah tahunan sebesar 30 cm di bawah permukaan sementara rata-rata muka air tanah tanaman perkebunan (drainase-dangkal) umumnya kurang dari 30 cm.

4. Faktor emisi untuk CO_2 untuk tanah organik tropis

Dalam modul ini, emisi CO_2 untuk tanah organik tropis diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat sebagai $\text{CO}_2\text{-C}_{\text{soil-}}$
onsite

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk semak belukar dan tanaman perkebunan (drainase-dangkal) adalah $5.3 \text{ tC ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ dan $1.5 \text{ tC ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ secara berurutan.

5. Faktor emisi untuk CH_4 dari tanah organik tropis

Di modul ini, emisi CH_4 untuk tanah organik tropis diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat sebagai $EF_{\text{CH}_4\text{land}}$

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk semak belukar dan tanaman perkebunan (drainase-dangkal) adalah $4.9 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ dan $26.2 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ secara berurutan.

6. Faktor emisi untuk N_2O dari tanah organik tropis

Dalam modul ini, emisi N₂O untuk tanah organik tropis diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat sebagai N₂O-N<sub>soil-
onsite</sub>

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk semak belukar dan tanaman perkebunan (drainase-dangkal) adalah 2.4 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ dan 3.3 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ secara berurutan.

7. Faktor emisi untuk DOC dari tanah organik tropis

Di modul ini, emisi DOC untuk tanah organik tropis diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat sebagai CO₂-C_{DOC}

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk semak belukar dan tanaman perkebunan (drainase-dangkal) adalah 0.82 tC ha⁻¹ yr⁻¹.

8. Faktor emisi untuk CH₄ dari parit drainase

Di modul ini, emisi CH₄ dari parit-parit drainase diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat sebagai EF_{CH₄ditch}

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk semak belukar dan tanaman perkebunan (drainase-dangkal) adalah 2259 kgCH₄ ha⁻¹ yr⁻¹.

3.3 Modul 3: Lahan gambut pertanian yang dikelola

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang diperlukan untuk menghitung emisi GRK yang berhubungan dengan lahan gambut pertanian yang dikelola. Lembar excel ini memiliki tiga modul:

- Modul 3.1: Lahan pertanian tahunan
- Modul 3.2: Tanaman perkebunan (tanaman pohon perennial seperti kelapa sawit, karet, sagu, dll.)
- Modul 3.3: Sawah di atas tanah organik kering

Modul 3.1: Lahan pertanian tahunan

Dengan Modul 3.1 Lahan pertanian tahunan ([Gambar 12](#)) memungkinkan pengguna untuk dapat mengestimasi emisi/pengurangan dari gambut yang berhubungan dengan lahan pertanian tahunan yang kering, yang tidak mengalami konversi penggunaan lahan apa pun. Dalam modul ini, lahan pertanian

Masukkan luas penggunaan lahan spesifik dalam hektar di awal, skenario tanpa dan dengan-proyek. Area total dari sistem penanaman tahunan harus tetap sama.

Dalam contoh kami, area di awal, skenario tanpa dan dengan-proyek diatur ke 100 ha.

4. Emisi total

Lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut.

Tier 2

Jika Anda ingin mengecek faktor emisi yang digunakan atau memberikan yang lebih baik, ketuk Tier 2.

Tabel berikut di [Gambar 13](#) akan muncul.

Gambar 13. Bagian Tier 2 Modul 3.1: Lahan pertanian tahunan di atas tanah organik tropis

3.1 Lahan pertanian tahunan												
Gunakan bagian ini jika Anda ingin menyempurnakan analisis dengan faktor emisi Tier 2.												
Nilai default IPCC disediakan hanya sebagai informasi bagi Anda												
Alat akan menggunakan nilai Tier 2 secara otomatis dimana pun ditentukan												
Sistem tanaman tahunan	1 Rata-rata tinggi muka air tanah tahunan*		2 CO ₂ -C _{soil-on-site}		3 CH ₄ land		4 N ₂ O-N _{soil-on-site}		5 CO ₂ -C _{DOC}		6 CH ₄ ditch	
	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2	Default	Tier 2
	cm/year		t CO ₂ -C/ ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr		kg N ₂ O-N/ha/yr		t CO ₂ -C/ ha/yr		kg CH ₄ /ha/yr	
Pertanian kering campuran	> 30		14.0		7.0		5.0		0.82		2259	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	
Silakan pilih	0		0.0		0.0		0.0		0.00		0	

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Rata-rata muka air tanah tahunan

Di modul ini, rata-rata muka air tanah tahunan diperlakukan sama persis dengan di modul-modul sebelumnya.

Dalam contoh kami, *default* rata-rata muka air tanah tahunan untuk ‘Pertanian kering campuran’ diatur sebesar 30 cm di bawah permukaan tanah.

2. Faktor emisi untuk CO₂ untuk tanah organik tropis

Di modul ini emisi, CO₂ di-pada satu lokasi dari lahan pertanian tropis yang kering diperlakukan sama persis dengan di modul-modul sebelumnya. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat dengan CO₂-C_{soil-onsite}

Dalam contoh kami, nilai *default*-nya adalah 14 tC ha⁻¹ yr⁻¹ untuk pertanian kering campuran. Seluruh faktor emisi yang berhubungan dengan tanaman 'lain' diatur ke 0. Untuk tanaman 'lain', pengguna harus memasukkan data miliknya sendiri.

3. Faktor emisi untuk CH₄ dari tanah organik tropis

Di modul ini, faktor emisi CH₄ untuk tanah organic tropis diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat dengan $EF_{CH_4_{land}}$

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk 'Pertanian kering campuran' adalah 7 kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹.

4. Faktor emisi untuk N₂O dari tanah organik tropis

Dalam modul in, faktor emisi N₂O dari tanah organic tropis diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat dengan N₂O-N_{soil-onsite}

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk 'Pertanian kering campuran' adalah 5 kg N ha⁻¹ yr⁻¹.

5. Faktor emisi untuk DOC dari tanah organik tropis

Di modul ini, faktor emisi DOC dari tanah organic tropis diperlakukan sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat dengan CO₂-C_{DOC}

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk 'Pertanian kering campuran' adalah 0.82 tC ha⁻¹ yr⁻¹.

6. Faktor emisi untuk CH₄ dari parit drainase

Di modul ini, faktor emisi CH₄ dari parit-parit drainase sama persis dengan di Modul 2.1: Deforestasi lahan gambut. Lihat Modul 2.1 untuk faktor emisi yang digunakan. Disingkat dengan $EF_{CH_4_{ditch}}$

Dalam contoh kami, *default* faktor emisi untuk 'Pertanian kering campuran' adalah 2259 kgCH₄ ha⁻¹ tahun⁻¹.

Modul 3.2: Tanaman perkebunan: tanaman pohon perennial seperti kelapa sawit dan karet

Modul ini dibagi dalam dua komponen:

- Bagian 3.2.1 Tanaman perkebunan dari penggunaan lahan lain atau dikonversi ke penggunaan lahan lain (silakan isi langkah 2. [Modul perubahan penggunaan lahan](#) sebelumnya)
- Bagian 3.2.2 Tanaman perkebunan tetap sebagai tanaman perkebunan (area total harus tetap sama)

Tanaman perkebunan dari penggunaan lahan lain atau dikonversi ke penggunaan lahan lain

Dengan Sub-modul 3.2.1 ([Gambar 14](#)), pengguna dapat menghitung perubahan stok biomassa pada tanaman perkebunan (tanaman pohon perennial) karena konversi penggunaan lahan karena telah ditentukan sebelumnya di Modul 2. Pada saat ini, emisi CO₂ dan non-CO₂ dari kebakaran di atas tanah organik yang kering dan biomassa atau residu pembakaran tidak termasuk dalam modul ini.

Gambar 14. Sub-modul 3.2.1: Tanaman perkebunan dari penggunaan lahan lain atau dikonversi ke penggunaan lahan lain (sebelumnya, silakan isi langkah ke-2 dari modul perubahan penggunaan lahan sebelumnya)

Deskripsi	Tanaman perkebunan (estate)	Area tanah organik yang telah dikultivasi (ha)			Total emisi (tCO ₂ eq)		
		Awal	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Neraca (balance)
Perennial setelah deforestasi	Kelapa sawit	0	100	0	-23,760 ▼	0	23,760 ▲
Dikonversi ke reforestasi	Stakan pilih	0	0	0	0	0	0
Setelah penggunaan lahan non-hutan	Stakan pilih	0	0	0	0	0	0
Dikonversi ke penggunaan lahan lain	Stakan pilih	0	0	0	0	0	0

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Deskripsi

- **Perkebunan setelah deforestasi:** Mengacu pada tanaman perkebunan yang baru dikembangkan setelah deforestasi dalam hubungannya dengan Modul 2.1

- **Dikonversi ke reforestasi:** Mengacu ke tanaman perkebunan yang dikonversi ke lahan hutan (misalnya perkebunan) dalam hubungannya dengan Modul 2.2
- **Perkebunan setelah penggunaan lahan non-hutan:** Mengacu ke tanaman perkebunan yang baru dikembangkan dari konversi sistem penggunaan lahan non-hutan lain yang berhubungan dengan Modul 2.3
- **Dikonversi ke penggunaan lahan lain:** Mengacu ke tanaman perkebunan yang dikonversi ke penggunaan lahan non-hutan lain yang berhubungan dengan Modul 2.2

Dalam contoh kami, digunakan garis yang mengacu ke 'Perkebunan setelah deforestasi'. Dalam contoh kami, dengan tidak adanya proyek, diharapkan tanaman perkebunan dikembangkan di atas lahan yang sebelumnya berhutan (skenario tanpa-proyek).

2. Tanaman perkebunan

Pilih dari daftar *dropdown* jenis tanaman perkebunan.

Dalam contoh kami, dipilih 'Kelapa sawit'.

3. Area tanah organik yang dikultivasi

Area tanaman perkebunan di awal, skenario tanpa dan dengan-proyek akan diisi secara otomatis oleh alat.

Dalam contoh kami, ditunjukkan kelapa sawit 100 ha untuk skenario tanpa-proyek. Area kelapa sawit di awal dan skenario dengan-proyek adalah 0, karena tidak terjadi deforestasi di awal atau skenario dengan-proyek.

4. Emisi total

Lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut.

Tanaman perkebunan tetap menjadi tanaman perkebunan

Dengan Sub-modul 3.2.2 ([Gambar 15](#)), Anda dapat memperkirakan emisi/pengurangan dari gambut yang berhubungan dengan tanaman perkebunan (tanaman pohon perennial), yang belum mengalami konversi penggunaan lahan apa pun. Dalam modul ini, tanaman perkebunan (drainase dalam atau drainase dangkal) tetap menjadi tanaman perkebunan dengan intensitas penggunaan lahan yang berbeda (misalnya penggunaan pupuk) di drainase-dalam, dan fraksi area yang ditempati parit-parit. Pada saat ini, emisi CO₂


Masukkan luas tanaman perkebunan spesifik dalam hektar pada tiga titik waktu: di awal, baseline, dan skenario baru. Perlu dicatat bahwa area total tanaman perkebunan harus sama di awal dan di akhir (baseline atau skenario-baru).

Dalam contoh kami, areanya diatur ke 100 ha.

4. Emisi total

Lihat deskripsi pada [modul 2.1 Deforestasi lahan gambut dan drainase](#).

Tier 2

Jika Anda ingin mengecek faktor emisi yang digunakan atau memberikan yang lebih baik, ketuk . Di modul ini faktor emisi diperlakukan sama persis dengan di modul-modul lain seperti yang dijelaskan di atas.

Modul 3.3: Sawah di atas tanah organik yang dikeringkan

Modul 3.3 ([Gambar 16](#)) fokus pada kultivasi padi di atas tanah organik tropis. Di modul ini, sawah padi tetap sawah padi dengan intensitas penggunaan lahan yang berbeda (misalnya penggunaan pupuk), drainase, dan fraksi area yang ditempati parit-parit. Pada saat ini, emisi CO₂ dan non-CO₂ dari kebakaran di tanah organik kering dan biomassa atau residu pembakaran tidak termasuk dalam modul ini.

Kultivasi padi di atas gambut sebagian besar dibatasi pada area gambut yang lebih dangkal (< 100 cm) di ujung kubah gambut. Gambut dangkal mungkin memiliki kesuburan yang lebih tinggi dan memiliki risiko lingkungan yang relatif lebih rendah untuk kultivasi padi dibandingkan dengan gambut yang lebih dalam dan lebih asam. Namun demikian, perlu diingat bahwa sepanjang lahan gambut tetap dikeringkan, contohnya selang-seling antara sawah padi yang dikeringkan dan dibasahi; ada risiko terjadi kebakaran dalam periode/musim kering. Sawah padi bisa jadi agak menguntungkan juga di lahan gambut yang

Dalam contoh kami, area sawah padi yang dikeringkan adalah 100 ha.

4. Emisi total

Lihat deskripsi pada [Modul 2.1](#) Deforestasi lahan gambut.

Tier 2

Jika Anda ingin mengecek faktor emisi yang digunakan atau memberikan yang lebih baik, kketuk Tier 2. Di modul ini, faktor emisi diperlakukan sama persis dengan modul lain seperti yang dijelaskan di atas.

3.4 Modul 4: Pengelolaan hutan lahan gambut

Modul 4 ‘Pengelolaan hutan lahan gambut’ ([Gambar 17](#)) menjelaskan emisi atau pengurangan yang berhubungan dengan lahan gambut tropis yang kering dan/atau tidak kering yang ditutupi oleh hutan (alami atau perkebunan). Modul ini dapat digunakan untuk menilai emisi (yang dapat dihindari) dari degradasi hutan atau pengurangan karena restorasi hutan.

Gambar 17. Modul 4: Pengelolaan hutan lahan gambut

4. Pengelolaan hutan lahan gambut															
Jenis awal hutan yang akan dikelola	Manajemen air yang digunakan?	Fraksi (%) dari total area lahan organik yang dikeringkan yang			Jenis akhir hutan lahan gambut	Luas awal hutan lahan gambut (ha)			Luas akhir hutan lahan gambut (ha)		Total emisi (tCO2 eq)				
		Awal	Tanpa	Dengan		Awal	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan	Neraca (balance)		
Rawa primer	Drainase	0%	2%	0%	Rawa sekunder	100	20	D	100	D	80	0	72,794 ▲	11,186 ▲	-61,608 ▼
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Silakan pilih	Silakan pilih	0%	0%	0%	Silakan pilih	0	0	D	0	D	0	0	0	0	0
Total pengelolaan hutan lahan gambut											72,794 ▲	11,186 ▲	-61,608 ▼		

Jika tersedia faktor emisi yang telah disempurnakan, silakan kunjungi: Tier 2 "D" sesuai dengan default (linear) dinamika perubahan.

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Jenis hutan pertama yang akan dikelola

Pilih dari daftar *dropdown*, jenis hutan yang akan dikelola.

Dalam contoh kami, dipilih 'Rawa primer'.

2. Manajemen air yang digunakan

Pilih dari daftar *dropdown* praktik manajemen air yang akan diimplementasikan.

Dalam contoh kami, dipilih drainase.

3. Fraksi dari total area tanah organik kering yang ditempati parit-parit

Lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut.

Dalam contoh kami, $Frac_{ditch}$ di awal adalah 0 persen. Skenario tanpa-proyek diatur ke 2 persen sementara dengan-proyek diatur ke 0 persen.

4. Jenis lahan gambut berhutan akhir

Pilih dari daftar *dropdown* jenis hutan setelah perubahan pengelolaan hutan.

Dalam contoh kami, dipilih Rawa Sekunder 'Secondary swamp'.

5. Jenis area hutan lahan gambut awal

Masukkan luas jenis hutan pertama (dalam hektar) pada tiga titik waktu: di situasi pertama, skenario tanpa dan dengan-proyek.

Dalam contoh kami, area hutan 'Rawa primer' diatur ke 100 ha pada situasi pertama (awal). Tanpa adanya proyek, diasumsikan akan ada 20 ha hutan primer. Dengan adanya proyek, diharapkan bahwa seluruh area hutan primer akan dilestarikan.

6. Area hutan lahan gambut akhir

Ketika pengguna telah menyatakan nama dan ukuran jenis hutan pertama, alat secara otomatis menghitung area jenis hutan akhir untuk skenario tanpa dan dengan-proyek

Dalam contoh kami, area hutan 'Rawa sekunder' untuk skenario tanpa dan dengan-proyek adalah 100 ha dan 0 ha secara berurutan.

7. Emisi total

Lihat deskripsi pada Modul 2.1 Deforestasi lahan gambut.

Tier 2

Tier 2

Jika Anda ingin mengecek faktor emisi yang digunakan atau memberikan yang lebih baik, ketuk: . Di modul ini, faktor emisi diperlakukan sama persis dengan di modul-modul lain seperti yang dijelaskan di atas.

3.5 Modul 5: Input pengapuran dan pemupukan

Pengapuran berhubungan dengan penambahan karbonat ke tanah dalam bentuk batu kapur kalsit atau dolomit. Penambahan ini menimbulkan emisi CO₂ ketika karbonat larut. Emisi CO₂ dihitung dengan menggunakan faktor emisi yang disediakan dalam Panduan IPCC, yaitu 0.12 tC per ton kapur untuk batu kapur dan 0.13 tC per ton kapur untuk dolomit (Bab 11, [IPCC 2006](#)). *Default* faktor emisi ini setara dengan kandungan karbon karbonat pada materi (12 persen untuk CaCO₃, 13 persen untuk CaMg(CO₃)₂).

Emisi CO₂ didapatkan dengan cara mengalikan faktor emisi dan jumlah masing-masing jenis karbonat yang digunakan. Ketika pengguna tidak mengetahui jenis kapur yang digunakan, pengguna dapat memilih baris ketiga pada tabel, “tidak disebutkan”, yang menggunakan faktor emisi rata-rata. Pengguna juga dapat menyebutkan faktor emisi miliknya sendiri, yang harus, secara definisi, kurang dari *default* faktor emisi, ini dikarenakan faktor *default* berhubungan dengan kandungan karbon karbonat pada materi. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan informasi jumlah yang berhubungan dengan awal, dan dua skenario (tanpa dan dengan-proyek) serta dinamika yang dipilih. Hasilnya menyediakan emisi-emisi yang sesuai dalam tCO₂eq ([Gambar 18](#)).

Gambar 18. Modul 5: Input pengapuran

Deskripsi dan unit untuk dilaporkan	Jumlah yang diberikan tiap tahun				Total emisi di tingkat lapangan (tCO ₂ eq.)				Total emisi (tCO ₂ eq)			
	Awal	Tanpa	* Dengan *		Emisi CO ₂ di tingkat lapangan		Emisi N ₂ O di tingkat lapangan		Tanpa	Dengan	Neraca (balance)	
			D	D	Tanpa	Dengan	Tanpa	Dengan				
Kapur												
Batu kapur kalsit (CaCO ₃) (ton/tahun)	50	50	D	200	D	660	2,475	-	-	660 ▲	2,475 ▲	1,815 ▲
Dolomit (CaMg(CO ₃) ₂) (ton/tahun)	0	0	D	0	D	0	0	-	-	0	0	0
Tidak disebutkan (ton/tahun)	0	0	D	0	D	0	0	-	-	0	0	0
Pupuk												
Pupuk sintesis N (ton N/tahun)	0	0	D	0	D	-	-	0	0	0	0	0
Pupuk N di sawah irigasi (ton N/tahun)	0	0	D	0	D	-	-	0	0	0	0	0
Kotoran (ton N /tahun)	0	0	D	0	D	-	-	0	0	0	0	0
Kompos (ton N /tahun)	0	0	D	0	D	-	-	0	0	0	0	0

Jika tersedia faktor emisi yang telah disempurnakan, silakan kunjungi: **Tier 2**
 D sesuai dengan default (linear) dinamika perubahan.

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

Dalam contoh kami, 50 ton batu kapur per tahun diberikan di awal dan skenario tanpa-proyek. Dengan skenario proyek tingkat penggunaannya akan bertambah menjadi 200 ton per tahun.

Emisi dinitrogen oksida dari penggunaan N untuk pengelolaan tanah

Sumber-sumber di bawah ini mencakup: pupuk buatan, pupuk N pada padi di non-dataran tinggi dengan satu dan banyak drainase, pembuangan kotoran dan pupuk organik (Tabel 15). Emisi dihitung berdasarkan jumlah N yang diberikan dan faktor emisi yang berhubungan dengan jenis input. Faktor emisi didapatkan dari Tabel 11.1, IPCC 2019.

Tier 2

Jika Anda ingin mengecek faktor emisi yang digunakan atau memberikan yang lebih baik, ketuk **Tier 2**. Tabel berikut di Gambar 19 akan muncul.

Tabel 15. Default faktor emisi untuk estimasi emisi nitrogen oksida dari tanah yang dikelola

Jenis input	Default faktor emisi (kg N-N ₂ O/kg N)
Pupuk buatan	0.016
Pupuk N pada padi di non-dataran tinggi dengan satu dan drainase yang banyak	0.005
Pembuangan kotoran	0.006
Kompos	0.006

Sumber: [IPCC, 2019](#).

Gambar 19. Bagian Tier 2 Modul 5.1: Input pengapuran dan pemupukan

5. Input (pengapuran dan pemupukan)
Gunakan bagian ini jika Anda ingin menyempurnakan analisis dengan faktor emisi Tier 2.
Nilai default IPCC disediakan hanya sebagai informasi bagi Anda
Alat akan menggunakan nilai Tier 2 secara otomatis dimana pun ditentukan

Back

Emisi CO ₂ di tingkat lapangan		
	Default	Tier 2
† C / † lime		
Kapur		
Batu kapur kalsit (CaCO ₃) (ton/tahun)	0.12	
Dolomit (CaMg(CO ₃) ₂) (ton/tahun)	0.13	
Tidak disebutkan (ton/tahun)	0.125	

Emisi N ₂ O di tingkat lapangan		
	Default	Tier 2
kg N-N ₂ O/kg N		
Pupuk		
Pupuk sintesis N (ton N/tahun)	0.016	
Pupuk N di sawah irigasi (ton N/tahun)	0.005	
Kotoran (ton N /tahun)	0.006	
Kompos (ton N /tahun)	0.006	

Sumber: *Cuplikan layar alat Gambut-GRK.*

3.6 Modul 6: Rincian hasil

Dengan modul ini, pengguna dapat memvisualisasikan manfaat mitigasi perubahan iklim yang diharapkan untuk intervensi-intervensi pengelolaan lahan gambut. [Gambar 20](#) menunjukkan tabel ringkasan termasuk dua skenario sehingga pengguna dapat membandingkannya. Neraca adalah selisih fluks-fluks GRK bruto antara 'skenario tanpa- dan dengan- proyek'. Hasil-hasil dilaporkan dalam tCO₂eq. Angka positif mewakili sumber emisi CO₂eq, sementara angka negatif mewakili karbon sink atau penurunan emisi CO₂eq.

Gambar 20. Modul 6: Rincian hasil

Intervensi lahan gambut	Fluks bruto (dalam tCO ₂ eq.)		Neraca (balance)	Neraca total yang dipisahkan dari karbon pool dan GRK					Fluks bruto per tahun (dalam tCO ₂ eq./tahun)		
	Tanpa	Dengan		Seluruh GRK dalam tCO ₂ eq.					Tanpa	Dengan	Neraca (balance)
	Positive (+): sumber GRK Negative (-): sink GRK		CO ₂	CO ₂		N ₂ O	CH ₄		Tanpa	Dengan	Neraca (balance)
				Biomassa	Tanah		Lainnya	Tanah			
Perubahan penggunaan lahan											
Deforestasi	179,789	71,191	-108,598	-48,902	-57,475	1,545	-3,766	5,993	2,373	-3,620	
Reforestasi	177,649	60,299	-117,351	-21,872	-87,725	-3,348	-4,406	5,922	2,010	-3,912	
Perubahan penggunaan lahan non-hutar	75,790	42,478	-33,311	1,895	-38,317	1,159	1,952	2,526	1,416	-1,110	
Lahan gambut pertanian yang dikelola											
Tahunan	177,649	175,544	-2,106	0	0	0	0	5,922	5,851	-70	
Tanaman Perkebunan/ Estate	138,954	72,028	-66,927	23,760	-95,792	2,704	2,401	4,632	2,401	-2,231	
Padi	134,092	132,114	-1,978	0	0	0	-1,978	4,470	4,404	-66	
Jenis lahan gambut	72,794	11,186	-61,608	-17,632	-45,254	-2,473	3,750	2,426	373	-2,054	
Input (pengapuran dan pemupukan)	660	2,475	1,815			1,815	0	22	83	61	
Total	957,378 ▲	567,315 ▲	-390,063 ▼	-62,751 ▼	-324,562 ▼	1,815 ▲	-412 ▼	-2,047 ▼	31,913 ▲	18,911 ▲	-13,002 ▼
Per hektar	1,915	1,135	-780	-122	-649	4	-1	-4			
Per hektar per tahun	64	38	-26	-4	-22	0	0	0	64	38	-26

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

1. Fluks bruto

Ini menunjukkan estimasi fluks bruto serta emisi dan pengurangan CO₂eq dalam tCO₂eq. dari skenario tanpa- dan dengan-proyek, dan juga menampilkan neraca total yang dipilah berdasarkan modul selama periode total perhitungan.

Dalam contoh kami, emisi total skenario tanpa dan dengan-proyek adalah 575,747 tCO₂eq dan 311,456 tCO₂eq secara berurutan. Selisih bersih dari dua skenario ini diperkirakan sebesar -264,291 tCO₂eq (total neraca).

2. Neraca total dipilah berdasarkan pool C dan GRK

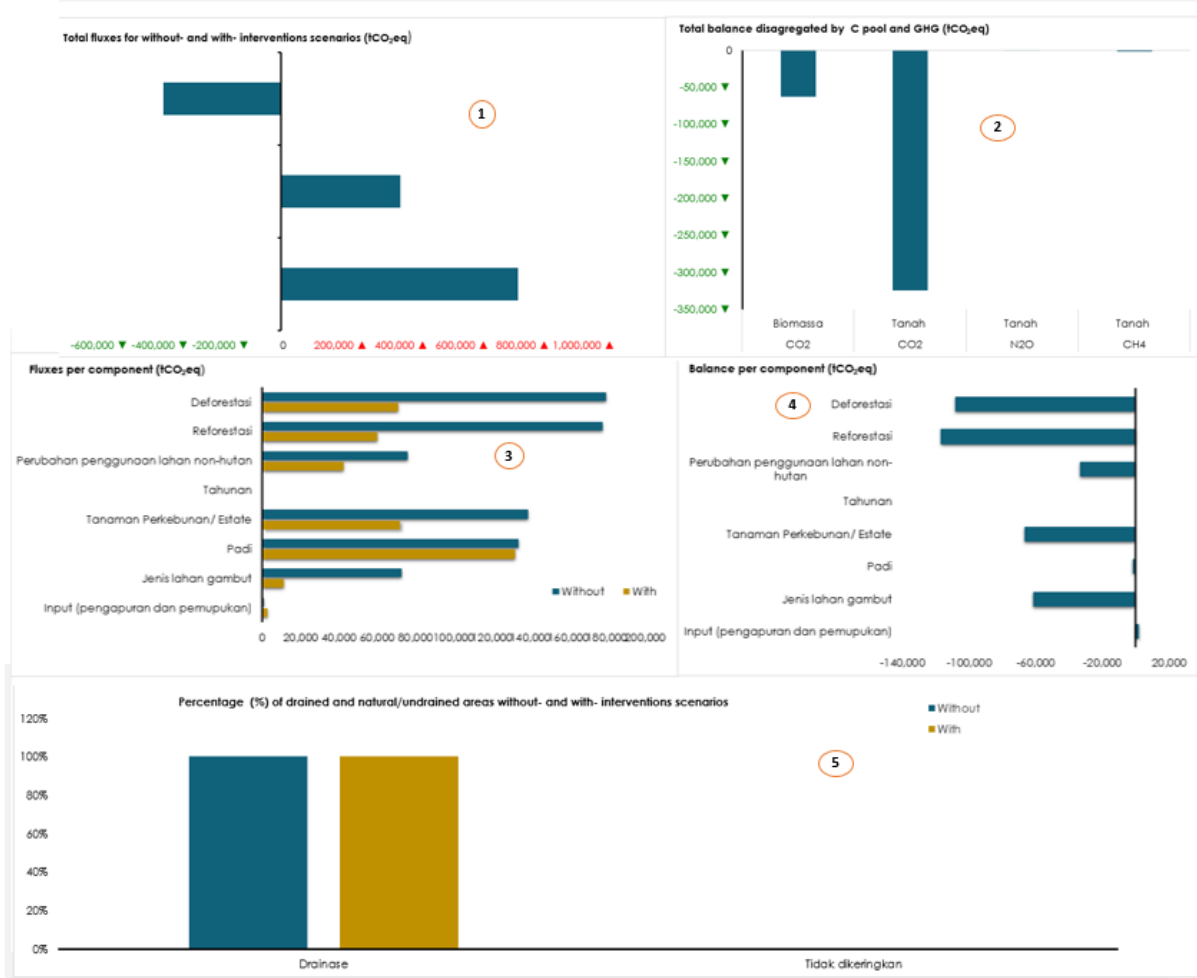
Ringkasan dari neraca total yang dipilah berdasarkan modul, karbon pool, dan GRK.

Sebagai contoh, neraca total 'Deforestasi' diestimasi sebesar -136,841 tCO₂eq. Pengurangan CO₂ dari pool tanah adalah 53 persen (-72,573 tCO₂eq) dari neraca total (-136,841 tCO₂eq), sementara pengurangan CO₂ dari pool biomassa adalah 47 persen (-63,850 tCO₂eq).

3. Fluks bruto per tahun

Ini menunjukkan estimasi fluks bruto tahunan serta emisi dan pengurangan CO₂-e dari skenario tanpa- dan dengan-intervensi, dan juga neraca total yang dipilah berdasarkan modul.

Gambar 21. Grafik dari modul hasil-hasil



Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

Alat juga menunjukkan grafik tambahan ([Gambar 21](#)), dan matriks ([Gambar 22](#)) yang berhubungan dengan:

1. Fluks total untuk skenario tanpa- dan dengan-intervensi dalam tCO₂eq;
2. Neraca total terpilah berdasarkan pool C dan GRK dalam tCO₂eq;
3. Fluks per komponen dalam tCO₂eq;
4. Neraca per komponen dalam tCO₂eq; dan
5. Persentase area yang kering dan alami/tidak kering dengan tanpa skenario dan dengan-intervensi.
6. Perubahan penggunaan lahan dengan skenario tanpa dan dengan-proyek ([Gambar 22](#))

Gambar 22. Rincian matriks perubahan penggunaan lahan skenario tanpa dan dengan-proyek

Area (in ha)		Penggunaan lahan akhir (Skenario tanpa proyek)							Total
		Hutan Alami atau Hutan	Tahunan	Tanaman Perkebunan/	Padi	Padang rumput	Pemukiman	Lahan lain	
Penggunaan lahan awal	Hutan Alami atau Hutan	100	0	100	0	0	0	0	200
	Tahunan	0	100	0	0	0	0	0	100
	Tanaman Perkebunan/	0	0	100	0	0	0	0	100
	Padi	0	0	0	100	0	0	0	100
	Padang rumput	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pemukiman	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lahan lain	0	0	0	0	0	0	0	0
Total area (in ha)		100	100	200	100	0	0	0	500

Area (in ha)		Penggunaan lahan akhir (Skenario dengan proyek)							Total
		Hutan Alami atau Hutan	Tahunan	Tanaman Perkebunan/	Padi	Padang rumput	Pemukiman	Lahan lain	
Penggunaan lahan awal	Hutan Alami atau Hutan	200	0	0	0	0	0	0	200
	Tahunan	0	100	0	0	0	0	0	100
	Tanaman Perkebunan/	0	0	100	0	0	0	0	100
	Padi	0	0	0	100	0	0	0	100
	Padang rumput	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pemukiman	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lahan lain	0	0	0	0	0	0	0	0
Total area (in ha)		200	100	100	100	0	0	0	500

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

3.7 Tingkat ketidakpastian

Hasil-hasil disertai dengan perkiraan kasar ketidakpastian (dibulatkan ke yang paling dekat 10 persen), yang dihitung menggunakan metode yang diberikan dalam Panduan IPCC 2006 (IPCC 2006). Ketika menggunakan alat, perhitungan dapat didasarkan pada koefisien *default* (pendekatan Tier 1) saja atau nilai yang disediakan oleh pengguna (pendekatan Tier 2), atau kombinasi dari faktor emisi Tier 1 dan Tier 2. Oleh karena itu, sulit untuk memberikan ketidakpastian yang berhubungan dengan nilai-nilai akhir.

Gambar 23 di bawah ini memberikan indikasi tingkat minimal ketidakpastian yang dapat diharapkan oleh pengguna, berdasarkan pendapat ahli. Untuk mencerminkan tingkat ketidakpastian telah dibuat kategori-kategori yang berbeda (ketidakpastian rendah 10 persen, ketidakpastian menengah 20 persen, ketidakpastian tinggi 30 persen, dan ketidakpastian sangat tinggi di atas 50 persen). Kategori ketidakpastian menjadi berkurang ketika berpindah dari Tier 1 ke Tier 2, karena Tier 2 menggunakan lebih banyak nilai yang tepat. Estimasi akhir tingkat ketidakpastian total disediakan di akhir modul ‘Hasil-hasil’, dalam persentase (Bernoux dkk., 2010).

Gambar 23. Estimasi tingkat ketidakpastian

Level ketidakpastian		
Total (in tCO ₂ e)	Fluks bruto	% ketidakpastian
Tanpa	957,378 ▲	48.1
Dengan	567,315 ▲	47.9
Neraca (balance)	-390,063 ▼	46.5

Level ketidakpastian	%
Ketidakpastian rendah	10.0
Ketidakpastian sedang	20.0
Ketidakpastian tinggi	30.0
Ketidakpastian sangat tinggi	50.0

Sumber: Cuplikan layar alat Gambut-GRK.

4. Rekomendasi utama

Tim dan para penelaah laporan ini ingin memberikan beberapa rekomendasi dan catatan tambahan yang perlu diperhatikan oleh pengguna ketika menggunakan alat, dan menginterpretasikan hasil-hasil. Tim FAO selalu siap, dan berterima kasih untuk semua saran bagi pengembangan alat dan manual ini lebih lanjut.

Kesenjangan yang pertama dan terutama dalam versi alat yang ada saat ini adalah alat ini tetap tidak bisa menghitung emisi yang terkait dengan kebakaran. Versi alat yang akan datang, akan bergantung pada ketersediaan sumber daya lebih jauh, harus memprioritaskan untuk memasukkan emisi dari kebakaran. Pada saat penulisan, masih dilakukan pengumpulan data untuk menutupi beberapa kesenjangan data utama, yang diharapkan dapat membuat alat ini dapat dikembangkan lebih jauh. Meskipun agak sulit untuk mendapatkannya, mengingat sifat kemunculan dan keparahan kebakaran tidak dapat dipastikan; beberapa kelas penggunaan lahan (hutan terdegradasi, semak belukar) berisiko tinggi terbakar dibandingkan yang lain (hutan primer, lahan pertanian, tanaman perkebunan, dan tanaman hutan). Sebagai contoh, dalam kenyataannya sulit untuk penyimpangan emisi dari konversi lahan ke semak belukar (kecuali jika lahan terlindungi dari kebakaran dan diijinkan untuk mengubahnya menjadi hutan) karena peningkatan risiko adanya kebakaran. Oleh karena itu, setiap emisi yang nyata/terlihat yang berhubungan dengan beberapa perubahan penggunaan lahan, dapat; seperti disebutkan di atas, ditiadakan, atau terkalahkan oleh emisi kebakaran karena meningkatnya kerentanan penggunaan lahan baru terhadap kebakaran. Menghindari capaian (*outcome*) yang buruk semacam itu, menjadi prioritas utama FAO untuk versi alat selanjutnya, dan mencari sumber daya untuk menutupi kesenjangan ini

Disain skenario tanpa-proyek memiliki pengaruh besar dalam hitungan penyimpanan emisi yang dihasilkan dari skenario dengan-proyek. Semakin tinggi emisi skenario tanpa-proyek, maka semakin besar manfaat penurunan emisi yang dihitung, meskipun skenario tanpa-proyek melibatkan konservasi hutan yang sama persis dengan yang ada di sana di saat awal periode. Pendekatan ini memiliki risiko yaitu skenario baseline bisa saja digelembungkan untuk menghasilkan penyimpanan emisi buatan. Oleh karena itu skenario tanpa-proyek perlu pembuktian dan validasi yang kuat untuk menunjukkan bahwa skenario ini benar-benar terjadi tanpa adanya langkah-langkah restorasi atau konservasi yang dilakukan dengan proyek.

Saat ini, alat memberikan estimasi tunggal untuk penyimpanan emisi berdasarkan perbedaan antara skenario tanpa-proyek dan dengan-proyek. Kalkulasi ini sangat sensitif terhadap pemilihan skenario tanpa-proyek dan menghasilkan penyimpanan emisi yang nyata/tampak meskipun tidak terjadi perubahan dalam penggunaan atau pengelolaan lahan, dengan dasar bahwa skenario baseline tidak terjadi. Walaupun hal

ini konsisten dengan laporan emisi yang disampaikan Indonesia, dalam kenyataannya, perlu dicatat bahwa atmosfer tidak akan 'melihat' perubahan emisi apa pun sebagai hasil dari kegiatan yang dihindari ini.

Di sisi lain, restorasi aktif terhadap lahan gambut yang dikeringkan dan terdegradasi akan menghasilkan pengurangan emisi yang nyata, yaitu yang dapat 'dilihat' atmosfer, dan memiliki dampak yang nyata dalam memitigasi perubahan iklim. Penurunan emisi nyata ini adalah selisih antara emisi 'awal' dan skenario dengan-proyek ketika kegiatannya dimasukkan dalam kegiatan restorasi. Saat ini, penurunan emisi nyata tidak dimasukkan ke dalam alat sebagai suatu luaran (output) tambahan. Output ini mungkin (sebagai contoh) relevan bagi pengguna atau investor yang mencari dukungan langkah-langkah restorasi aktif guna menurunkan emisi, dibandingkan langkah-langkah konservasi yang ditujukan untuk menghindari peningkatan emisi di masa depan. Dalam situasi di mana pengurangan GRK aktual (yaitu penciptaan kembali lahan gambut yang menangkap/sequestering CO₂) telah tercapai, maka ini juga dapat dilaporkan; namun saat ini tidak ada *default* faktor emisi pada alat yang dapat menghasilkan serapan CO₂ bersih.

Penyempurnaan alat di masa depan akan memasukkan estimasi-estimasi emisi yang lebih tegas untuk opsi-opsi pengelolaan lahan yang berbeda, di dalam kelas penggunaan/tutupan lahan. Secara khusus, menaikkan muka air tanah di dalam pertanian, tanaman perkebunan, hutan terdegradasi, atau perkebunan hutan berpotensi untuk menghasilkan penurunan emisi yang besar, bahkan meskipun tanpa perubahan penggunaan lahan. Hubungan empiris antara emisi CO₂ dan kedalaman muka air tanah yang sudah dipublikasikan dapat digunakan untuk menarik faktor emisi untuk penambahan kedalaman drainase yang berbeda, dan ditanamkan di alat. Pendekatan ini mensyaratkan agar pengguna mengetahui (dan dapat memverifikasi) kedalaman muka air tanah pada area studi mereka untuk skenario yang berbeda-beda, guna mencegah pelaporan penurunan emisi yang palsu.

Mungkin sedikit sulit atau tidak mungkin untuk menetapkan tingkat penggunaan kapur atau pupuk nitrogen pada saat ini di lanskap yang rumit, seperti lahan pertanian dan perkebunan milik masyarakat, dan untuk skenario baseline dan skenario baru, tingkat penggunaan mungkin tidak diketahui. Namun demikian, untuk berbagai jenis tanaman (terutama industri kelapa sawit dan industri akasia) akan ada tingkat penggunaan standar, dan dimungkinkan juga untuk memperoleh jenis dan tingkat input yang khusus untuk tanaman lain per hektar (kotoran ayam banyak digunakan di lahan pertanian, misalnya). Untuk saat ini, alat mempersyaratkan pengguna untuk melakukan beberapa pra-analisis terperinci dari tingkat input di seluruh area studi atau melakukan taksiran. Oleh karena itu, perhatian ditujukan untuk membuat lembar kerja tambahan (atau file Excel terpisah) yang memungkinkan pengguna memperkirakan tingkat penggunaan total untuk area studi mereka berdasarkan tingkat *default* jenis Tier 1 (dalam ton/ha) dalam penggunaan kapur dan pupuk untuk kategori penggunaan lahan yang ada.

REFERENSI

Bernoux, M., G. Branca, A. Carro, L. Lipper, G. Smith, and L. Bockel. 2010. "Ex-ante Greenhouse Gas Balance of Agriculture and Forestry Development Programs." *Scientia Agricola* 67 (1): 31–40.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000100005>

Deshmukh, C.S., Julius, D., Evans, C.D., Susanto, A.P., Page, S.E., Gauci, V., Laurén, A., Sabiham, S., Agus, F., Asyhari, A. and Kurnianto, S., 2020. Impact of forest plantation on methane emissions from tropical peatland. *Global change biology*, 26(4), pp.2477-2495.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.15019>

Fischer, G., F. Nachtergaele, S. Prieler, H.T. van Velthuisen, L. Verelst, D. Wiberg, 2008. Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008). IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy.

Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebisch, F. and Couwenberg, J., 2020. Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature communications*, 11(1), pp.1-5. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>

IIASA/FAO, 2012. Global Agro-ecological Zones (GAEZ v3.0). IIASA, Laxenburg, Austria and FAO,

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

IPCC 2013, 2013. Climate Change 2015 The Physical Science Basis – Summary for Policy Makers, Technical Summary and Frequently Asked Questions, Prepared by the Working Group I Technical Support Unit, Stocker T.F, Qin D, Plattner G, Tignor M.M.B, Allen S.K, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, and Midgley P.M. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

IPCC 2014, 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/index.html>

IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y.,

Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutan (KLHK), 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), Directorate General of Climate Change. The Ministry of Environment and Forestry. Indonesia.
https://redd.unfccc.int/files/frel_submission_by_indonesia_final.pdf

Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013, Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

Surahman, A., Soni, P. and Shivakoti, G.P., 2018. Are peatland farming systems sustainable? Case study on assessing existing farming systems in the peatland of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 15(1), pp.1-19.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1943815X.2017.1412326>

Verwer, C.C. and Van der Meer, P.J., 2010. Carbon pools in tropical peat forest: towards a reference value for forest biomass carbon in relatively undisturbed peat swamp forests in Southeast Asia (No. 2108). Alterra.

GLOSARIUM

Biomassa atas-tanah: Seluruh biomassa dari vegetasi yang hidup, baik kayu, rumput-rumputan, di atas tanah termasuk batang, tunggul, ranting, kulit pohon, benih, dan dedaunan. Catatan: Pada kasus di mana tumbuhan bawah hutan adalah komponen pool karbon pool biomassa atas-tanah yang relatif kecil, masih dapat diterima jika metodologi, dan data yang berhubungan terkait, yang digunakan di beberapa tier tidak mengikutkannya digunakan, dengan syarat tier-tier digunakan dengan cara yang konsisten di sepanjang deret waktu (*time series*) inventarisasi.

Biomassa bawah-tanah: Seluruh biomassa dari akar hidup. Akar-akar halus dengan diameter kurang dari 2mm (yang disarankan) seringkali tidak diikuti, karena akar ini seringkali tidak bisa dibedakan secara empiris dengan materi bahan organik tanah atau sampah tanaman.

Biomassa: (1) Total massa dari organisme hidup di area yang ditentukan atau dari spesies yang ditentukan, biasanya ditunjukkan dinyatakan sebagai berat kering. Termasuk biomassa yang hidup di atas dan di bawah tanah. (2) Materi Bahan organik yang terdiri dari atau yang baru-baru saja diambil dari organisme hidup (terutama yang dianggap bahan bakar), kecuali gambut. Termasuk produk, produk-turunan, dan kotoran yang dihasilkan dari materi bahan tersebut.

Data aktifitas: Data tentang besarnya/tingkat aktifitas manusia yang menyebabkan terjadinya emisi atau pengurangan selama periode waktu yang ditentukan. Data tentang pemanfaatan energi, produksi logam, area lahan, sistem pengelolaan, kapur dan pupuk yang digunakan, dan kotoran yang dihasilkan adalah contoh data aktifitas ([IPCC, 2019](#)).

Drainase: Drainase adalah proses buatan untuk menurunkan muka air tanah. Dalam Suplemen Lahan Basah IPCC 2013, istilah ini digunakan untuk menjelaskan tindakan mengubah tanah dari basah ke kering. Tanah yang dikeringkan adalah tanah yang sebelumnya adalah tanah basah, namun karena intervensi manusia menjadi tanah kering. Seluruh tanah organik diasumsikan aslinya adalah basah, oleh karena itu tanah organik kering juga selalu merupakan tanah organik yang dikeringkan ([IPCC, 2014](#)).

Emisi: Pelepasan gas rumah kaca dan/atau pendahulunya ke atmosfer di sepanjang area dan periode waktu yang telah ditentukan. ([IPCC, 2019](#)).

Faktor emisi: Satu koefisien yang menghitung emisi atau pengurangan gas per unit aktifitas. Faktor emisi seringkali didasarkan pada sampel data pengukuran, yang dirata-ratakan untuk membuat tingkat emisi

yang mewakili tingkat aktifitas tertentu, di bawah satu set kondisi pengoperasian yang telah ditentukan ([IPCC, 2019](#)).

Gambut dan lahan gambut: Lahan gambut adalah ekosistem lahan basah di mana tanah didominasi oleh gambut. Lahan gambut adalah jenis lahan basah yang ada di hampir semua negara di Bumi, yang saat ini mencakup 3 persen dari permukaan lahan dunia. Istilah 'lahan gambut' mengacu pada tanah gambut, dan habitat lahan basah yang tumbuh di atas permukaannya. Di lahan gambut, produksi primer netto (Net Primary Product, NPP)/bersih melebihi lampau pelapukan/dekomposisi materi bahan organik sebagai hasil dari kondisi tergenang air, yang menyebabkan akumulasi gambut. IPCC tidak memberikan Tidak ada definisi IPCC untuk gambut dan lahan gambut. Definisi lahan gambut dan tanah gambut berbeda-beda antar negara, dalam kaitannya yang berhubungan dengan ketebalan lapisan gambut yang diperlukan untuk menetapkannya sebagai lahan gambut atau tanah gambut.

Dalam konteks Indonesia, lahan gambut ditetapkan sebagai suatu area dengan akumulasi bahan organik yang sebagian lapuk, jenuh air dengan kandungan karbon sedikitnya 12% (biasanya kandungan C 40-60%) dan dengan ketebalan lapisan kaya karbon sedikitnya 50 cm ([KLHK, 2016](#)).

Iklim tropis, basah: Area di mana rata-rata temperatur tahunan (MAT) adalah lebih dari 18 °C, dengan embun beku tidak lebih dari 7 hari, dan rata-rata curah hujan/ presipitasi tahunan lebih besar dari 2 000mm ([IPCC, 2014](#)).

Iklim tropis, lembap: Area di mana rata-rata temperatur tahunan (MAT) adalah lebih dari 18 °C, dengan embun beku tidak lebih dari 7 hari, dan rata-rata curah hujan/ presipitasi tahunan lebih besar dari 1 000 mm dan kurang dari atau setara dengan 2 000 mm ([IPCC, 2014](#)).

Intervensi: Perubahan praktik penggunaan/pengelolaan lahan dari skenario tanpa-proyek.

Karbon pool tanah: Adalah pool kumpulan karbon yang terdiri dari materi bahan organik tanah yang ukurannya lebih kecil dari 2 mm.

Kayu mati: Termasuk seluruh biomassa kayu tidak-hidup yang tidak terkandung dalam sampah tanaman, apakah itu berdiri, tergeletak di permukaan, atau di tanah. Kayu mati termasuk kayu yang tergeletak di atas permukaan, akar mati, dan tunggul, dengan diameter lebih besar dari atau setara dengan 10 cm (atau diameter yang ditentukan oleh negara).

Lahan basah: Kategori ini termasuk lahan yang ditutupi atau jenuh air untuk seluruh sepanjang atau sebagian tahun (termasuk lahan gambut dalam kondisi alaminya), dan yang tidak termasuk ke dalam kategori lahan hutan, lahan pertanian, padang rumput, atau pemukiman yang dilaporkan ke UNFCCC. NB: Ini bisa membuat bingung, karena lahan basah digunakan untuk semua tujuan ini, namun demikian,

pelaporan gas rumah kaca hanya terjadi di bawah satu kategori yang dipilih. Kategori lahan basah dapat dibagi menjadi sub-divisi lahan basah dikelola dan tidak dikelola sesuai dengan definisi nasional.

Lahan basah ada di seluruh zona iklim dan termasuk reservoir dan badan air buatan lainnya (misalnya kolam pertanian dan budidaya perairan, kanal dan parit, dan lahan basah yang dibangun untuk pengolahan air limbah) sebagai sub-divisi yang dikelola. Lahan basah yang dikelola bisa termasuk lahan gambut, lahan basah riparian, hutan rawa berhutan, rawa payau, playas, pans, danau garamasin, lahan basah payau, salinas, dan sabkhas, selain lahan basah pesisir, yang termasuk mangrove, rawa asin, rawa pasang surut dan lamun. Lahan basah yang tidak dikelola termasuk sungai, danau, dan kolam alami dan serta lahan basah apa pun yang tidak dimodifikasi secara langsung oleh aktivitas manusia berdasarkan *Managed Land Proxy*. (IPCC, 2014.)

Parit: Lubang penggalian yang panjang, sempit di gali ke dalam, di bumi, biasanya tidak bergaris, seringkali dengan penampang-lintang yang seragam. Mereka Parit seringkali digunakan untuk menyediakan drainase di sepanjang jalan raya, dan dari ladang pertanian dan untuk menyalurkan air untuk irigasi (IPCC, 2019).

Pembasahan/Rewetting: Pembasahan adalah proses mengubah tanah yang dikeringkan menjadi tanah basah. Tanah yang dibasahi kembali adalah tanah yang sebelumnya adalah tanah yang dikeringkan tapi karena intervensi manusia menjadi tanah basah. Demikian pula, 'wetting' adalah proses mengubah tanah yang sebelumnya kering menjadi tanah basah sebagai hasil dari intervensi manusia, seperti dengan pembuatan lahan basah. 'Restorasi' (kata sifat *restored/pulih*) adalah proses membantu pemulihan suatu ekosistem yang telah terdegradasi, rusak, atau dihancurkan. Dalam kasus lahan basah yang sebelumnya telah dikeringkan, restorasi selalu melibatkan pembasahan. (IPCC, 2014.)

Pengurangan/Removals: Pengurangan gas rumah kaca dan/atau pendahulunya dari atmosfer melalui sebuah sink rosot (IPCC, 2019).

Periode perhitungan: Lamanya waktu untuk melakukan perhitungan emisi dan pengurangan gas rumah kaca.

Pool, karbon and nitrogen: Adalah reservoir di sistem Bumi di mana elemen-elemen seperti karbon dan nitrogen bersemayam terdapat dalam berbagai bentuk kimiawi pada suatu periode waktu untuk jangka waktu tertentu. Contohnya adalah pool karbon dan nitrogen dalam di biomassa hutan, yang terdiri dari berbagai jenis senyawa yang disintesis oleh pepohonan. Kelompok Sekelompok pool-pool bertautan saling berkaitan dalam satu siklus dengan aliran di antara pool yang dipengaruhi oleh kedua proses antropogenik dan non-antropogenik.

Contohnya adalah pool karbon dan nitrogen pada biomassa hutan, produk kayu, materi bahan organik mati, tanah dan atmosfer, di mana aliran dipengaruhi oleh faktor pendorong non-antropogenik seperti

produksi tanaman dan pelapukan mikrobial, dan juga faktor pendorong antropogenik seperti pemupukan, penggunaan lahan, pemanenan pohon dan penggunaan produk.

Saluran drainase: Parit yang digunakan untuk drainase ([IPCC, 2019](#)).

Sampah tanaman: Termasuk seluruh biomassa tidak-hidup dengan ukuran lebih besar dari batasan untuk materibahan organik tanah (disarankan 2 mm), dan kurang dari diameter minimal yang dipilih untuk kayu mati (misalnya 10 cm), tergeletak mati, dalam berbagai kondisi pelapukan di atas atau di dalam tanah mineral atau tanah organik. Ini termasuk lapisan sampah tanaman seperti yang biasanya ditetapkan dalam tipologi tanah. Akar halus hidup di atas tanah mineral atau tanah organik (yang kurang dari batas diameter minimal yang dipilih untuk biomassa bawah-tanah), dimasukkan ke dalam sampah tanaman karena tidak dapat dibedakan secara empiris.

Sink: Adalah setiap proses, aktifitas atau mekanisme yang mengurangi gas rumah kaca, aerosol, atau pendahulu prekursor (endahulu) gas rumah kaca dari atmosfer (UNFCCC Article 1.8). Notasi di tahapan akhir pelaporan adalah tanda negatif (-) ([IPCC, 2019](#)).

Skenario-tanpa proyek: Satu praktik (atau lebih) penggunaan/pengelolaan lahan tanpa adanya satu (atau lebih) intervensi apa pun (dengan kata lain “business as usual”)

Sumber: Setiap proses atau aktifitas yang melepaskan gas rumah kaca, aerosol atau precursor (pendahulu) gas rumah kaca ke atmosfer (UNFCCC Article 1.9). Notasi di tahapan akhir pelaporan adalah tanda positif (+) ([IPCC, 2019](#)).

Tanah organik: Tanah organik adalah tanah dengan konsentrasi materibahan organik yang tinggi. Semua tanah yang bukan tanah organik diklasifikasikan sebagai tanah mineral ([IPCC, 2006](#)). Alat Gambut-GRK mengikuti definisi tanah organik dari Panduan IPCC 2019 dan dari Suplemen Lahan Basah IPCC. Dengan demikian, tanah organik diidentifikasi berdasarkan kriteria 1 dan 2, atau 1 dan 3 seperti daftar di bawah:

1. Ketebalan horison organik lebih besar dari atau setara dengan 10 cm. Horison kurang dari 20 cm harus mengandung karbon organik 12 persen atau lebih ketika dicampur ke kedalaman 20 cm.
2. Tanah yang tidak pernah jenuh air selama lebih dari beberapa hari harus mengandung karbon organik lebih dari 20 persen dari berat (dengan kata lain 35 persen bahan organik).
3. Tanah rentan terhadap episode jenuh air dan mengandung salah satu dari berikut:
 - a. Sedikitnya 12 persen karbon organik dari berat (yaitu sekitar 20 persen bahan organik) jika tanah tidak mengandung tanah liat; atau
 - b. Sedikitnya 18 persen karbon organik dari berat (yaitu sekitar 30 persen bahan organik) jika tanah mengandung 60 persen tanah liat atau lebih; atau

- c. Jumlah proporsional karbon organik yang menengah untuk jumlah tanah liat yang menengah.

([IPCC, 2014](#))

Tier: Tier mewakili suatu tingkat kerumitan metodologis. Biasanya disediakan tiga tier. Tier 1 adalah metode dasar, Tier 2 menengah, dan Tier 3 paling menuntut dalam hal kerumitan dan persyaratan data. Tiers 2 dan 3 terkadang dirujuk sebagai metode tier yang lebih tinggi, dan secara umum dipandang sebagai lebih akurat ([IPCC, 2019](#)).

Tier 1: Metode Tier 1 dirancang untuk menjadi yang paling simpel untuk digunakan, di mana nilai *default* persamaan dan parameter telah disediakan (misalnya faktor perubahan emisi dan perubahan stok) di dalam [IPCC 2014](#). Sementara pengguna perlu menyediakan data aktifitas spesifik-proyek, koefisien emisi berbasis IPCC adalah yang paling dapat dipakai secara global atau pada level regional. Nilai Tier 1 yang digunakan pada di alat diringkas dalam modul-modul *ad-hoc* yang berbeda yang dijelaskan dalam manual ini.

Tier 2: Metode Tier 2 dapat menggunakan pendekatan metodologis yang sama dengan Tier 1, namun menerapkan faktor perubahan emisi dan stok berbasis-negara atau data-spesifik-wilayah. Faktor emisi yang ditetapkan negara umumnya dikarakterisasi berdasarkan wilayah iklim yang lebih khusus /spesifitaspesifik, kategori penggunaan lahan, jenis vegetasi, kedalaman drainase. Resolusi temporal dan spasial yang lebih tinggi dan data aktifitas yang lebih terpilah biasanya digunakan di Tier 2 untuk menghubungkan sesuai dengan koefisien yang ditetapkan negara untuk wilayah yang spesifik dan penggunaan lahan yang khusus.

Tier 3: Metode Tier 3 mengacu pada penggunaan metodologi yang lebih rumit, termasuk teknik-teknik pemodelan GRK. Mereka disesuaikan untuk menangani situasi nasional dan didorong oleh data aktifitas beresolusi tinggi dan terdipilah di tingkat sub-nasional. Persyaratan data mereka Tier 3 yang kuat menjadikannya butuh banyak waktu dan sumber daya.

Alat Gambut-GRK: Kalkulator gas rumah kaca untuk pengelolaan lahan gambut di Indonesia

Panduan Pengguna

Hubungi:

maria.nuutinen@fao.org

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Viale delle Terme di Caracalla, Rome