



MENGHITUNG EMISI KARBON HUTAN

Disampaikan Oleh : Ricca Rohani Hutauruk,S.Hut,M.Si



TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran ini peserta dapat:

1. Menyiapkan peraturan/pedoman dan bahan perlengkapan untuk perhitungan emisi/serapan karbon
2. Melakukan perhitungan dan analisis emisi/serapan karbon hutan
3. Mendokumentasikan hasil perhitungan emisi/serapan karbon hutan

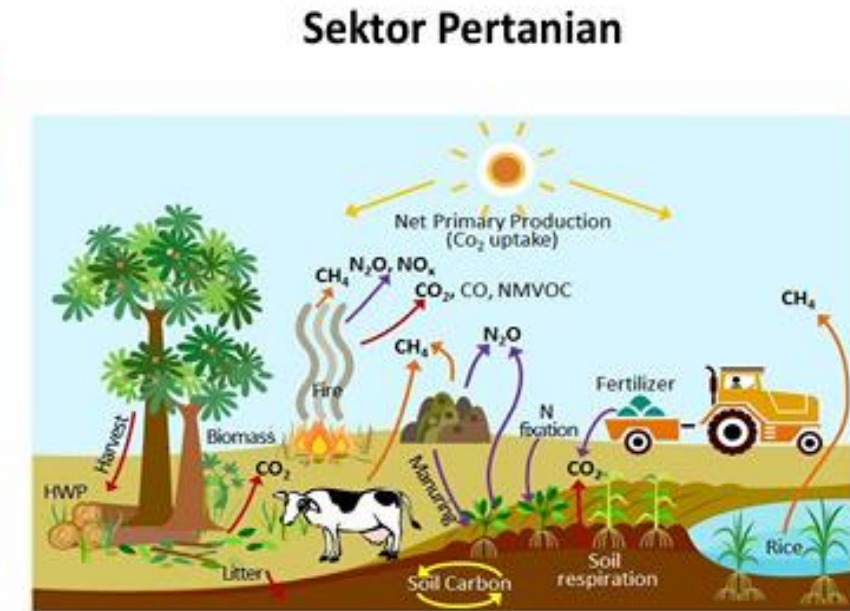
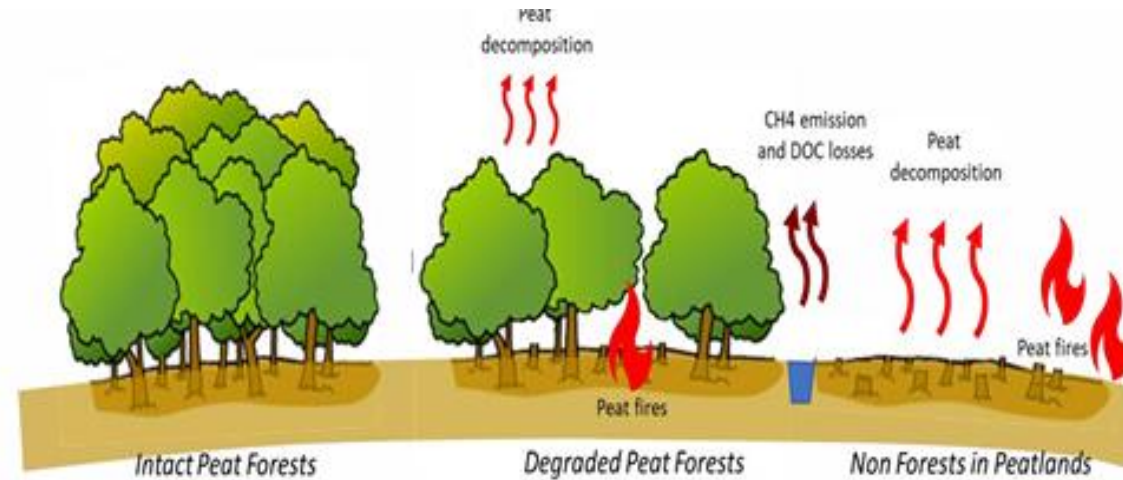
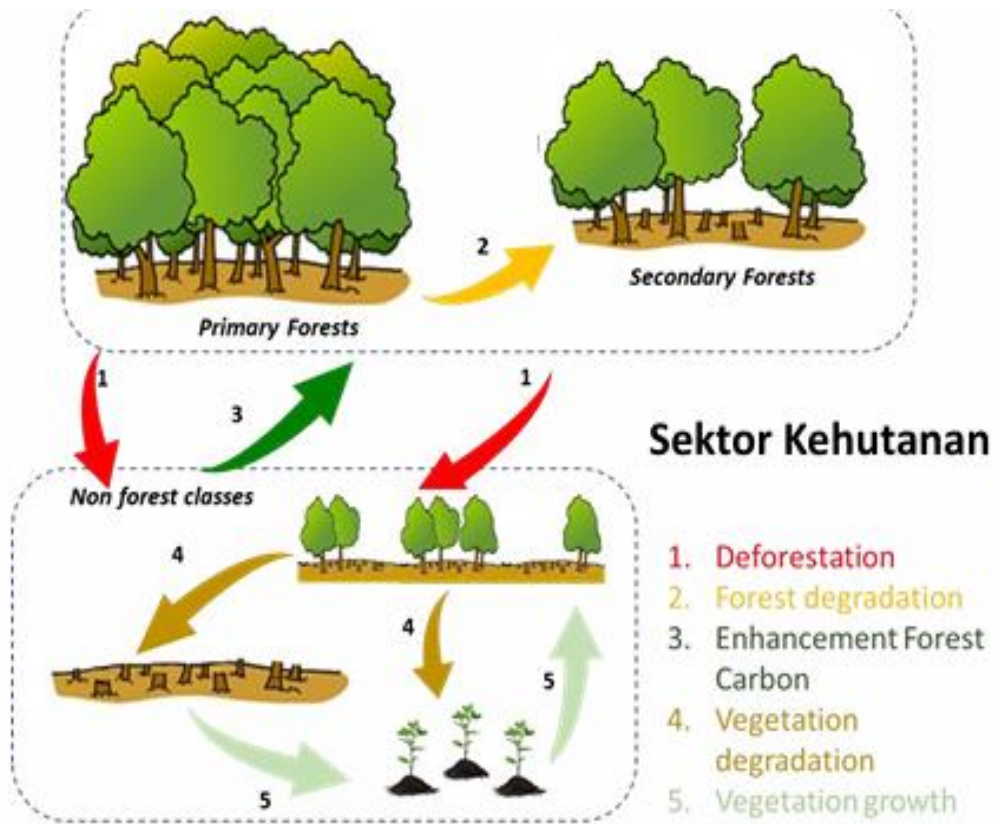
Pedoman Tata Laksana

**PP No. 98/2021
tentang NEK**

**Permen LHK No.21
tahun 2022 tentang
Tata Laksana
Penerapan NEK**

**Permen LHK No. 7
tahun 2023 tentang
Tata Cara
Perdagangan Karbon
Sektor Kehutanan**





Emisi karbon hutan adalah jumlah gas rumah kaca (GRK), terutama karbon dioksida (CO₂), yang dilepaskan ke atmosfer akibat kegiatan di sektor kehutanan :

Sumber emisi FOLU:

Deforestasi

Degradasi Hutan

Kebakaran Hutan

Konversi Lahan Basah (Seperti rawa gambut yang dikeringkan)

- Emisi dari lahan sawah
- Emisi CH₄ dan N₂ O dari Sub-sektor peternakan,
- Emisi N₂ O dari pupuk nitrogen, baik yang berasal dari pupuk buatan, maupun pupuk organik

Kapan Potensi Karbon Hutan dihitung sebagai Emisi

Basis Luas

Ton C/Ha
Ton CO₂/Ha

Basis Volume

Ton C/M³
Ton CO₂/m³

Basis Waktu

Ton C/ha/Th
Ton CO₂/ha/tg



Coba kita hitung :

Diketahui sebuah pohon memiliki kandungan 5 ton karbon.
Berapakah Emisi CO₂ yang dihasilkan jika pohon tersebut ditebang atau dibakar?



Coba kita hitung :

Suatu area hutan tropis dengan luas 100 hektar mengalami perubahan penutupan lahan akibat deforestasi. Sebelum deforestasi, **biomassa** di atas tanah rata-rata di wilayah tersebut adalah 250 ton per hektar. Saat ini rata-rata **biomassa** di wilayah tersebut hanya 150 ton per hektar. Berapakah Emisi CO₂ pada wilayah tersebut?



METODOLOGI PERHITUNGAN PENGURANGAN EMISI GRK → SERTIFIKAT APRESIASI/SPE-GRK

Permen 21 tahun 2022

Pasal 60 (ayat 2 huruf f), menyebutkan bahwa metodologi yang dapat digunakan dalam penerbitan SPE-GRK adalah metodologi yang:

1. ditetapkan oleh Direktur Jenderal;
2. ditetapkan Badan Standarisasi Nasional; dan/atau
3. disetujui oleh *United Nations Framework Convention on Climate Change*;

1. Pengurangan Emisi dan/atau Peningkatan Serapan GRK Sektor Kehutanan ditetapkan oleh Direktur Jenderal dan SNI

<https://srn.menlhk.go.id/index.php?r=metodologi%2Findex>

Ditetapkan Direktur Jenderal

- 1 Penghitungan Pengurangan Deforestasi
- 2 Penghitungan Pengurangan Degradasi Hutan
- 3 Penghitungan emisi dekomposisi gambut dari pencegahan deforestasi dan degradasi hutan
- 4 Penghitungan pengurangan emisi dari pencegahan kebakaran di lahan gambut

ditetapkan Badan Standarisasi Nasional

- 1 **SNI ISO 14064-1: 2018**
Kuantifikasi & Pelaporan dari Emisi dan Serapan GRK pada Tingkat ORGANISASI
- 2 **SNI ISO 14064-2: 2018**
Kuantifikasi & Pelaporan dari Emisi dan Serapan GRK pada Tingkat PROYEK
- 3 **SNI ISO 14064-3: 2018**
Validasi dan Verifikasi Pernyataan GRK

2. Pengurangan Emisi dan/atau Peningkatan Serapan GRK Sektor Kehutanan disetujui oleh UNFCCC

<https://srn.menlhk.go.id/index.php?r=metodologi%2Findex>

Nomor	Nama	Sumber	Status	Aksi
Search Nomor	Search Nama	UNFCCC	Semua	
AR-ACM0003	Afforestation and reforestation of lands except wetlands	UNFCCC	-	<button>Lihat Detail</button>
AR-AMS0003	Afforestation and reforestation project activities implemented on wetlands	UNFCCC	-	<button>Lihat Detail</button>
AR-AM0014	Afforestation and reforestation of degraded mangrove habitats	UNFCCC	-	<button>Lihat Detail</button>
AR-AMS0007	Afforestation and reforestation project activities implemented on lands other than wetlands	UNFCCC	-	<button>Lihat Detail</button>



PENGUSULAN METODOLOGI

Oleh Penanggung Jawab Aksi (K/L, Pelaku Usaha, dan Masyarakat) diajukan ke KLHK

1

FAKTOR PERTIMBANGAN:

- Integritas lingkungan
- Ketersediaan dan kualitas data
- Kualitas pendekatan penentuan baseline
- Faktor emisi
- Penghitungan ganda
- Kebocoran emisi
- Kualitas rencana dan praktik pemantauan
- dll



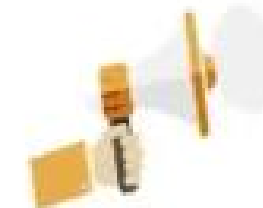
PENYAMPAIAN HASIL EVALUASI

3

MENTERI LHK

menetapkan usulan Metodologi Penghitungan Penurunan Emisi dan/atau Peningkatan Serapan GRK sebagai KESEPAKATAN NASIONAL

DISEMINASI METODOLOGI



5



Dirjen PPI-KLHK membentuk Tim Panel Metodologi

EVALUASI USULAN METODOLOGI

Tim Panel Metodologi GRK menyampaikan laporan hasil analisa ke Dirjen PPI, kemudian dilaporkan ke Menteri LHK



PENETAPAN HASIL EVALUASI

Metodologi yang telah ditetapkan ditampilkan di website KLHK dan diinput dalam SRN-PPI

SETIDAKNYA MELIPUTI INFORMASI:

- Judul Metodologi
- Nama Pengusul
- Kategori/Sub kategori Aksi Mitigasi
- Tanggal pengusulan
- Deskripsi dan batasan
- Penghitungan baseline
- Penghitungan emisi kegiatan

Saya ingin tahu Emisi dari PBPH saya. Bagaimana cara menghitungnya?

Rumus umum:

$$E = A \times FE$$

E = emisi GRK (ton CO_{2e} /th)

A = Data aktivitas, yaitu luas lahan yang menjadi sumber drainase.

FE = Jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan untuk satu satuan luas lahan dan satuan waktu tertentu (ton CO_{2e} /ha).

DA = luas lahan yang mengalami perubahan, dan penggunaan lahan yang merupakan sumber emisi/sequestrasi.

Bagaimana cara mendapatkannya? Umumnya melalui analisis citra satelit (seperti Landsat) yang membandingkan tutupan lahan dari waktu ke waktu

FE = Besarnya emisi atau cadangan karbon dari suatu penggunaan lahan atau sistem manajemen pengelolaan lahan. Satuannya **ton CO₂ ekuivalen per hektar (tCO_{2e}/ha)**.

Bagaimana cara mendapatkannya? Melalui **inventarisasi hutan** atau pengukuran langsung di lapangan.

Menganalisis Perubahan Penutup Lahan Dalam Rangka Emisi Karbon

KHT.IK02.054.01

ELEMEN KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KERJA
1. Menyiapkan pekerjaan	1.1 Peraturan/pedoman diidentifikasi. 1.2 Bahan dan peralatan termasuk data perubahan penutup lahan disiapkan.
2. Melakukan analisa deforestasi dan degradasi hutan	2.1 Perubahan kelas penutup lahan dianalisis. 2.2 Luas perubahan penutup lahan dianalisis. 2.3 Matrik perubahan penutup lahan dibuat. 2.4 Angka deforestasi dan degradasi hutan disajikan.
3. Mendokumentasikan hasil analisa perubahan penutup lahan	3.1 Peta perubahan penutup lahan dibuat. 3.2 Peta perubahan penutup lahan didokumentasikan sesuai ketentuan.

1. MENYIAPKAN PEKERJAAN

- a. Peraturan/pedoman/kriteria standar
- b. Bahan dan Perlengkapan

a. Peraturan/pedoman/kriteria standar

- SKKNI No 601 Tahun 2012 TENTANG PENETAPAN RANCANGAN STANDAR KOMPETENSI KERJA NASIONAL INDONESIA SEKTOR KEHUTANAN BIDANG INVENTARISASI KARBON HUTAN MENJADI STANDAR KOMPETENSI KERJA NASIONAL INDONESIA
- Peraturan Menteri LHK Nomor 21 Tahun 2022_ Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon
- Kepmen LHK no SK.1131 tahun 2023_Skema_SPEI GRK Indonesia
- SNI 7645:2010 Klasifikasi Penutup Lahan
- IPCC 2003 Good Practice Guidance for Land use, Land-use Change and Forestry;
- IPCC 2006 Guideline for National Greenhouse Gas Inventories;
- Peraturan Menteri Kehutanan nomor : P.67/Menhut-II/2006 tentang Kriteria dan Standar Inventarisasi Hutan;
- Peraturan Menteri Kehutanan nomor : P.59/Menhut-II/2008 tentang Penunjukan Unit Kliring Data Spasial Kehutanan;
- Peraturan dan pedoman/SOP terkait lainnya yang berlaku.

b. Bahan dan Perlengkapan

- Peta kerja/ peta izin berusaha pada PBPH

- Berdasarkan informasi pada dokumen izin, surat Keputusan, sertifikat kepemilikan pribadi atau lainnya.
- Memuat informasi luas dan lokasi
- Jika overlay, maka akan tertolak pada *website* Sistem Registrasi Nasional

- Citra satelit titik tahun berbeda
- Hardware
- Software Pemetaan



Pembuatan Peta Perubahan Tutupan Lahan

- Metode pembuatan peta perubahan tutupan lahan pada dasarnya sama dengan pembuatan peta tutupan lahan
- Perbedaan di waktu peta yang dibuat
- Pertimbangan
- Ketersediaan citra resolusi tertentu
- Ketersediaan citra waktu tertentu

Pembuatan Peta Perubahan Tutupan Lahan

Dasar waktu pembuatan peta perubahan tutupan lahan

1. FRL

a. 2006 – 2020

b. Jangka waktu 14 tahun

2. SPEI (KMSAH-001)

a. 10 tahun terakhir

b. Semaksimalnya 5 tahun terakhir

KEPUTUSAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
REPUBLIK INDONESIA

NOMOR :SK.1131/MENLK/PPI/PPI.2/10/2023

TENTANG

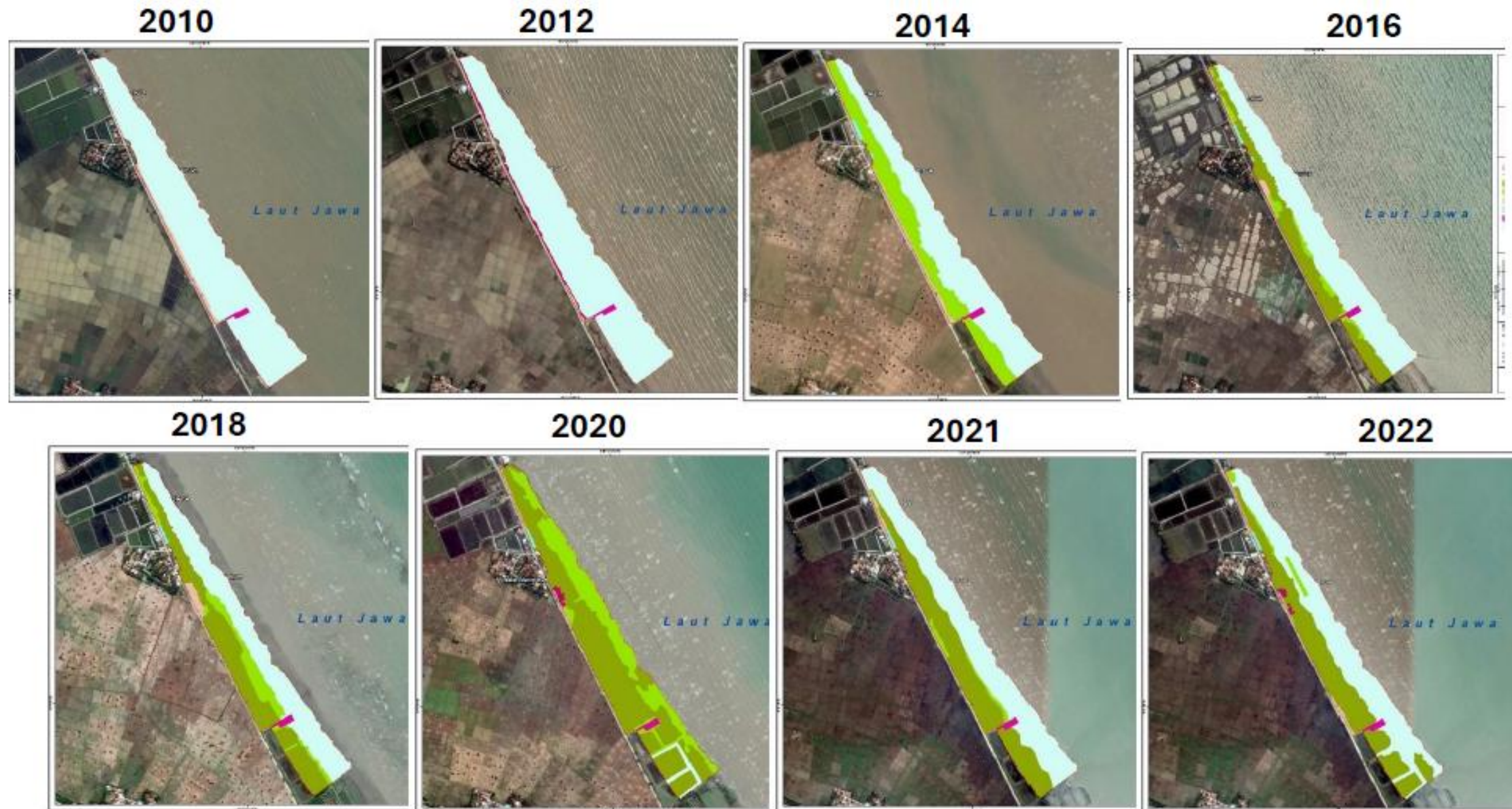
SKEMA SERTIFIKASI PENGURANGAN EMISI GAS RUMAH KACA INDONESIA

Pembuatan Peta Perubahan Tutupan Lahan

Fungsi :

- Support data *forest carbon accounting* untuk menyusun *baseline* (Perhitungan emisi menggunakan data aktivitas PL dan perubahannya)
- *Database* bagi unit manajemen untuk memutuskan lokasi aksi mitigasi > jenis aksi mitigasi
- *Database* bagi pemerintah untuk memutuskan target kabupaten aksi mitigasi > jenis aksi mitigasi

Pembuatan Peta Perubahan Tutupan Lahan



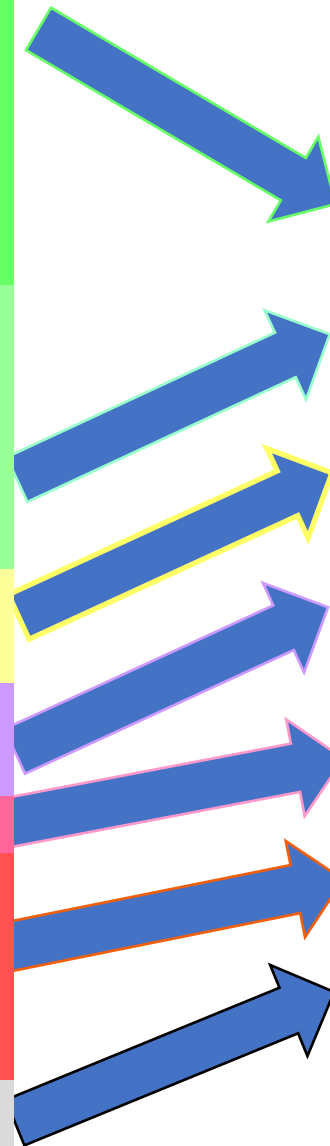
Emisi dari Perubahan Penggunaan lahan

No. Kementerian Kehutanan

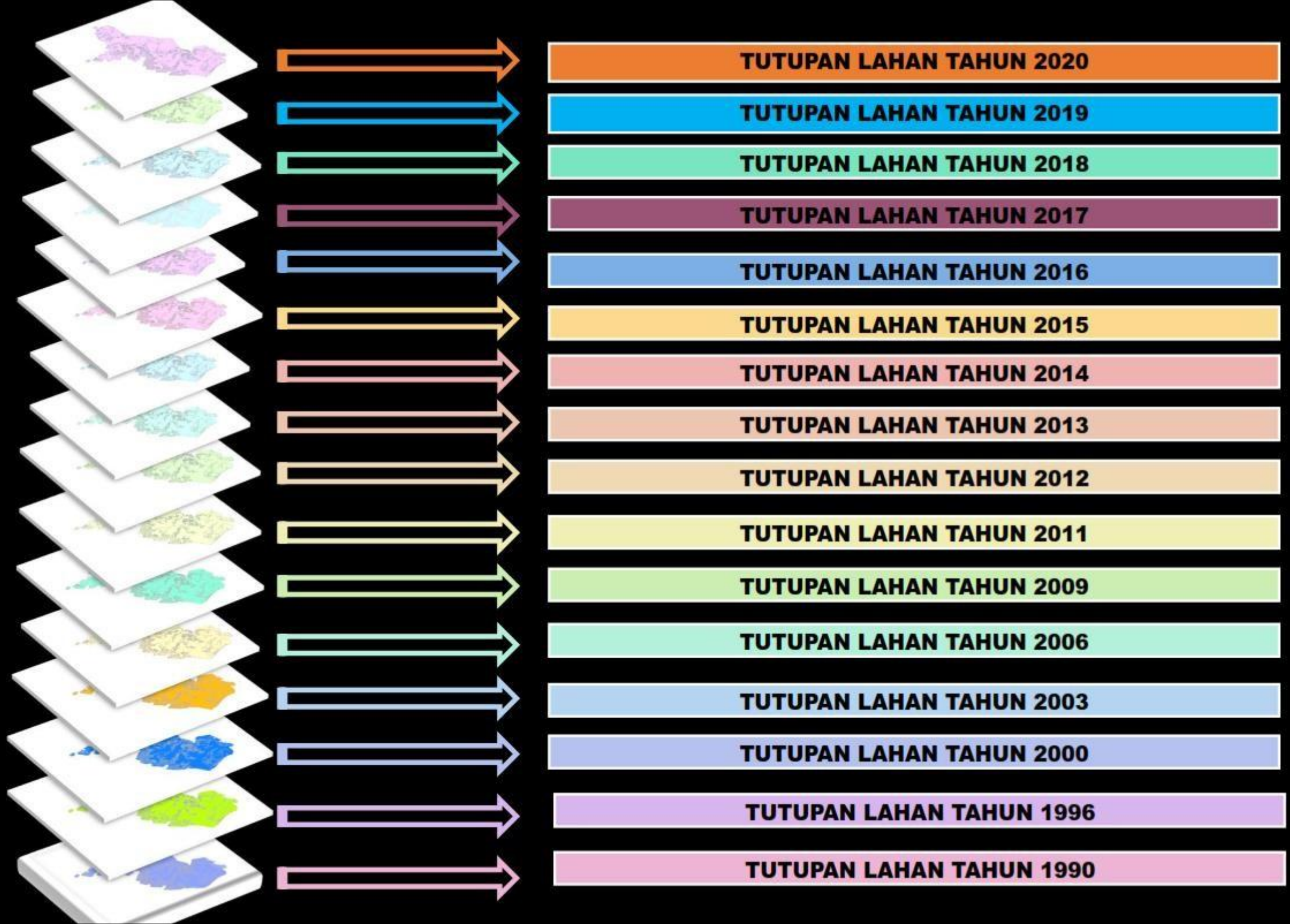
- 1 Hutan Lahan Kering Primer
- 2 Hutan Lahan Kering Sekunder
- 3 Hutan Rawa Primer
- 4 Hutan Rawa Sekunder
- 5 Hutan Mangrove Primer
- 6 Hutan Mangrove Sekunder
- 7 Hutan Tanaman
- 8 Pertanian Lahan Kering
- 9 Pertanian Lahan Kering Sekunder
- 10 Transmigrasi
- 11 Sawah
- 12 Perkebunan
- 13 Rumput
- 14 Semak Belukar
- 15 Rawa
- 16 Belukar Rawa
- 17 Permukiman
- 18 Tanah Terbuka
- 19 Tambak
- 20 Bandara/Pelabuhan
- 21 Pertambangan
- 22 Tubuh air
- 23 Awan

No. IPCC Class

- 1 Forestland
- 2 Cropland
- 3 Grassland
- 4 Wetland
- 5 Settlement
- 6 Other Land



OVERLAY



Lampiran 2. Matrik Peluang Perubahan Penutupan Lahan

Tahun	Kode	Kelas PL	PENUTUPAN LAHAN TAHUN YYYY																					
			Hp	Hs	Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	T	S	Pt	Pc	Sw	Tm	Bdr/Plb	Tr	Tb	Rw	A
PENUTUPAN LAHAN TAHUN YYYY-1	2001	Hp	√	√				√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√		
	2002	Hs		√				√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√		
	2004	Hmp			√	√						√	√	√	√	√	√	√	√	√				√
	20041	Hms				√						√	√	√	√	√	√	√	√	√				√
	2005	Hrp					√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	20051	Hrs						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	2006	Ht						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	2007	B		√				√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	20071	Br						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	2010	Pk						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	2012	Pm											√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	2014	T						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	3000	S						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	20091	Pt						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	20092	Pc						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	20093	Sw						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	20094	Tm				√				√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	20121	Bdr/Plb																		√	√	√	√	
	20122	Tr										√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	2014	Tb							√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	50011	Rw						√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	5001	A																						√

Keterangan : √ = perubahan logis (berdasarkan kondisi yang umum terjadi).

Catatan: perubahan yang tidak logis dapat terjadi, misalnya karena bencana alam/keadaan luar biasa (kebakaran, banjir, longsor, pembangunan bendungan dll) perlu dicek ulang menggunakan sumber data (citra satelit) dan/atau cek lapangan.

KELAS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN

DEFORESTASI

**Perubahan dari Hutan
menjadi Non Hutan**

HUTAN

2001	2002
2004	20041
2005	20051

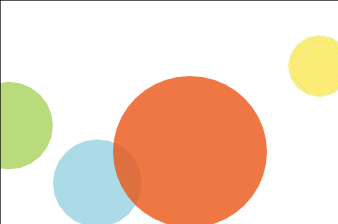
NON HUTAN

2010	Semak Belukar
2007	Perkebunan
20071	Semak Belukar Rawa
20092	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak
20091	Pertanian Lahan Kering
20122	Transmigrasi
2012	Permukiman
3000	Savana
2014	Tanah Terbuka
5001	Tubuh Air
20121	Bandara
20141	Pertambangan

KELAS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN

DEGRADASI HUTAN





KELAS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN



FOREST GAIN

perubahan penutupan lahan dari kelas hutan alam sekunder menjadi kelas hutan alam primer dan perubahan dari kelas penutupan lahan non hutan menjadi kelas penutupan lahan hutan alam (primer dan sekunder)



STABLE FOREST

kelas penutupan lahan hutan alam (primer dan sekunder) yang tetap/tidak berubah. Untuk perubahan pada kelas stable forest, perubahan pada kelas hutan alam primer dan kelas hutan alam sekunder perlu dipisahkan, sehingga tidak bercampur dengan kelas forest degradation



STABLE NON FOREST

Kelas penutupan lahan non hutan yang tetap/tidak berubah

SKEMA DINAMIKA PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN

	Hutan Alam Primer	Hutan Alam Sekunder	Non Hutan
Hutan Alam Primer	<i>Stable Forest</i>	<i>Forest Degradation</i>	<i>Deforestation</i>
Hutan Alam Sekunder	<i>Forest Gain</i>	<i>Stable Forest</i>	<i>Deforestation</i>
Non Hutan	<i>Forest Gain</i>	<i>Forest Gain</i>	<i>Stable Non Forest</i>



Land Cover Map (MoEF)



1990



1996



2000



2003



2006



2009



2011



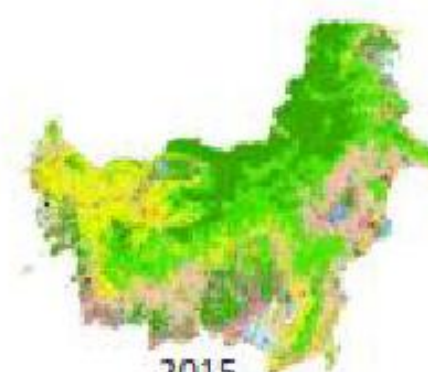
2012



2013



2014



2015



2016



2017



2018



2019

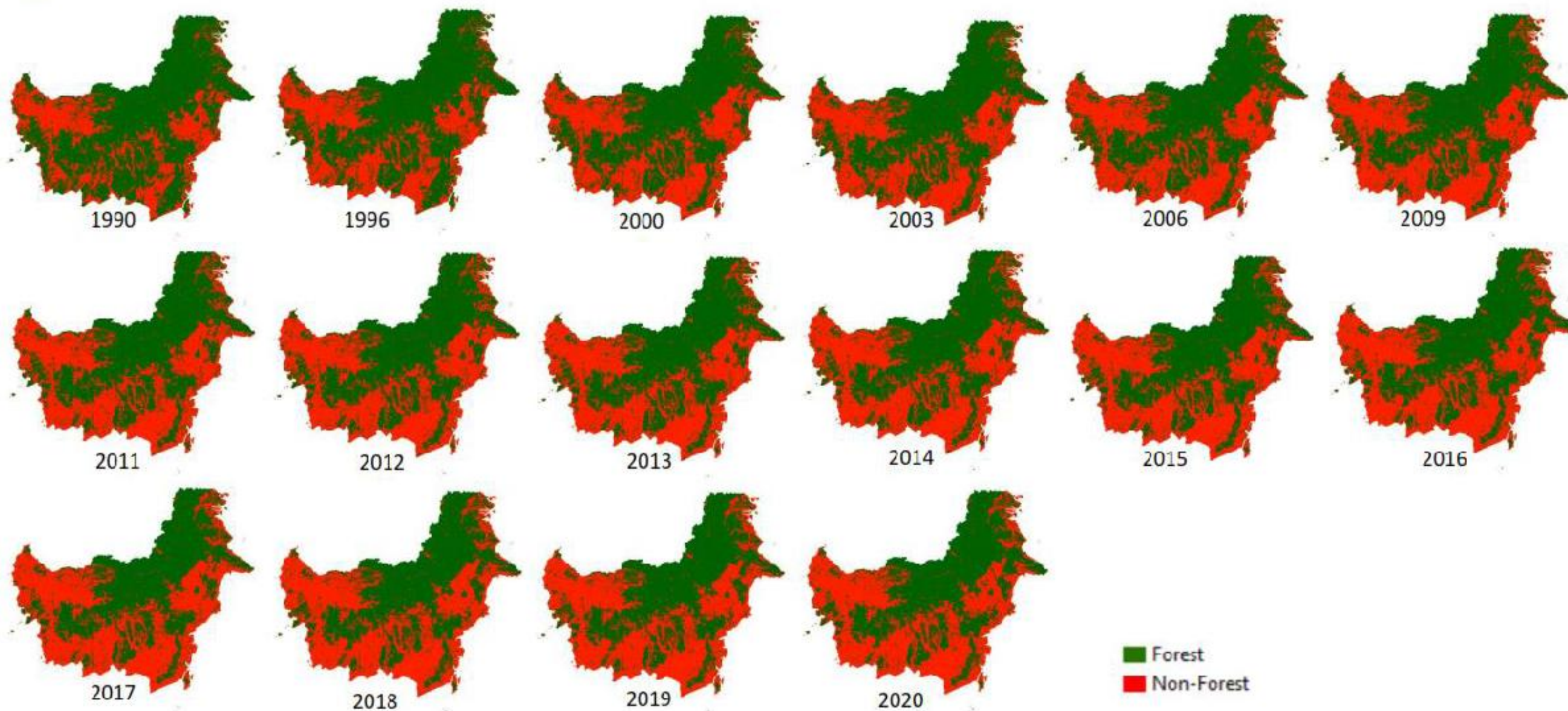


2020

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Hutan Lahan Kering Primer | Pertanian Lahan Kering |
| Hutan Lahan Kering Sekunder | Pertanian Lahan Kering Campur |
| Hutan Rawa Primer | Transmigrasi |
| Hutan Rawa Sekunder | Sawah |
| Hutan Mangrove Primer | Tambak |
| Hutan Mangrove Sekunder | Tanah Terbuka |
| Hutan Tanaman | Pertambangan |
| Semak/Belukar | Permukiman |
| Semak/Belukar Rawa | Tubuh Air |
| Perkebunan | Rawa |
| Savana | Transmigrasi |
| | Awan |

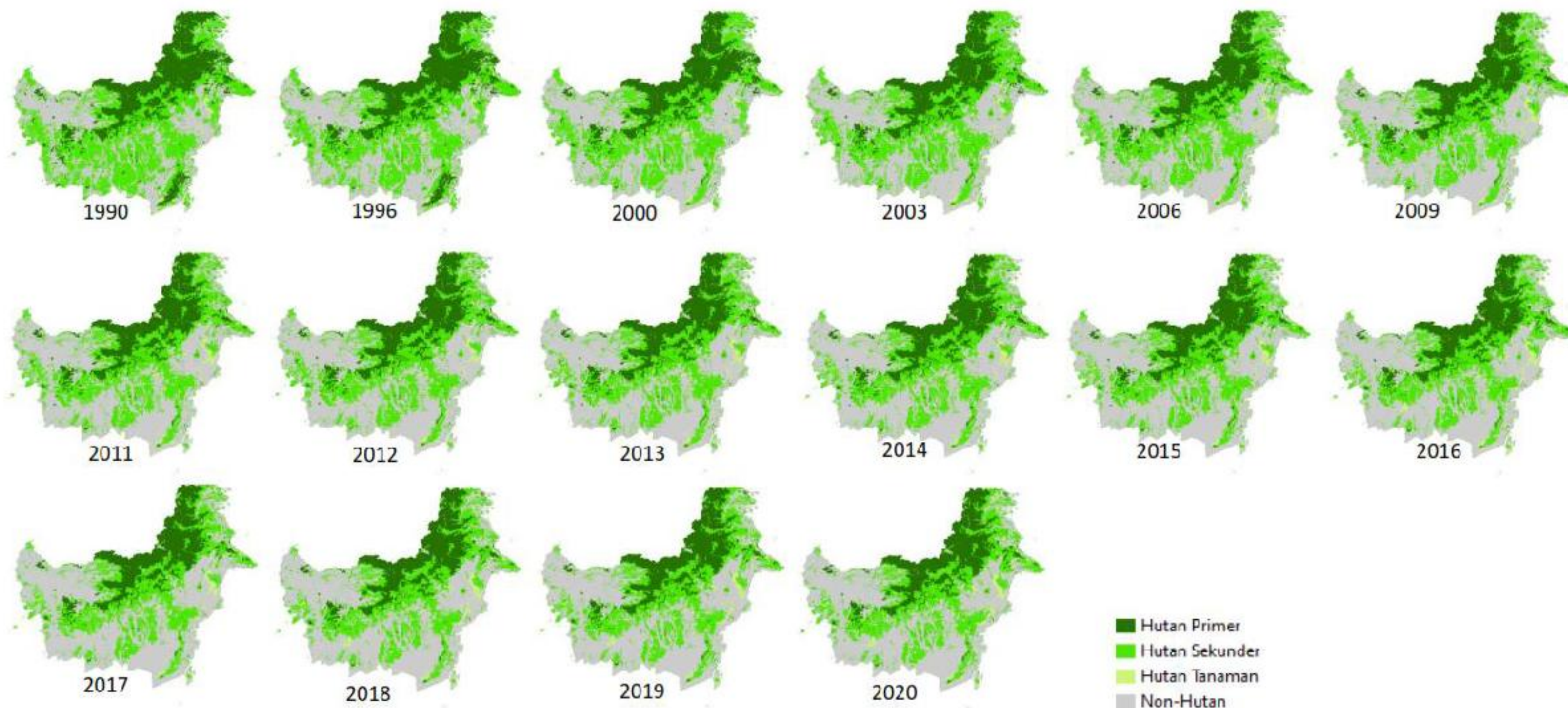


FNF MAP for Acc. Deforestation Rates





FNF MAP for Acc. Degradation Rates



Nilai Referensi Cadangan Karbon

- Data nasional
- Data plot sampling

Tosiani, 2015

No	Kelas Penutupan Lahan	Kode	Kandungan Karbon (C ton/ha)	Sumber Data
1	Hutan Lahan Kering Primer	Hp	132.99	NFI (1996-2013), 2014
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	Hs	98.84	NFI (1996-2013), 2014
3	Hutan Mangrove Primer	Hmp	188.3	Litbanghut, 2014
4	Hutan Rawa Primer	Hrp	96.35	NFI (1996-2013), 2014
5	Hutan Tanaman	Ht	98.38	Litbanghut, 2014
6	Semak/Belukar	B	30	Juknis PEP RAD GRK, 2013
7	Perkebunan	Pk	63	Juknis PEP RAD GRK, 2013
8	Pemukiman	Pm	4	Juknis PEP RAD GRK, 2013
9	Lahan Terbuka	T	2.5	Juknis PEP RAD GRK, 2013
10	Savanna	S	4	Juknis PEP RAD GRK, 2013
11	Tubuh Air	A	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
12	Hutan Mangrove Sekunder	Hms	94.07	Litbanghut, 2014
13	Hutan Rawa Sekunder	Hrs	79.67	NFI (1996-2013), 2014
14	Belukar Rawa	Br	30	Juknis PEP RAD GRK, 2013
15	Pertanian Lahan Kering	Pt	10	Juknis PEP RAD GRK, 2013
16	Pertanian Lahan Kering Campur	Pc	30	Juknis PEP RAD GRK, 2013
17	Sawah	Sw	2	Juknis PEP RAD GRK, 2013
18	Tambak	Tm	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
19	Bandara/Pelabuhan	Bdr	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
20	Transmigrasi	Tr	10	Juknis PEP RAD GRK, 2013
21	Pertambangan	Tb	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
22	Rawa	Rw	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013

No	Kelas Penutupan Lahan	Kandungan Karbon (C ton/ha)						
		Sumatera	Kalimantan	Sulawesi	Jawa	Bali-Nusra	Maluku	Papua
1	Hutan Lahan Kering Primer*)	134.29	134.71	137.62	72.14	137.19	150.72	119.83
2	Hutan Lahan Kering Sekunder*)	91.12	101.63	103.26	85.25	81.37	111.08	90.22
3	Hutan Mangrove Primer**)	227.30	162.00	188.30	393.62	188.30	116.79	116.79
4	Hutan Mangrove Sekunder**)	52.98	116.00	92.80	179.00	94.07	37.03	37.03
5	Hutan Rawa Primer*)	110.42	137.77	107.19	0.00	0.00	198.06	89.39
6	Hutan Rawa Sekunder*)	75.70	85.27	85.27	0.00	0.00	117.20	72.84
7	Hutan Tanaman**)	76.70	54.70	92.65	75.19	110.79	172.50	172.50

Sumber :

*) Direktorat IPSDH (Hasil Pengukuran NFI 1996-2013), 2014

***) Badan Litbang Kehutanan, 2014

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 monitor and report on emissions of the
forest sector)



Directorate General of Climate Change
Ministry of Environment and Forestry

Republic of Indonesia
2015

Table 2. The estimates of AGB stocks in each forest type in Indonesia

Forest type	Main island	Mean AGB (t ha ⁻¹)	95% Confidence Interval (t ha ⁻¹) *		N of plot measurement
<i>Primary Dryland Forest</i>	Bali Nusa Tenggara	274.4	247.4	301.3	52
	Jawa	Nd	Nd	nd	nd
	Kalimantan	269.4	258.2	280.6	333
	Maluku	301.4	220.3	382.5	14
	Papua	239.1	227.5	250.6	162
	Sulawesi	275.2	262.4	288.1	221
	Sumatera	268.6	247.1	290.1	92
	Indonesia	266.0	259.5	272.5	874
<i>Secondary Dryland Forest</i>	Bali Nusa Tenggara	162.7	140.6	184.9	69
	Jawa	170.5	Na	na	1
	Kalimantan	203.3	196.3	210.3	608
	Maluku	222.1	204.5	239.8	99
	Papua	180.4	158.5	202.4	60
	Sulawesi	206.5	194.3	218.7	197
	Sumatera	182.2	172.1	192.4	265
	Indonesia	197.7	192.9	202.5	1299
<i>PrimarySwamp Forest</i>	Bali Nusa Tenggara	Na	Na	na	na
	Jawa	Na	Na	na	na
	Kalimantan	275.5	269.2	281.9	3
	Maluku	Na	Na	na	na
	Papua	178.8	160.0	197.5	67
	Sulawesi	214.4	-256.4	685.2	3
	Sumatera	220.8	174.7	266.9	22
	Indonesia	192.7	174.6	210.8	95

Forest type	Main island	Mean AGB (t ha ⁻¹)	95% Confidence Interval (t ha ⁻¹) *		N of plot measurement
<i>Secondary Swamp Forest</i>	Bali Nusa Tenggara	Na	Na	na	na
	Jawa	Na	Na	na	na
	Kalimantan	170.5	158.6	182.5	166
	Maluku	Na	Na	na	na
	Papua	145.7	106.7	184.7	16
	Sulawesi	128.3	74.5	182.1	12
	Sumatera	151.4	140.2	162.6	160
	Indonesia	159.3	151.4	167.3	354
<i>Primary Mangrove Forest^{a,b,c}</i>	Kalimantan	263.9	209.0	318.8	8
<i>Secondary Mangrove Forest^{b,c}</i>	Kalimantan dan Sulawesi	201.7	134.5	244.0	12

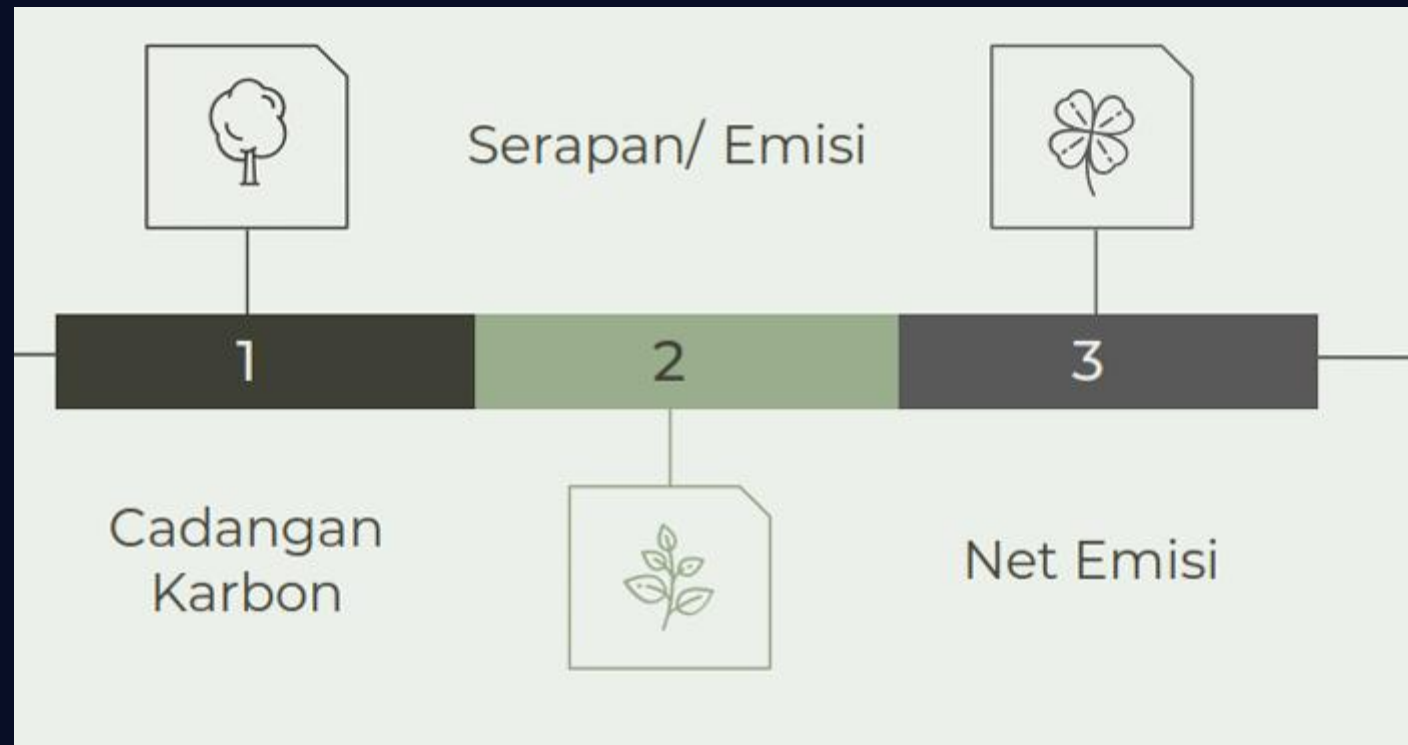
No	PL_ID	ACR	PL_NAME	Mean AGB (ton/ha)	Mean AGC (ton/ha)
1	2001 Hp		Hutan Lahan Kering Primer	269.4	126.62
2	2002 Hs		Hutan Lahan Kering Sekunder	203.3	95.55
3	2004 Hmp		Hutan Mangrove Primer	263.9	124.03
4	20041 Hms		Hutan Mangrove Sekunder	201.7	94.80
5	2005 Hrp		Hutan Rawa Primer	274.8	129.16
6	20051 Hrs		Hutan Rawa Sekunder	170.5	80.14
7	2006 Ht		Hutan Tanaman	64	30.08
8	2010 Pk		Perkebunan	63	29.61
9	2007 B		Semak Belukar	30	14.10
10	20071 Br		Semak Belukar Rawa	30	14.10
11	20092 Pc		Pertanian Lahan Kering Campur	30	14.10
12	20091 Pt		Pertanian Lahan Kering	10	4.70
13	20122 Tr		Transmigrasi	10	4.70
14	2012 Pm		Pemukiman	5	2.35
15	3000 S		Savanna/ Padang rumput	4.5	2.12
16	2014 T		Tanah Terbuka	2.5	1.18
17	20093 Sw		Sawah	2	0.94
18	20094 Tm		Tambak	0	0
19	5001 A		Badan Air	0	0
20	50011 Rw		Rawa	0	0
21	20121 Bdr		Bandara/ Pelabuhan	0	0
22	20141 Pb		Pertambangan	0	0
23	2500 Aw		Awan	0	0.00

Table 3. Emission factors of peat decomposition from various land cover and land use types

No.	Land cover	Emission (t CO ₂ ha ⁻¹ th ⁻¹)	95% confidence interval		Remarks
1.	Primary forest	0	0	0	Paciornik and Rypdal (2006)
2.	Secondary forest	19	-3	35	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
3.	Plantation forest	73	59	88	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
4.	Estate crop	40	21	62	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)

No.	Land cover	Emission (t CO ₂ ha ⁻¹ th ⁻¹)	95% confidence interval		Remarks
5.	Pure dry agriculture	51	24	95	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
6.	Mixed dry agriculture	51	24	95	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
7.	Dry shrub	19	-3	35	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
8.	Wet shrub	19	-3	35	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
9.	Savanna and Grasses	35	-1	73	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
10.	Paddy Field	35	-1	73	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
11.	Open swamp	0	0	0	Waterlogged condition, assumed zero CO ₂ emission
12.	Fish pond/aquaculture	0	0	0	Waterlogged condition, assumed zero CO ₂ emission
13.	Transmigration areas	51	24	95	Assumed similar to mixed upland agriculture
14.	Settlement areas	35	-1	73	Assumed similar to grassland
15.	Port and harbor	0	0	0	Assumed zero as most surface is sealed with concrete.
16.	Mining areas	51	24	95	Assumed similar to bare land
17.	Bare ground	51	24	95	Hiraishi <i>et al.</i> (2014)
18.	Open water	0	0	0	Waterlogged condition, assumed zero CO ₂ emission
19.	Clouds and no-data	nd	Nd	Nd	

Menghitung Selisih Emisi dan Serapan Karbon



- Jika **Selisih positif**, artinya emisi lebih besar dari serapan (Net Emisi).
- Jika **Selisih negatif**, artinya serapan lebih besar dari emisi (Net Sink).
- Jika = 0, artinya **Carbon Netral**





Coba tentukan dari kegiatan PBPH berikut,
apakah Net Emisi atau Net Sink?

Kegiatan	Jenis	Estimasi Karbon (tCO ₂ e)
Pembukaan Lahan	Emisi	120
Kebakaran Hutan	Emisi	80
Penebangan	Emisi	50
Penanaman Pohon	Serapan	200
Rehabilitasi Lahan	Serapan	100

Maka :

Keterangan	Nilai (tCO ₂ e)
Total Emisi	250
Total Serapan	300
Selisih (Emisi - Serapan)	-50

Extended NDC/ Current Policy Scenario (CPOS)

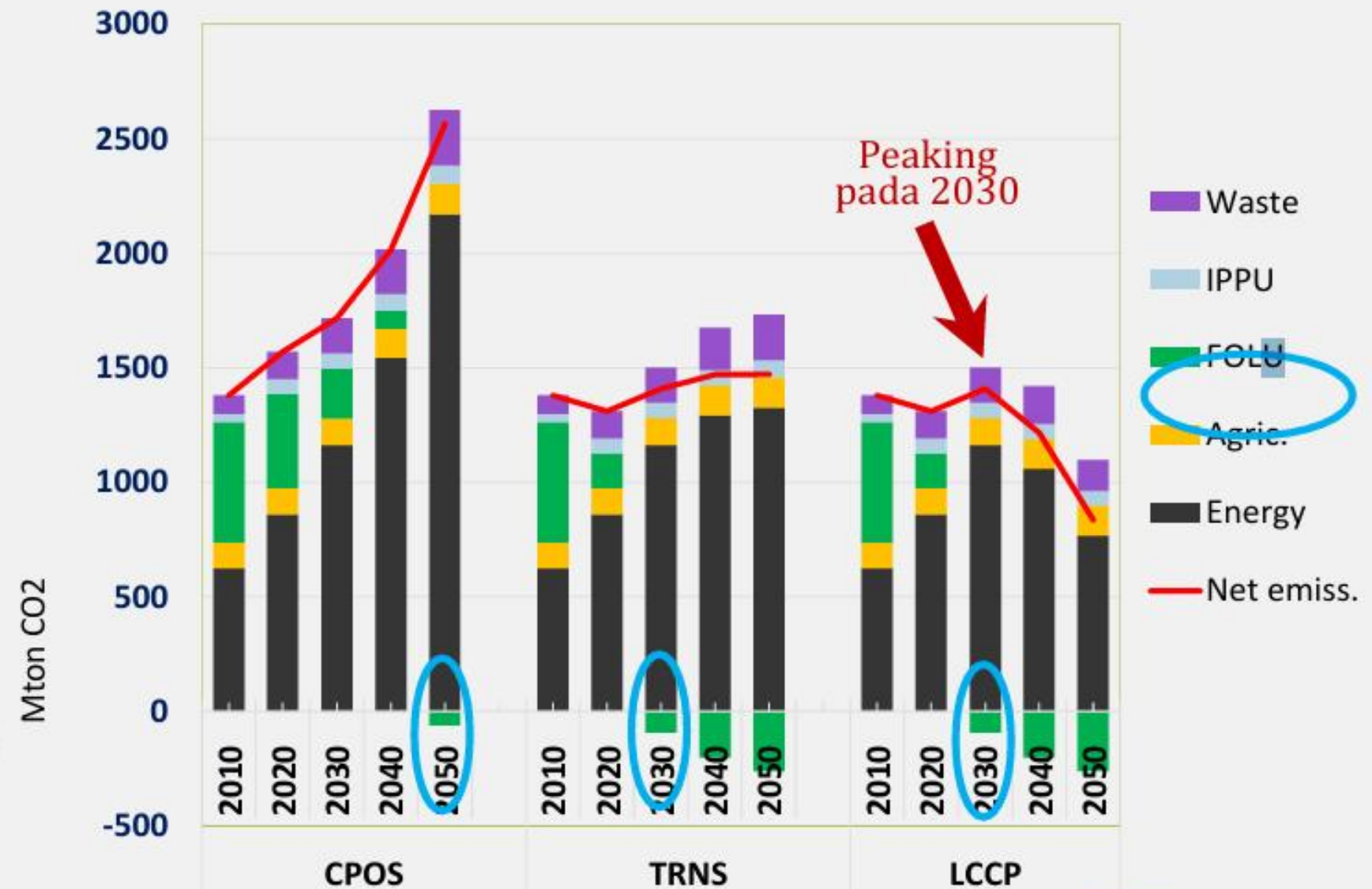
Transition Scenario (TRNS) → hanya pada sektor Energi

Low Carbon Scenario Compatible with Paris Agreement target (LCCP)

LCCP

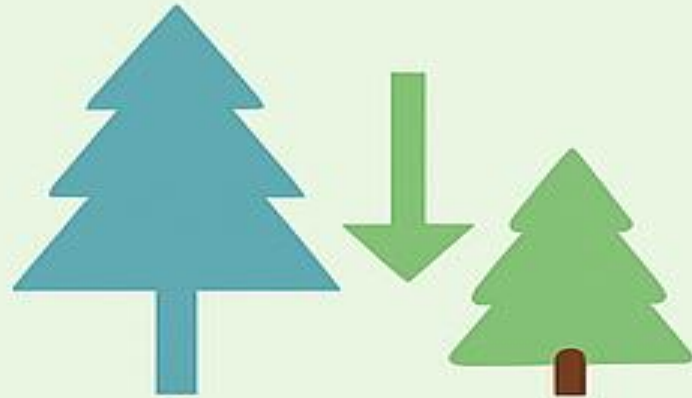
Peaking **2030** dengan **Net Sink** pada sektor **FOLU** (Skenario LCCP)

TARGET LCCP: Puncak Emisi Bersih GRK Tahun 2030 = 1.244 MtCO₂e dan Tahun 2050 = 540 MtCO₂e (1,6 ton CO₂e/capita)



Proyeksi tingkat emisi GRK skenario CPOS, TRNS dan LCCP

Perubahan Stok Karbon sektor FOLU, dapat dihitung dengan 2 metode yaitu :



STOCK-DIFFERENCE METHOD

Calculates change in carbon stocks between two points in time

$$\text{Carbon Change} = \text{Carbon Stock at } t_2 - \text{Carbon Stock at } t_1$$



GAIN-LOSS METHOD

Calculates net carbon gain and loss

$$\text{Carbon Change} = \sum \text{Gain} - \sum \text{Loss}$$

Stock-Difference Method VS Gain-Loss Method

Aspek	Stock-Difference Method	Gain-Loss Method
Data yang dibutuhkan	Data stok karbon pada dua waktu	Data alur karbon (pertumbuhan & kehilangan)
Cocok untuk	Monitoring jangka panjang	Monitoring tahunan atau manajemen aktif
Kelebihan	Langsung dan sederhana jika data stok tersedia	Lebih dinamis dan cocok untuk skema pengelolaan
Kelemahan	Perlu pengukuran dua kali	Membutuhkan banyak parameter dan asumsi

Berbagai kendala dalam penerapan metode gain and loss:

- Sulit mendapatkan data riap C berbagai jenis tutupan lahan
- Tidak ada informasi sampai berapa tahun angka riap dapat dipertahankan. Jika digunakan untuk puluhan tahun maka angka cadangan C suatu tutupan lahan tertentu menjadi tidak realistis.
- Sulit mendapatkan angka kehilangan cadangan karbon akibat kebakaran karena angka ini sangat bervariasi tergantung musim dan iklim setempat.
- Untuk satu atau dua jenis tutupan lahan tertentu, misalnya beberapa unit perkebunan, sistem ini dapat diterapkan, namun untuk skala nasional dan provinsi dengan MPTPL berdimensi 21 x 21 seperti yang digunakan dalam RAN/RAD GRK, sistem gain and loss sangat sulit untuk diterapkan.

Contoh: Estimasi emisi GRK dari perubahan stok karbon biomasa (akibat perubahan penggunaan lahan) dengan **Stock-Difference Method**

Jenis tutupan lahan	C Stok (t/ha)	Jenis tutupan lahan	C Stok (t/ha)
Hutan lahan kering primer	176,6	Savana dan padang rumput	5
Hutan lahan kering sekunder	123,7	Badan air	0,0
Hutan rawa primer	142,7	Belukar rawa	23,9
Hutan rawa sekunder	117,3	Pertanian lahan kering campur	16,9
Hutan Mangrove primer	145,5	Pertanian lahan kering campur	77,6
Hutan mangrove sekunder	61,8	Sawah	12,4
Hutan tanaman	100,4	Kolam/perikanan	0,0
Semak belukar	74,6	Bandara/pelabuhan	0,0
Perkebunan	63,7	Transmigrasi	16,9
Pemukiman	2,8	Pertambangan	0,00
Lahan terbuka	3,00	Rawa	0,00

Sumber: FREL 2022

Contoh: Apabila 100 ha hutan rawa primer dikonversi menjadi perkebunan, maka:
Faktor emisi (*emission factor*) nya adalah: $142,7 - 63,7 = 79 \text{ t C/ha}$
Karbon yang hilang/teremisi adalah: $100 \text{ ha} \times 79 \text{ ton C/ha} = 7.900 \text{ t C/100 ha}$;
atau setara dengan: $7.900 \text{ t C} \times 3,67 = 28.993 \text{t CO}_2\text{e}$

Prinsip perhitungan

$$\text{Data aktivitas} \times \text{Faktor emisi} = \text{Total Emisi}$$

Data aktifitas = Luas lahan di konversi
Faktor emisi = Perubahan stok karbon antara sebelum dan sesudah konversi

Konversi Biomas =>Karbon



$$\text{Biomas} \times 0,47 = \text{Karbon}$$

Konversi Karbon => CO₂



$$\text{Karbon} \times 3,67 = \text{CO}_2$$

Contoh: Estimasi emisi GRK dari perubahan stok karbon biomasa dengan **Gain-Loss Method**

Contoh Sebuah Kawasan hutan seluas 100 ha:

Komponen	Gain/Loss (ton C/ha/tahun)
Pertumbuhan Pohon	10
Penebangan	-3
Kematian Alamiah	-1

Metode ini menghitung **serapan atau emisi karbon berdasarkan alur masuk (gain) dan keluar (loss)** karbon ke dan dari sistem hutan, tanpa membandingkan dua stok secara langsung.

Metode ini digunakan Ketika tersedia data tentang alur biomassa seperti volume pertumbuhan tahunan, penebangan, mortalitas pohon, dan sebagainya.

Maka : Perubahan Karbon=10-4=6 ton C/ha/tahun

Artinya sistem mengalami serapan karbon bersih sebesar 600

Prinsip perhitungan

$$\text{Data aktivitas} \times \text{Faktor emisi} = \text{Total Emisi}$$

Data aktifitas = Luas lahan di konversi
Faktor emisi = Perubahan stok karbon antara sebelum dan sesudah konversi

Konversi Biomas => Karbon



$$\text{Biomas} \times 0,47 = \text{Karbon}$$

Konversi Karbon => CO₂



$$\text{Karbon} \times 3,67 = \text{CO}_2$$

SIMULASI

NO:	KONDISI LAHAN		LUAS	CADANGAN KARBON (tCo2eq/Ha)		Δkarbon	EMISI (tonCO2Eq)	Kontribusi (%)
	2013	2023		AWAL	AKHIR			
1	Ht. Primer Lahan Kering	Ht.Primer Lahan Kering	2.700.000					
2	Ht.Mangrove Primer	Ht. Mangrove Primer	700.000					
3	Ht. Primer Lahan Kering	Ht. Sekunder Lahan Kering	1.200.000					
4	Ht.Sekunder Lahan Kering	Ht. Sekunder Lahan Kering	4.200.000					
5	Ht. Mangrove Primer	Ht. Mangrove Sekunder	700.000					
6	Ht. Sekunder Lahan Kering	Tanaman Perkebunan	400.000					
	Rata-rata Baseline Historis		9.900.000			0	-	0,00

1.	Hitungan Laju Deforestasi dan Degradasi (Ha/th)		
a.	Laju Degradasi Ht. Primer Lahan Kering selama 10 Th:		
	Laju Degradasi Ht. Primer Lahan Kering (%/th) per tahun:		
b.	Laju Degradasi Mangrove Primer selama 10 Th:		
	Laju Degradasi Mangrove Primer (%/th) per tahun:		
c.	Laju Deforestasi Ht. selama 10 Th:		
	Laju Deforestasi Ht. (%/th) per tahun:		
d.	Jadi Total (%) Laju Deforestasi dan Degradasi		
2.	Baseline Emisi Historis :	-	t Co2eq/tahun
	Periode Project (2024s.d2029) :	5	tahun
	BAU (Business as usual)	-	t Co2eq
3.	Target Pengurangan Emisi	-	t Co2eq
	NDC 31,89 %		
4.	Tingkat Emisi Tahun 2029 :	-	t Co2eq

Coba lakukan Penghitungan Inventarisasi GRK Dari Perubahan Lahan Di Propinsi Papua, dengan hasil analisis tutupan lahan dari 2 tahun titik berbeda, yaitu tahun 2013 dan 2023. Gunakan FREL dari Kementerian Kehutanan (terlampir).

Hitunglah :

1. Laju Deforerestasi dan Degradari hutan tersebut
2. Buatkan Baseline Emisi Historisnya dengan periode Project 2024 sd 2029)
3. Buatlah target Pengurangan emisi sesuai dengan NDC 31,89 %
4. Hitunglah Tingkat Emisi Tahun 2029.

Emisi karena kebakaran gambut



Api hanya membakar
tumbuhan dan serasah di
atas permukaan tanah

IPCC (2006) tentang
Above ground emissions

Api juga membakar
lapisan gambut (peat fire)

IPCC (2013) Supplement to the
2006 IPCC Guidelines

Kebakaran gambut didefinisikan sebagai peristiwa kebakaran yang menghanguskan lapisan tanah gambut, bukan hanya biomas dan nekromas di atas permukaan tanah gambut. Tingkat ketidakyakinan (uncertainty) perkiraan emisi dari kebakaran gambut sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena sulitnya membangun data aktivitas serta penetapan faktor emisi.

Persamaan 2.8 (IPCC 2014)

$$L_{fire} = A \bullet M_B \bullet C_f \bullet G_{ef} \bullet 10^{-3}$$

L_{fire} = jumlah emisi CO₂ atau non-CO₂, ton

A = Luas total area yang terbakar setiap tahun, ha

M_B = masa bahan bakar atau tanah organik kering yang tersedia, ton ha⁻¹ (angka acuan diberikan pada Tabel 2.6; satuan berbeda untuk masing masing gas)

C_f = Faktor pembakaran (efisiensi kebakaran) ~ 1.0

G_{ef} = Faktor emisi setiap gas, g kg⁻¹ bahan kering yang terbakar (angka acuan diberikan pada Tabel 2.7)

Faktor Emisi Tier 1 kebakaran gambut (dari Tabel 2.6 & 2.7, IPCC 2014)

Kategori	M_b (t d.m. ha ⁻¹)			G_{ef} (g kg ⁻¹ bahan kering yang terbakar)		
	Mean	Selang kepercayaan 95%		CO ₂ -C	CH ₄	CO
Kebakaran tidak terkendali	353	170	536	464	21	210
Kebakaran terkendali	155	82	228			

Catatan: d.m. = bahan kering terbakar



Contoh perhitungan:

Untuk areal kebakaran terkendali, $A = 1$ ha, emisi CO_2 dapat dihitung dengan persamaan 2.8, (IPCC, 2014)

$$L_{\text{fire}} = A \bullet M_B \bullet C_f \bullet G_{ef} \bullet 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{fire}} &= 1 * 155 \text{ (t/ha)} * 1 * 464 \text{ (g/kg)} * 10^{-3} \\ &= 72 \text{ t C/ha} \\ &= 3.67 \text{ CO}_2/\text{C} * 72 \text{ t C/ha} = 264 \text{ t CO}_2\text{-e/ha} \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa G_{ef} pada Tabel 2.7 adalah dalam bentuk $\text{CO}_2\text{-C}$.

Dengan menggunakan persamaan 2.8, jika $A = 1$ ha Untuk kebakaran terkendali,

$$L_{fire} = A \bullet M_B \bullet C_f \bullet G_{ef} \bullet 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} C_{fire} &= 1 * 155 \text{ (t/ha)} * 1 * 464 \text{ (g/kg)} * 10^{-3} \\ &= 72 \text{ t C/ha} = 264 \text{ t CO}_2\text{-e/ha} \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa G_{ef} pada Tabel 2.7 adalah $\text{CO}_2\text{-C}$.

Jika $BD = 0.09 \text{ t/m}^3$; $C_{org} = 0.5$ (IPCC 2013)

$$\begin{aligned} C \text{ density} &= BD * C_{org} \\ &= 0.045 \text{ t/m}^3 = 450 \text{ t C/(ha.m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi ketebalan gambut yang terbakar untuk } 72 \text{ t C/ha} \\ &= 72 \text{ t C/ha} : 450 \text{ t C/(ha.m)} = 0.16 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk kebakaran tidak terkendali = 0.36 m

Dampak “Kebakaran” Gambut

- “Kebakaran” gambut, membakar lapisan atas gambut & cadangan karbon, mengemisikan GRK, dan menyebabkan *subsidence*



Terbakar 6 hari, hilang gambut 25 cm
(Pulang Pisau, Kalteng, Okt 2014)

Terbakar 3 minggu, hilang gambut 100 cm,
(Kec. Pedamaran Timur, OKI, Sumsel, 2015)



SIMULASI

Soal 1: Seluas 5 ha lahan gambut pada lahan pertanian terbakar akibat kegiatan *local practice* (kebakaran terkendali)? Nilai faktor pembakaran (C_f) adalah 1 dan faktor emisi (G_{ef}) mengacu pada Tabel Presentasi PPT.

Pertanyaan:

- a. Berapa jumlah emisi CO_{2-e} dari kejadian kebakaran tersebut ?
- b. Berapa jumlah emisi metan (CH_4), dan Jumlah emisi setara CO_{2-e} (Apabila GWP metan adalah 25)
- c. Berapa emisi Karbon monoksida (CO), dan jumlah emisi setara CO_{2-e} (apabila GWP CO adalah 2)

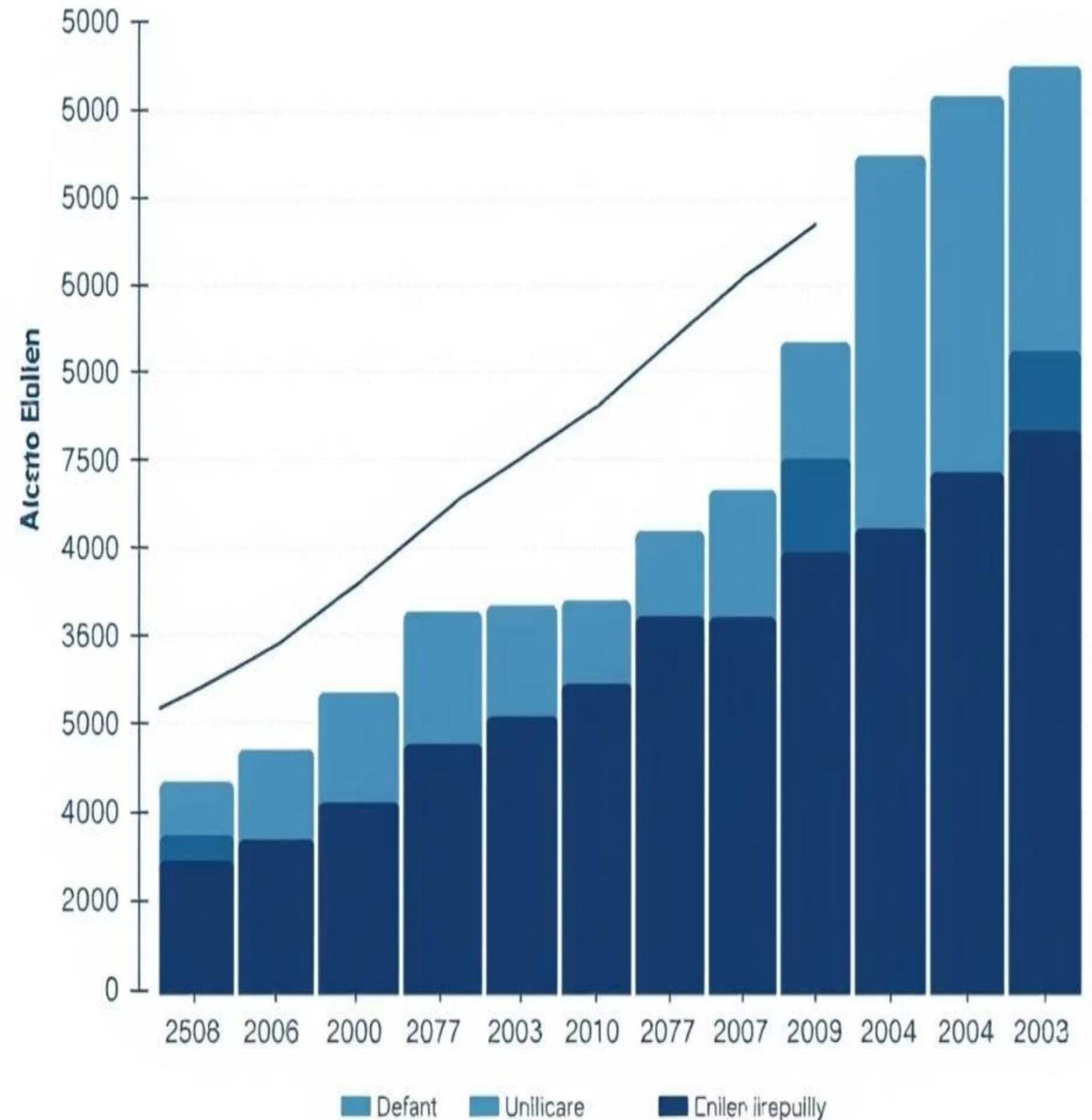
Soal 2: Seluas 10 ha lahan gambut pada lahan semak berlukar terbakar akibat kegiatan membuang puntung rokok sembarangan (kebakaran tidak terkendali). Nilai faktor pembakaran (C_f) adalah 1 dan faktor emisi (G_{ef}) mengacu pada Tabel Presentasi PPT.

Pertanyaan:

- a. Berapa jumlah total emisi CO_{2-e} dari kejadian kebakaran tersebut ?
- b. Berapa jumlah emisi metan (CH_4), dan Jumlah emisi setara CO_{2-e} (Apabila GWP metan adalah 25)
- c. Berapa emisi Karbon monoksida (CO), dan jumlah emisi setara CO_{2-e} (apabila GWP CO adalah 2)

Dokumentasi Hasil Perhitungan (MRV)

- Dokumentasi yang cermat dari data sumber dan metode perhitungan sangat penting untuk memastikan transparansi dan akurasi.
- **Pencatatan Detail:** Simpan semua data sumber dan langkah perhitungan.
- **Format IPCC:** Gunakan standar pelaporan yang konsisten.
- **Visualisasi Data:** Sajikan hasil dalam grafik dan peta untuk pemahaman mudah.
- **Transparansi:** Akurasi data mendukung kebijakan dan pelaporan nasional.



Leakage dan Permanensi perlu dikola, karena :

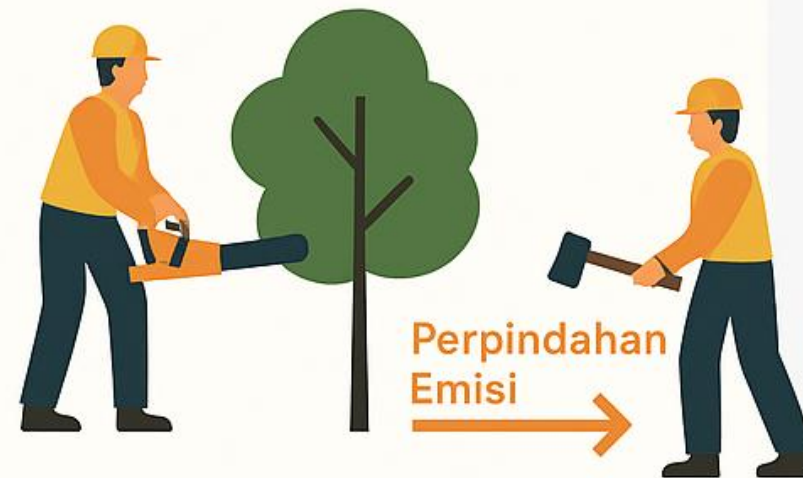
- Mengurangi efektivitas proyek karbon,
 - Bisa **mengurangi jumlah kredit karbon yang bisa diakui atau dijual**,
 - Perlu dimitigasi dan dihitung dalam dokumen teknis (misalnya dalam dokumen PDD – Project Design Document).
-
- Menjamin bahwa manfaat iklim dari proyek benar-benar **bertahan lama**,
 - Menjadi **syarat utama pengakuan internasional** (misal: Verra, Gold Standard),
 - Penghapusan permanensi bisa **membatalkan atau mengurangi kredit karbon**.

LEAKAGE / KEBOCORAN

Perpindahan emisi ke luar wilayah proyek

Risiko Utama

Emisi tidak benar-benar berkurang



Strategi Mitigasi

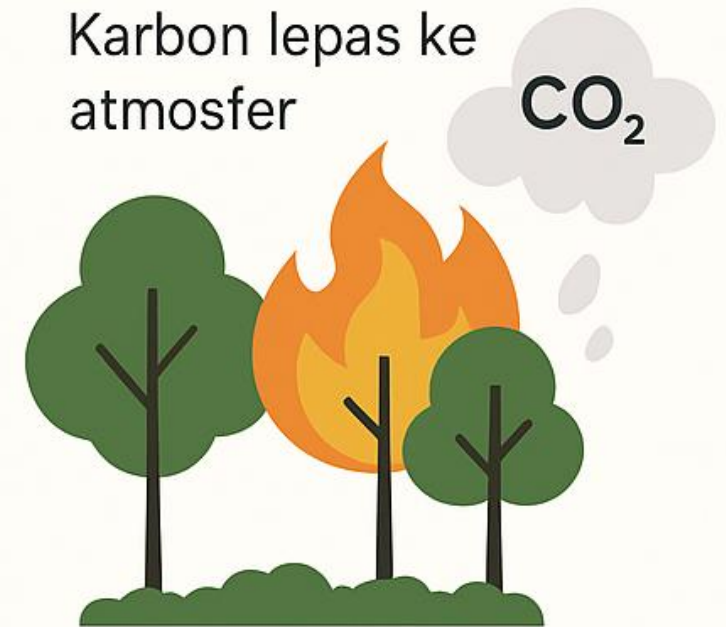
- Penataan tata guna lahan
- Pelibatan masyarakat

PERMANENCE PERMANENSI

Ketahanan karbon tersimpan dalam jangka panjang

Risiko Utama

Karbon lepas ke atmosfer



Strategi Mitigasi

- Patroli & pengawasan
- Asuransi karbon

A landscape photograph showing a stark contrast between a dry, cracked earth on the left and a lush green field on the right. A tree with bare branches stands on the left, while a tree with full green leaves stands on the right. The text 'TERIMA KASIH' is overlaid in the center.

TERIMA KASIH