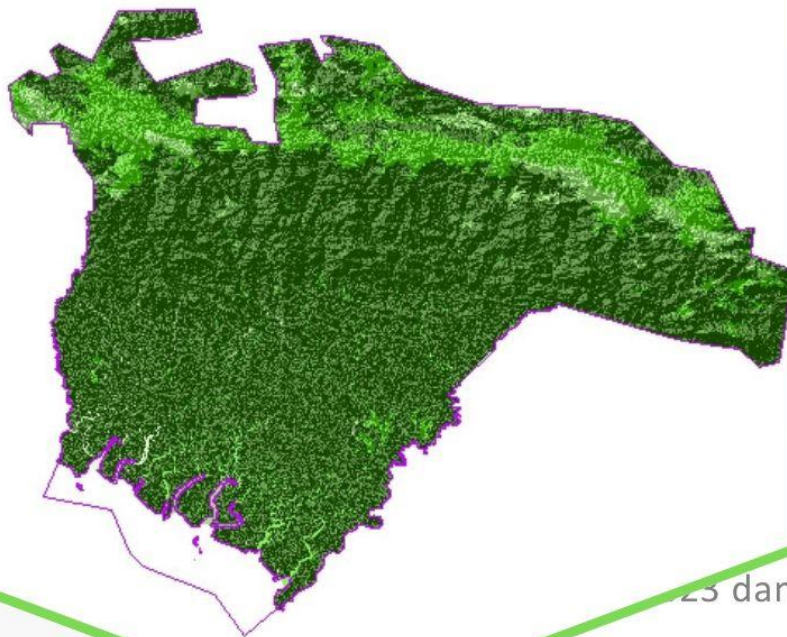




LAPORAN STOK KARBON & ESTIMASI EMISI

TAMAN NASIONAL LORENTZ
TAHUN 2025

LAPORAN PELAKSANAAN AKTUALISASI

**“PENYEDIAAN DATA STOK KARBON DAN ESTIMASI EMISI DI
KAWASAN TAMAN NASIONAL LORENTZ DENGAN MEMANFAATKAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) TAHUN 2025”**



KEMENTERIAN KEHUTANAN
DIREKTORAT JENDERAL KONSERVASI SUMBER DAYA ALAM DAN EKOSISTEM
BALAI TAMAN NASIONAL LORENTZ

Wamena, Desember 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusunan Laporan “Penyediaan data perhitungan stok karbon dan estimasi emisi di kawasan Taman Nasional Lorentz dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tahun 2025” dapat terselesaikan dengan baik.

Laporan ini berisi pemantauan menggunakan data tutupan lahan tahun 2023 dan 2024 untuk mengamati perubahan tutupan lahan Taman Nasional Lorentz. Lebih lanjut perhitungan ini berguna untuk mengetahui pendugaan stok karbon yang berada di dalam areal Taman Nasional Lorentz. Penyusun mengucapkan terima kasih atas penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang turut berpartisipasi dalam membantu terselesaikannya kegiatan serta penyusunan laporan ini.

Di sadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Kekeliruan dan perkembangan baru adalah hal-hal yang tidak dapat dihindarkan. Untuk itu penyusun sangat berterimakasih terhadap kritik dan saran penyempurnaan terhadap laporan ini

Wamena, Desember 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi.....	iii
Daftar Tabel	iii
Daftar Gambar.....	iii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	2
1.3. Sasaran Kegiatan.....	2
1.4. Manfaat Kegiatan	3
1.5. Ruang Lingkup Kegiatan	3
1.6. Output Kegiatan	3
1.7. Dasar Pelaksanaan Kegiatan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Perubahan Iklim	4
2.2. Gas Rumah Kaca (GRK).....	5
2.3. Emisi Karbon	6
2.4. Hutan	10
2.5. Deforestasi.....	13
2.6. Degradasi.....	13
III. METODE PERHITUNGAN DATA	15
3.1. Waktu Perhitungan data	15
3.2. Alat dan Bahan	15
3.3. Metode Pengolahan Data	15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Data Aktivitas.....	19
4.2. Pendugaan Stok Karbon dan Estimasi Emisi	21
4.3. Sebaran karbon.....	24
V. PENUTUP	25
4.4. Kesimpulan	25
LAMPIRAN	27

DAFTAR TABEL

	<i>Hal.</i>
Tabel 1. Cadangan karbon per hektar untuk 22 tipe tutupan lahan	8
Tabel 2. Cadangan karbon dan faktor emisi	9
Tabel 3. Pembagian kategori hutan ke dalam IPCC GL 2006	19
Tabel 4. Tutupan lahan tahun 2023	19
Tabel 5. Tutupan lahan tahun 2024	20
Tabel 6. Data jumlah stok karbon tahun 2023	22
Tabel 7. Data jumlah stok karbon tahun 2024	23
Tabel 8. Emisi karbon tahun 2023-2024	23

DAFTAR GAMBAR

	<i>Hal.</i>
Gambar 1. Grafik perubahan temperatur bumi sejak 1880-2017	4
Gambar 2. Faktor emisi	5
Gambar 3. Rumus cadangan karbon	16
Gambar 4. Tahapan pengolahan data	17
Gambar 5. Rumus Emisi karbon	17
Gambar 6. Peta tutupan lahan tahun 2023	20
Gambar 7. Peta tutupan lahan tahun 2024	21
Gambar 8. Total karbon di taman Nasional Lorentz	22
Gambar 9. Peta sebaran karbon taman nasional lorentz	24

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini, perubahan iklim menjadi salah satu isu penting yang menjadi perhatian masyarakat internasional setidaknya dalam satu hingga dua dekade terakhir. Hal ini disebabkan karena kekhawatiran akan dampak perubahan iklim terhadap aspek-aspek kehidupan umat manusia. Perubahan iklim itu sendiri merupakan fenomena global yang ditandai dengan perubahan suhu permukaan bumi dan memicu terjadinya berbagai anomali antara lain cuaca. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya perubahan iklim secara global umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia seperti eksploitasi hutan, konversi lahan, industrialisasi, dan kebakaran hutan dan lahan. Kegiatan-kegiatan di atas memicu peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di lapisan atmosfer bumi seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrogen dioksida (NO_2) serta secara bersamaan mengurangi kapasitas alami bumi dalam menyerap kembali gas-gas tersebut. Peningkatan konsentrasi GRK yang terperangkap di bumi menjadi salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global. Sekitar 20% peningkatan gas rumah kaca disebabkan oleh pelepasan CO_2 yang telah tersimpan selama ratusan hingga ribuan tahun sebagai biomassa di atas permukaan tanah (Tosiani, 2015).

Aktivitas pembangunan yang cukup tinggi di Indonesia telah menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara Indonesia sebagai salah satu negara yang menyumbangkan emisi terbesar di dunia, terutama emisi yang berasal dari deforestasi dan degradasi hutan serta lahan gambut (Tosiani, 2015). *Global carbon project* (GCP) sebuah organisasi yang berupaya mengukur emisi gas rumah kaca global dan penyebabnya, mengestimasi emisi karbon Indonesia sebanyak 487 juta ton (MtCO_2). Pada 2018 peneliti GCP menghitung kenaikan emisi CO_2 sebanyak 2 persen, dibandingkan tahun sebelumnya. Hal tersebut tentunya tidak lepas dari perubahan fungsi lahan hutan (deforestasi) (Jackson, 2019).

Forest watch Indonesia melaporkan angka deforestasi berapa periode tahun dalam bukunya berjudul Potret Keadaan Hutan Indonesia. Pada Tahun 2000 menampilkan angka laju deforestasi 2 juta hektar per tahun, pada periode 2000-2009 sebesar 1,5 juta hektar per tahun dan 1,1 juta hektar pertahun 2009-2013. Kali ini, *Forest Watch* Indonesia kembali melaporkan Keadaan Hutan Indonesia untuk periode 2013-2017, termasuk temuan bahwa angka laju deforestasi pada periode ini adalah 1,47 juta per tahun (Jackson, 2019)

Nationally Determined Contributions (NDC) Indonesia menargetkan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 29% pada tahun 2023, sektor yang menjadi fokus kehutanan (17,2%), energi (11%), pertanian (0,23%), industri (0,10%) dan limbah (0,38%). Dari data tersebut disimpulkan bahwa sektor kehutanan memiliki peran besar dalam mencapai target penurunan emisi gas rumah kaca.

Taman Nasional Lorentz adalah kawasan konservasi terbesar di Asia Tenggara dengan ekosistem yang sangat lengkap, mulai dari vegetasi alpin hingga lahan basah dan mangrove. Hutan primer yang padat di kawasan ini menyimpan biomassa yang sangat besar, yang berarti juga menyimpan stok karbon yang sangat tinggi. Perhitungan stok karbon di berbagai tipe tutupan lahan akan memberikan gambaran kuantitatif tentang seberapa banyak karbon yang saat ini tersimpan di dalam kawasan tersebut. Meskipun sebagai kawasan konservasi, Taman Nasional Lorentz tidak luput dari ancaman. Proyek-proyek pembangunan, seperti Jalan Trans Papua, serta potensi penebangan liar atau kebakaran, dapat menyebabkan pelepasan karbon dalam jumlah besar. Dengan mengukur potensi emisi. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim dengan melakukan perhitungan stok karbon dan seberapa besar emisi yang dihasilkan.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan laporan stok karbon dan estimasi emisi ini adalah untuk mengetahui cadangan stok karbon yang tersimpan di berbagai kelas tutupan lahan dan menghitung perkiraan jumlah emisi yang lepas dari berkurangnya tutupan lahan akibat deforestasi. Tujuan dari pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan data dan informasi mengenai potensi cadangan karbon yang tersimpan di kawasan Taman Nasional Lorentz .
2. Menjadi bahan evaluasi sejauh mana upaya pengelolaan dan perlindungan kawasan yang dilakukan oleh Balai Taman Nasional Lorentz.
3. Menyediakan informasi untuk perencanaan kegiatan, khususnya dalam menentukan areal yang diintervensi untuk kegiatan penanaman dan perlindungan untuk mencegah hilangnya stok karbon.
4. Membuka peluang pemanfaatan potensi jasa lingkungan .

1.3. Sasaran Kegiatan

Sasaran kegiatan ini adalah untuk menghasilkan data stok karbon di setiap kelas tutupan lahan kawasan Taman Nasional Lorentz, disertai dengan peta sebaran karbon. Selain itu, kegiatan ini ditujukan untuk mendapatkan angka estimasi emisi CO₂ dari

setiap perubahan tutupan lahan.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi bahan untuk melakukan aksi mitigasi perubahan iklim.
2. Dapat mengidentifikasi secara tepat lokasi-lokasi dengan cadangan karbon yang tinggi untuk diprioritaskan untuk dilindungi.

1.5. Memantau perubahan tutupan lahan, sehingga dapat mengetahui luas degradasi dan deforestasi .Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan, meliputi : Mempersiapkan data spasial tutupan lahan tahun 2023 dan 2024, mencari literatur faktor cadangan karbon sub Nasional Pulau Papua.
2. Pelaksanaan, meliputi : pengolahan data spasial tutupan lahan dan menghitung cadangan stok karbon.
3. Penyusunan laporan.

1.6. Output Kegiatan

Output yang diharapkan dari pelaksanaan kegiatan perhitungan stok karbon dan estimasi emisi di kawasan Taman Nasional Lorentz berbasis SIG adalah tersedianya data stok karbon dan estimasi emisi tahun 2025 dengan menggunakan data tutupan lahan tahun 2023-2024 serta peta stok karbon.

1.7. Dasar Pelaksanaan

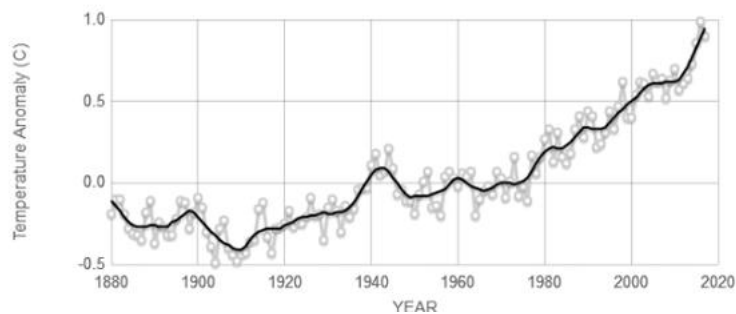
Dasar hukum yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut :

1. Peraturan Presiden Nomor 98 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk pencapaian Target NDC dan pengendalian Emisi Karbon dalam Pembangunan Nasional;
2. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 21 Tahun 2022 tentang Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon;
3. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 7 tahun 2023 tentang Perdagangan Karbon Sektor Kehutanan;
4. Peraturan Presiden Nomor 110 tahun 2025 tentang Penyelenggaraan Instrumen Nilai Ekonomi Karbon dan Pengendalian Emisi Nasional.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim adalah perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu (biasanya terjadi setiap ratusan tahun) baik secara variabilitas alami maupun pengaruh dari aktifitas manusia (Lasco, 2007). Perubahan iklim terjadi akibat adanya peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi yang di sebut global warming (Sumampouw, 2019). Sejak tahun 1900, suhu permukaan rata-rata global meningkat sekitar 1°C ($1,8^{\circ}\text{F}$), ini telah disertai dengan pemanasan laut, kenaikan permukaan laut, penurunan kuat es di arktik, peningkatan frekuensi dan intensitas gelombang panas yang meluas dan banyak efek iklim terkait lainnya. Pasca revolusi industri berdampak pada penurunan kualitas lingkungan seperti pemanasan global. Pemanasan global menimbulkan dampak turunan seperti kenaikan permukaan air laut dan perubahan iklim. Perubahan temperatur sejak revolusi industri dapat dilihat dari grafik di bawah ini.



Gambar 1. Grafik Perubahan temperatur di Bumi sejak tahun 1880 – 2017
(climate.nasa.gov)

Perubahan iklim diyakini sebagai akibat dari meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di permukaan bumi sehingga menimbulkan pemanasan global yang pada gilirannya membuat perilaku iklim berubah dari keadaan normalnya (Lasco, 2007), sehingga dapat meningkatkan ketidakstabilan iklim yang lebih luas.

Perubahan iklim berpengaruh negatif terhadap keberlangsungan hidup setiap makhluk di muka bumi. Mengurangi emisi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O) dengan mempertahankan keutuhan hutan alami dan meningkatkan kerapatan populasi pepohonan di luar hutan dapat menjadi salah satu upaya untuk mengendalikan perubahan iklim.

2.2. Gas Rumah Kaca (GRK)

Gas rumah kaca ialah gas yang berada di atmosfer baik yang terbentuk secara alami maupun antropogenik, yang memancarkan dan menyerap radiasi inframerah menyebabkan efek rumah kaca. Gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2) menyerap panas (radiasi inframerah) yang dipancarkan dari permukaan bumi. Peningkatan gas-gas asam arang atau karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4) dan nitrogen oksida (N_2O) mempengaruhi keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer dan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca sehingga membahayakan iklim bumi dan keseimbangan ekosistem.

Peningkatan emisi rumah kaca di atmosfer secara berlebihan akibat penggunaan bahan bakar fosil, deforestasi dan aktivitas manusia lainnya akan menyebabkan 5 fenomena pemanasan global dan menipisnya lapisan ozon. Aktivitas manusia terutama pembakaran bahan bakar fosil sejak awal revolusi industri telah menyebabkan peningkatan konsentrasi CO_2 lebih dari 40% di atmosfer. Peningkatan konsentrasi gas di atmosfer ini menyebabkan bumi menjadi hangat dengan menyerap lebih banyak panas.

Salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca (GRK) ialah perubahan penggunaan lahan dan hutan dengan nilai sebesar 18-20% dari total emisi dengan estimasi karbon yang di emisi setiap tahun sebesar 1,6 milyar ton. Perubahan penggunaan lahan merupakan pendorong penting perubahan iklim global. Emisi dari perubahan penggunaan lahan terjadi melalui pelepasan karbon yang disebabkan oleh konversi lahan dari satu kategori penggunaan lahan ke kategori lain dengan kepadatan karbon berbeda (misalnya dari lahan hutan ke lahan pertanian) atau oleh perubahan intensitas penggunaan lahan dalam penggunaan lahan kategori tertentu (misalnya konversi hutan yang diregenerasi secara alami menjadi perkebunan).

Adapun gas rumah kaca diantaranya: karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen oksida (NO_x) yang terdiri dari gas nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2), chloroflourokarbon (CFC) yang terbagi meliputi haloflourokarbon (HFC) dan perfluorokarbon (PFC).

2.3. Emisi Karbon

Emisi karbon ialah pelepasan karbon ke atmosfer secara alami, berbagai mekanisme terjadi pada proses pelepasan karbon hutan seperti respirasi makhluk hidup, dekomposisi bahan organik serta pembakaran biomassa. Tumbuhan tidak hanya melakukan proses fotosintesis untuk merubah karbon dioksida (CO₂), menjadi 6 oksigen (O₂) namun juga melakukan proses respirasi CO₂ namun proses ini tidak signifikan karena CO₂ yang dilepas dapat diserap Kembali pada proses fotosintesa (Manuri, 2011).

Karbon merupakan salah satu unsur dengan jumlah yang cukup banyak di bumi, unsur ini merupakan pembentuk utama bahan organik termasuk makhluk hidup bahkan setengah dari organisme hidup merupakan karbon. Oleh karena itu karbon secara alami lebih banyak tersimpan di darat dan laut dari pada di atmosfer (Manuri, 2011). Kegiatan penggunaan lahan, perubahan penggunaan lahan dan kehutanan (LULUCF) adalah sumber utama emisi karbon dan kontributor aktif terhadap pemanasan global.

Menghitung emisi karbon di atmosfer digunakan metode IPCC (Inter Governmental Panel on Climate Change) Guideline 2006 yang telah diakui secara internasional. Untuk pendugaan emisi karbon selanjutnya nilai stock karbon dikalikan dengan 3,67 agar mendapatkan nilai kesetaraan terhadap Carbon Dioxide Equivalent (CO₂-eq) (Tosiani,2015).

Prinsip dasar perhitungan emisi menggunakan IPCC GL 2006.

$$\text{emisi Karbon} = \text{Faktor Emisi} \times \text{data aktivitas}$$

Keterangan:

Emisi karbon (Ton CO₂) : Besaran emisi yang dihasilkan (2.1)

Faktor Emisi (Ton C/ ha) : Besaran emisi GRK yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu.

Data aktivitas (Ha) : Perubahan luas penggunaan lahan

Perubahan penggunaan lahan akan mengalami penyerapan karbon apabila terjadi perubahan dari lahan yang memiliki nilai karbon rendah menjadi lahan yang memiliki nilai karbon tinggi misalnya dari semak menjadi lahan hutan kering sekunder maka akan terjadi penyerapan karbon, sedangkan pada tutupan lahan yang tidak mengalami perubahan tidak akan terjadi emisi maupun penyerapan. Kemudian dari hasil perubahan lahan dihitung nilai emisi karbonnya menggunakan rumus IPCC guideline 2006. Kemudian nilai cadangan karbon dikalikan dengan 3,67 untuk mendapatkan nilai

kesetaraan terhadap karbon dioksida ekuivalen (Co₂ eq).

Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon selain tanah itu sendiri. Pada tanah gambut, jumlah simpanan karbon mungkin lebih besar dibandingkan dengan simpanan karbon yang ada di atas permukaan. Karbon juga masih tersimpan pada bahan organik mati dan produk-produk berbasis biomassa seperti produk kayu baik ketika masih dipergunakan maupun sudah berada di tempat penimbunan. Kantong karbon sebagai wadah berkapasitas yang akan menyimpan karbon dan juga akan melepaskannya ke atmosfer, karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer. Karbon hutan tersimpan dalam bentuk biomassa sehingga kandungan karbon hutan dapat diketahui dengan memperkirakan kandungan biomassa hutan. Biomassa hutan ialah jumlah total bobot kering semua bagian tumbuhan hidup, baik untuk seluruh tubuh atau hanya sebagian tubuh organisme, populasi atau komunitas dan dinyatakan dalam berat kering oven per satuan area (Ton/unit area).

Terdapat 4 kantong karbon (karbon pool) dalam inventarisasi hutan diantaranya ialah: biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati, dan karbon organik tanah.

- a. Biomassa atas permukaan ialah semua material hidup yang berada di atas permukaan tanah, seperti batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi, baik yang berada pada strata pohon maupun strata tumbuhan bawah di hutan.
- b. Biomassa bawah permukaan tanah merupakan biomassa dari akar tumbuhan yang masih hidup. Akar yang dimaksud ialah akar dengan ukuran tertentu karena akar tumbuhan yang berdiameter lebih kecil dari ketentuan biasanya sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan serasah
- c. Bahan organik mati yaitu kayu mati dan juga serasah. Semua bahan organik mati dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di atas permukaan tanah dapat disebut sebagai serasah. Semua bahan organik mati yang tercakup dalam serasah baik yang masih tegak ataupun yang sudah roboh di tanah ialah kayu mati, akar mati, dan tunggul dengan diameter yang telah ditetapkan.
- d. Karbon organik tanah mencakup semua karbon dalam tanah mineral maupun tanah organik termasuk gambut.

Tabel 1. Cadangan Karbon Per Hektar Untuk 22 Tipe Penutupan Lahan Skala Nasional (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

Setiap penutupan lahan memiliki nilai cadangan karbon yang berbeda dengan (Ton C/ha) seperti pada tabel dengan tutupan lahan hutan skala nasional, nilai cadangan karbon ini digunakan dalam perhitungan emisi karbon.

No	PL_ID	ACR	PL_NAME	Mean AGB (ton/ha)	Mean AGC (ton/ha)	
1	2001	HP	Hutan Lahan Kering Primer	239,1	112,38	412,42
2	2002	HS	Hutan Lahan Kering Sekunder	180,4	84,79	311,17
3	2004	HMP	Hutan Mangrove Primer	263,9	124,03	455,20
4	20041	HMS	Hutan Mangrove Sekunder	201,7	94,80	347,91
5	2005	HRP	Hutan Rawa Primer	178,8	84,04	308,41
6	20051	HRS	Hutan Rawa Sekunder	145,7	68,48	251,32
7	2006	HT	Hutan Tanaman	64	30,08	110,39
8	2010	PK	Perkebunan	63	29,61	108,67
9	2007	B	Semak Belukar	30	14,10	51,75
10	20071	BR	Semak Belukar Rawa	30	14,10	51,75
11	20092	PC	Pertanian Lahan Kering Campur	30	14,10	51,75
12	20091	PT	Pertanian Lahan Kering	10	4,70	17,25
13	20122	TR	Transmigrasi	10	4,70	17,25
14	2012	PM	Pemukiman	5	2,35	8,62
15	3000	S	Savanna/ Padang rumput	4,5	2,12	7,76
16	2014	T	Tanah Terbuka	2,5	1,18	4,31
17	20093	SW	Sawah	2	0,94	3,45
18	20094	TM	Tambak	0	0	0,00
19	5001	A	Badan Air	0	0	0,00
20	50011	RW	Rawa	0	0	0,00
21	20121	BDR	Bandara/ Pelabuhan	0	0	0,00
22	20141	PB	Pertambangan	0	0	0,00
23	2500	AW	Awan	0	0	0,00

Tabel 2. Cadangan karbon dan faktor emisi

Untuk cadangan karbon kelas penutupan berhutan skala sub nasional disajikan pada tabel 2.2. Faktor emisi diperoleh dengan menggunakan data acuan (default) cadangan karbon dari semua tutupan lahan. Angka acuan nilai representatif setiap jenis tutupan lahan dihasilkan dari penelitian atau inventarisasi nasional yang dirata-ratakan (Tosiani, 2015). Kemampuan mengemisi atau menyerap gas rumah kaca dari satuan unit kategori lahan dikonversi dalam (ton CO₂/ biomas Ha/tahun), untuk sektor berbasis lahan termasuk kehutanan data aktivitas merupakan luas areal setiap kategori emisi serapan (IPCC, 2006 dalam Lugina, 2016). Nilai konversi karbon ke CO₂-eq digunakan 3,67 sedangkan dari biomassa ke karbon digunakan 0,50 (Tosiani, 2015). Setiap data aktivitas dan faktor emisi memiliki tingkat kerincian yang disebut tier, tier menggambarkan kompleksitas metodologi yang digunakan (IPCC, 2006 dalam Lugina, 2016).

Lampiran

Faktor Emisi Deforestasi dan Degradasi Hutan

Forest Classes	Emission Factors of Deforestation (tCO ₂ -e)						
	JAWA	KALIMANTAN	MALUKU	NUSABALI	PAPUA	SULAWESI	SUMATERA
Primary Dryland Forest	458,8	464,7	519,9	473,3	412,4	474,7	463,3
Secondary Dryland Forest	294,1	350,7	383,1	280,6	311,2	356,2	314,3
Primary Mangrove Forest	455,2	455,2	455,2	455,2	455,2	455,2	455,2
Primay Swamp Forest	332,5	474,0	332,5	332,5	308,4	369,8	380,9
Secondary Mangrove Forest	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0
Secondary Swamp Forest	274,8	294,1	274,8	274,8	251,3	221,3	261,1

Note : If not avaiable data for the emission factor by island, used National Average

ForestClasses	Emission Factors of Forest Degradation (tCO ₂ -e)						
	JAWA	KALIMANTAN	MALUKU	NUSABALI	PAPUA	SULAWESI	SUMATERA
Primary Dryland Forest	164,7	114,0	136,8	192,7	101,3	118,5	149,0
Secondary Dryland Forest	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3
Primary Mangrove Forest	57,7	179,9	57,7	57,7	57,1	148,5	119,7

Note : If not avaiable data for the emission factor by island, used National Average

Sumber: Direktur Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, *Emissions Reduction Report for the Indonesia-Norway Partnership*, 2019

Gambar 2. Faktor Emisi

2.4. Hutan

Menurut Undang-undang Nomor 41 Tahun 1999, pengertian hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungan, yang satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan. Kawasan hutan di Indonesia mencapai luas 137 juta ha atau sekitar 60 persen dari luas total. Indonesia sebagai salah satu negara dengan luas hutan terbesar di dunia, membuat sektor kehutanan dan sektor berbasis lainnya menjadi sumber utama terjadinya emisi gas rumah kaca (GRK), ditambah dengan tingginya laju deforestasi dan degradasi lahan gambut di sejumlah wilayah (Krisnawati, 2014). Hutan berperan penting dalam upaya mengurangi efek gas rumah kaca, dengan menyerap karbon yang ada di atmosfer. Hutan gambut menjadi salah satu jenis hutan yang mampu menyimpan karbon dengan jumlah terbesar, secara global biomassa pada lahan gambut mampu menyimpan sekitar 329-525 Gt C atau 15-35% dari total karbon terestris.

Akumulasi gas rumah kaca akibat perubahan lahan dan kehutanan diperkirakan sebesar 20% dari total emisi global yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Sebagian besar jumlah karbon yang berasal dari makhluk hidup bersumber dari hutan. Pelepasan karbon ke atmosfer terjadi sebanyak tingkat kerusakan hutan (Manuri, 2011).

Pembagian kelas hutan yang dilakukan oleh Kementerian Kehutanan (Dirjen Planologi) maka hutan Indonesia dapat dikelompokkan pada tabel 2.5 (IPCC, 2006):

Tabel 3. Pembagian kategori hutan Indonesia ke dalam IPCC GL 2006

No.	Kategori IPCC 2006	Kategori Hutan
1	FL	Hutan Lahan Kering Primer
2	FL	Hutan Rawa Primer
3	FL	Hutan Mangrove Primer
4	FL	Hutan Lahan kering Sekunder
5	FL	Hutan rawa Sekunder
6	FL	Hutan Mangrove sekunder
7	FL	Hutan tanaman
		Areal Penggunaan Lain (APL)
8	GL	Belukar
9	WL	Belukar Rawa
10	OL	Tanah Terbuka
11	WL	Rawa
12	CL	Pertanian
13	CL	Pertanian Campur Semak
14	CL	Transmigrasi
15	S	Permukiman
16	GL	Padang Rumput
17	CL	Sawah
18	CL	Perkebunan
19	OL	Tambak
20	OL	Bandara/Pelabuhan
21	-	Tubuh Air
22	-	Awan

Hutan primer menyimpan karbon tertinggi jika dibandingkan dengan penggunaan lahan lain. Penyimpanan karbon dalam hutan terjadi melalui pertumbuhan pohon dan peningkatan karbon di dalam tanah. LULUCF IPCC GPG 2003 dan GL 2006, membagi

kategori lahan ke dalam 6 kategori yaitu: (1) Forest land, (2) Grassland, (3) Cropland, (4) Wetland, (5) Settlement, dan (6) Other land. Setiap kategori tersebut memiliki potensi GRK masing-masing tergantung dari kegiatan yang terjadi pada masing-masing penggunaan lahan. Kategori lahan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Lahan Hutan (*Forest land*)

Kategori ini mencakup semua lahan dengan vegetasi berkayu yang sesuai dengan ambang batas yang digunakan menetapkan kawasan hutan dalam inventarisasi gas rumah kaca nasional. Ini juga termasuk sistem dengan struktur vegetasi yang saat ini berada di bawah, tetapi secara in situ berpotensi mencapai nilai ambang batas yang digunakan suatu negara untuk menentukan kategori lahan hutan.

2. Lahan Pertanian (*Cropland*)

Kategori ini mencakup lahan pertanian, termasuk sawah, dan sistem wanatani dimana struktur vegetasi berada di bawah ambang batas yang digunakan untuk kategori lahan hutan.

3. Padang Rumput (*Gras Land*)

Kategori ini mencakup padang penggembalaan dan padang rumput yang tidak dianggap sebagai lahan pertanian. Ini juga mencakup sistem dengan vegetasi berkayu dan vegetasi non-rumput lainnya seperti: herba dan semak belukar yang berada di bawah nilai ambang batas yang digunakan dalam kategori lahan hutan. Kategori ini juga mencakup semua padang rumput dari tanah liar hingga tempat rekreasi serta sistem pertanian dan silvi-pastural, konsisten dengan definisi nasional.

4. Lahan Basah (*Wetlands*)

Kategori ini mencakup area ekstraksi gambut dan lahan yang tertutup atau jenuh oleh air untuk semua atau sebagian tahun (misalnya, lahan gambut) dan yang tidak jatuh ke dalam hutan kategori tanah, lahan pertanian, padang rumput, atau pemukiman. Ini termasuk waduk sebagai yang dikelola sub bagian dan sungai dan danau alam sebagai sub bagian yang tidak dikelola.

5. Pemukiman (*Settlements*)

Kategori ini mencakup semua lahan yang dikembangkan, termasuk infrastruktur transportasi dan pemukiman manusia dalam berbagai ukuran, kecuali jika sudah termasuk dalam kategori lain. Ini harus konsisten dengan definisi nasional.

6. Tanah Lain (*Other Land*)

Kategori ini mencakup tanah gundul, batu, es, dan semua area daratan yang tidak

termasuk dalam dari lima kategori lainnya. Hal ini memungkinkan total luas lahan yang diidentifikasi untuk mencocokkan nasional daerah, di mana data tersedia. Jika data tersedia, negara didorong untuk mengklasifikasikan lahan yang tidak dikelola menurut kategori penggunaan lahan di atas (misalnya, menjadi kawasan hutan yang tidak dikelola, padang rumput tidak terkelola, dan lahan basah tidak terkelola). Ini akan meningkatkan transparansi dan meningkatkan kemampuan untuk melacak konversi penggunaan lahan dari jenis tertentu dari lahan yang tidak dikelola ke dalam kategori di atas.

2.5. Deforestasi

Deforestasi adalah luas tutupan lahan hutan yang mengalami penurunan disebabkan oleh konvensi lahan hutan untuk penggunaan lahan lain seperti pemukiman, pertanian, perkebunan, pertambangan dan infrastruktur. Deforestasi adalah bentuk kehilangan lahan hutan yang merupakan ancaman bagi makhluk hidup karena deforestasi berdampak langsung pada pemanasan global. Deforestasi juga dapat diartikan sebagai perubahan lahan hutan menjadi non-hutan akibat aktivitas manusia. Pemicu deforestasi dan degradasi lahan tentu berbeda, pemicu deforestasi ialah penebangan pohon dan konversi dari penggunaan hutan ke penggunaan lahan lain seperti pertanian, pertambangan dan sebagainya, dengan asumsi bahwa vegetasi hutan tidak diharapkan secara alami tumbuh kembali di daerah itu. Perubahan penggunaan lahan (ke pertanian) telah diidentifikasi sebagai penyebab deforestasi. Deforestasi sekarang menambah lebih banyak karbon ke atmosfer daripada berasal dari global yang intensif bahan bakar fosil sektor transportasi. Deforestasi tropis yang tinggi telah berdampak parah bagi perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, banjir, pendangkalan dan degradasi tanah. Selanjutnya, deforestasi menimbulkan ancaman terhadap mata pencaharian dan integritas budaya masyarakat yang bergantung pada hutan dan pasokan kayu dan non-kayu, hasil hutan untuk generasi mendatang.

2.6. Degradasi

Kegiatan degradasi hutan menjadi salah satu penyebab terjadinya pelepasan karbon dalam jumlah yang besar ke atmosfer. Dampak degradasi tersebut adalah terlepasnya biomassa karbon dalam tumbuhan dan memicu terjadinya degradasi tanah yang menyebabkan terlepasnya karbon dari bahan organik tanah. Perubahan vegetasi lahan juga menjadi penyebab terhambatnya proses penyerapan karbon, sehingga mengurangi

fungsi hutan dalam menyerap karbon. Hal yang sama terjadi dalam proses degradasi hutan. Perubahan penutupan lahan hutan menjadi budidaya pertanian menyebabkan berkurangnya serapan karbon karena serapan karbon tanaman budidaya pertanian tidak sebesar serapan karbon hutan. Degradasi lahan adalah proses penurunan produktivitas lahan baik yang sifatnya sementara maupun tetap. Dalam definisi lain lahan yang terdegradasi sering disebut lahan tidak produktif, lahan kritis atau lahan tidur yang dibiarkan terlantar tidak digarap dan umumnya di tumbuh semak belukar. Proses degradasi lahan dimulai dengan tidak terkontrolnya konversi hutan, dan usaha pertambangan kemudian diikuti dengan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan potensi dan pengelolaan lahan yang kurang tepat. Lahan yang terdegradasi, baik di tanah mineral maupun gambut menjadi sumber emisi gas rumah kaca (GRK) karena lahan yang terdegradasi rentan terhadap kebakaran di musim kemarau panjang. Pohon mati atau batang pohon yang rebah masih banyak dijumpai di hutan yang terdegradasi. Sekitar 80% pohon mati atau batang rebah dari total bahan organik mati terdapat di hutan bekas terbakar. Oleh karena itu bahan organik mati khususnya batang dan pohon merupakan sumber penting yang perlu diperhitungkan di hutan terdegradasi rawan kebakaran.

Degradasi lahan umumnya disebabkan oleh pengelolaan kawasan hutan yang tidak lestari baik oleh pemegang Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu (IUPHHK) ataupun karena pembalakan yang dilakukan oleh pihak yang tidak memiliki IUPHHK. Degradasi hutan menunjukkan penipisan kanopi dan hilangnya karbon di hutan yang tersisa, di mana kerusakan tidak terkait dengan perubahan penggunaan lahan dan di mana, jika tidak terhambat, diharapkan hutan dapat tumbuh Kembali. Degradasi hutan seringkali secara tidak langsung dapat menyebabkan deforestasi melalui berbagai jalur (misalnya, penebangan operasi menyediakan akses yang lebih mudah bagi petani). Penggundulan hutan juga dapat diakibatkan oleh pembukaan lahan untuk penambangan terbuka, urban sprawl atau penggunaan lainnya.

III. METODE PERHITUNGAN DATA

1. Waktu perhitungan data

Waktu penelitian dilakukan selama 10 hari kerja, terhitung dari tanggal 24 November s/d 5 Desember 2025. Waktu perhitungan meliputi perhitungan luasan tutupan lahan dan faktor emisi, sampai dengan pengolahan data.

2. Alat dan bahan

Alat yang digunakan untuk analisa data tutupan lahan adalah seperangkat komputer yang sudah di install software ArcGIS 10.8. Sedangkan bahan yang digunakan dalam pendugaan stok karbon dan emisi pada kawasan Taman Nasional Lorentz adalah :

- a. Data tutupan lahan tahun 2023-2024
- b. Data cadangan karbon dan faktor emisi
- c. Batas kawasan Taman Nasional Lorentz

3. Metode pengolahan data

Metode stock-difference merupakan metode untuk menghitung stok karbon yang didasarkan pada stock-based approach, yaitu estimasi stok karbon pada setiap pool karbon dengan mengukur stok aktual biomassa pada periode awal dan akhir penghitungan (Tosiani, 2015).

Metode stock difference cocok digunakan pada negara-negara yang mempunyai sistem inventarisasi nasional untuk hutan dan penggunaan lahan yang lain, di mana stok biomassa setiap pool dapat diukur secara periodik. Metode stock difference menggunakan persamaan sebagai berikut (Tosiani, 2015):

$$\Delta C = (C_{t2} - C_{t1}) / (t_2 - t_1)$$

di mana : ΔC = perubahan stok karbon tahunan pada setiap pool (tC/tahun)

C_{t1} = stok karbon setiap pool di awal (tC)

C_{t2} = stok karbon setiap pool di akhir (tC)

Metode ini memperkirakan perbedaan cadangan karbon pada suatu selang waktu tertentu, misalnya satu siklus hutan tanaman. Lahan yang penutupan lahannya tidak berubah dalam periode waktu tertentu, diasumsi tidak mengemisi atau menyerap karbon (emisi dan serapan nol). Untuk lahan yang mengalami perubahan penutupan lahan akan

mengemisikan/menyerap karbon sejumlah karbon yang dikandung oleh tutupan lahan awal dikurangi dengan cadangan karbon tutupan lahan berikutnya. Untuk sistem dengan suatu siklus pertumbuhan teratur, cadangan karbon yang digunakan adalah cadangan karbon rata-rata waktu (Tosiani, 2015).

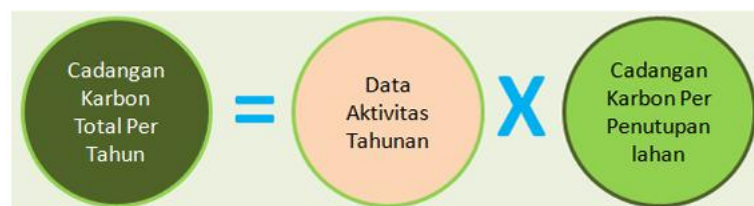
Jika penutupan lahan awal adalah hutan sekunder dengan cadangan karbon 132,99 t/ha mengalami perubahan menjadi semak belukar dengan cadangan karbon rata-rata 30 t/ha, maka perubahan tutupan lahan tersebut mengemisikan karbon sebanyak $(132,9-30)$ t/ha = 102,9 ton C/ha atau 377,6 ton CO₂-eq/ha (Tosiani, 2015).

Metode *Stock-Difference* dalam perhitungan serapan dan emisi dilakukan melalui tiga tahapan yaitu :

1. Menghitung cadangan karbon

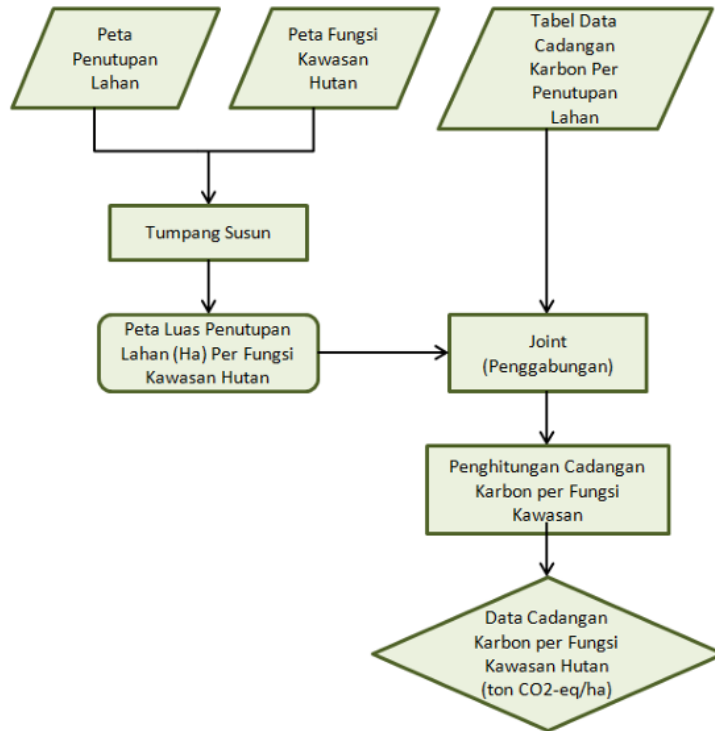
Cadangan karbon yang dihitung dalam pelatihan ini adalah karbon di atas permukaan (Above Ground Carbon). Nilai Cadangan karbon di atas permukaan tanah untuk tiap tipe penutupan lahan diperoleh dari hasil analisa data inventarisasi hutan hasil pengukuran Sample Plot di dalam kawasan.

Penghitungan cadangan karbon dilakukan dengan menghitung luas dari masing-masing tipe penutupan lahan pada tahun yang berbeda, misal 2022 dan 2023. Luas setiap tipe penutupan lahan dikalikan dengan angka cadangan karbonnya, kemudian dijumlah total cadangan karbon per tahun (Tosiani,2015).



Gambar 3. Rumus cadangan karbon

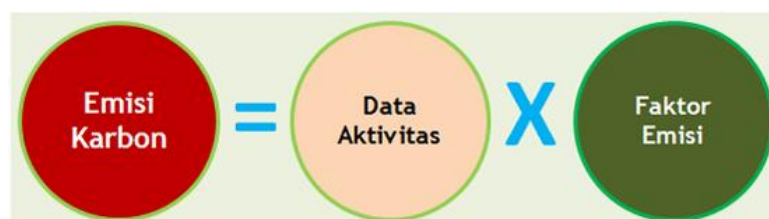
Cadangan karbon juga dihitung berdasarkan luas penutupan lahan di setiap fungsi kawasan hutan. Angka cadangan karbon ini dihitung dengan analisa spasial menggunakan ArcGIS melalui tahapan seperti pada gambar berikut (Tosiani, 2015).



Gambar 4. Tahapan Pengolahan data

2. Menghitung emisi karbon

Penghitungan emisi dan serapan karbon menggunakan data penutupan lahan dua tahun yang berbeda yang telah ditumpang susunkan (overlay) tahun 2023 sampai 2024.



Gambar 5. Rumus Emisi Karbon

Contoh untuk menghitung faktor emisi adalah, misal pada sebuah bentang lahan, memiliki penutupan lahan awal sebagai hutan lahan kering primer dengan cadangan karbon sebesar 176,10 ton/ha. Setelah beberapa waktu terjadi perubahan penutupan lahan menjadi hutan lahan kering sekunder dengan cadangan karbon 103,59 ton/ha maka factor emisi dari adanya perubahan penutupan lahan tersebut adalah :

$$\begin{aligned}\text{Faktor emisi} &= 176,10 \text{ ton/ha} - 103,59 \text{ ton/ha} \\ &= 72,51 \text{ ton/ha}\end{aligned}$$

Hal ini berarti perubahan penutupan lahan dari kelas hutan lahan kering primer menjadi hutan lahan kering sekunder tersebut telah mengemisi karbon sebesar 72,51 ton/ha.

Serapan maupun emisi karbon umumnya dinyatakan dengan satuan CO₂ equivalen dengan factor pengali sebesar 3,67. Angka 3,67 adalah angka konfersi dari C yang memiliki massa atom 12 ke CO₂ yang memiliki massa atom 44 sehingga diperoleh angka konfersi $44/12 = 3,67$.

Luas masing-masing penutupan lahan dan perubahannya dari perhitungan 1 disajikan dalam bentuk matriks perubahan penutupan lahan. Angka perubahan penutupan lahan ini menunjukkan adanya peningkatan atau penurunan cadangan karbon per hektar, sekaligus dijadikan dasar dalam perhitungan serapan/emisi karbon (Tosiani, 2015).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Aktivitas (Activity Data)

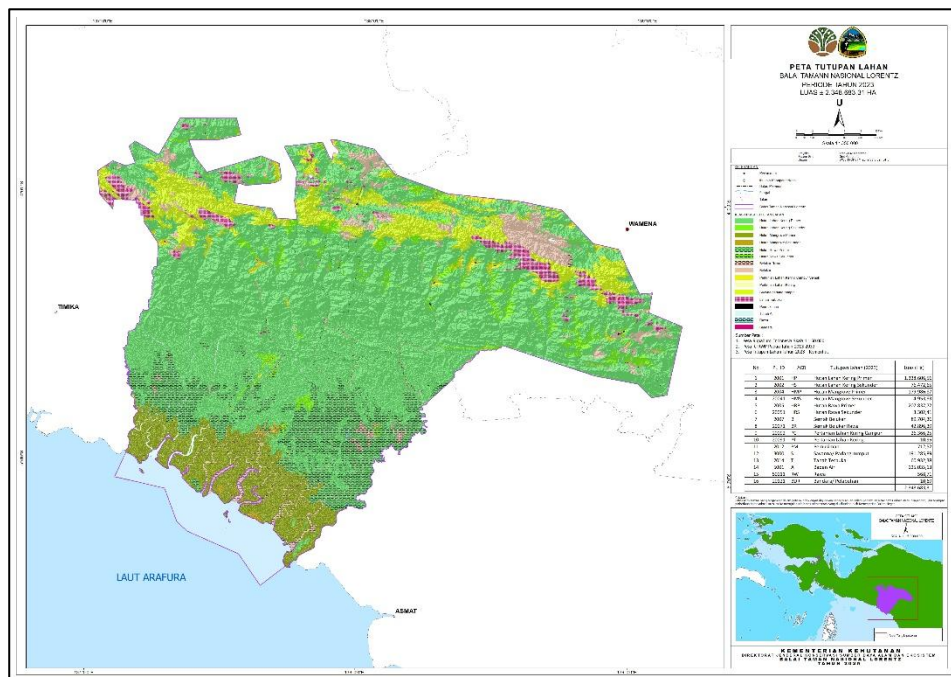
Dalam kajian ini, data aktifitas yang digunakan ialah pendekatan dengan luas tutupan lahan. Pada tahapan ini yang dilakukan adalah overlay kawasan Taman Nasional Lorentz dengan tutupan lahan tahun 2023 dan 2024, lakukan clip data tutupan lahan menggunakan batas kawasan taman Nasional Lorentz. Tahap selanjutnya adalah menggabungkan data tutupan lahan tahun 2023 dan 2024 untuk dihitung luasnya. Berikut tabel luasan tutupan lahan tahun 2023 dan 2024:

No	PL_ID	ACR	Tutupan Lahan (2023)	Luas (Ha)
1	2001	HP	Hutan Lahan Kering Primer	1.338.606,56
2	2002	HS	Hutan Lahan Kering Sekunder	76.472,65
3	2004	HMP	Hutan Mangrove Primer	179.986,87
4	20041	HMS	Hutan Mangrove Sekunder	4.953,83
5	2005	HRP	Hutan Rawa Primer	207.837,72
6	20051	HRS	Hutan Rawa Sekunder	3.302,41
7	2007	B	Semak Belukar	89.704,36
8	20071	BR	Semak Belukar Rawa	42.896,39
9	20092	PC	Pertanian Lahan Kering Campur	26.366,25
10	20091	PT	Pertanian Lahan Kering	10,95
11	2012	PM	Pemukiman	712,52
12	3000	S	Savanna/ Padang rumput	191.285,89
13	2014	T	Tanah Terbuka	60.932,38
14	5001	A	Badan Air	125.035,13
15	50011	RW	Rawa	568,71
16	20121	BDR	Bandara/ Pelabuhan	10,69
				2.348.683,31

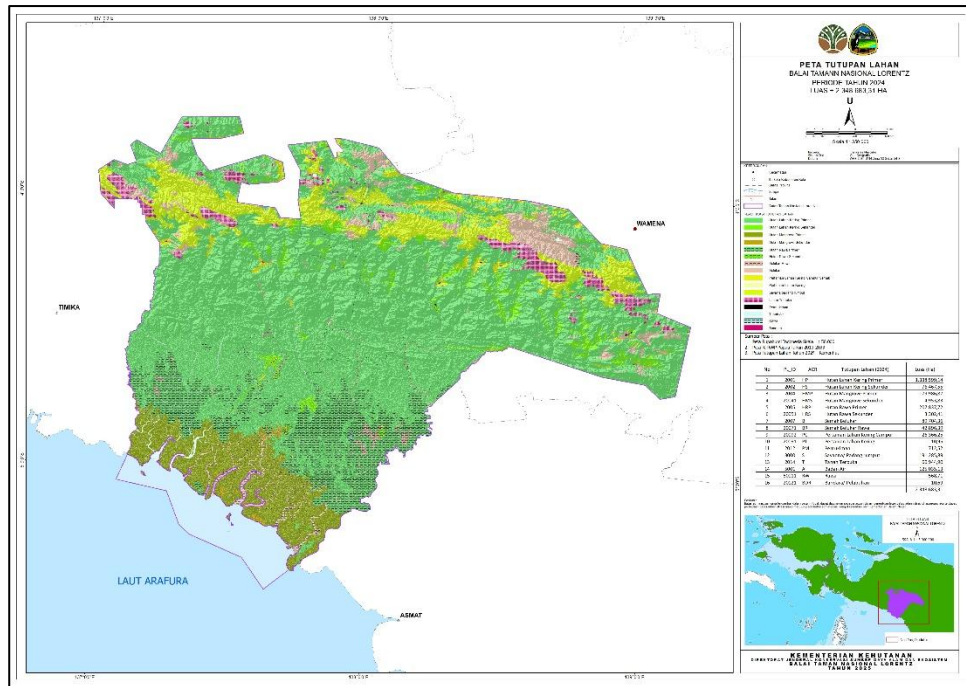
Tabel 4. Tutupan Lahan Tahun 2023

No	PL_ID	ACR	Tutupan Lahan (2024)	Luas (Ha)
1	2001	HP	Hutan Lahan Kering Primer	1.338.599,14
2	2002	HS	Hutan Lahan Kering Sekunder	76.467,55
3	2004	HMP	Hutan Mangrove Primer	179.986,87
4	20041	HMS	Hutan Mangrove Sekunder	4.953,83
5	2005	HRP	Hutan Rawa Primer	207.837,72
6	20051	HRS	Hutan Rawa Sekunder	3.302,41
7	2007	B	Semak Belukar	89.704,36
8	20071	BR	Semak Belukar Rawa	42.896,39
9	20092	PC	Pertanian Lahan Kering Campur	26.366,25
10	20091	PT	Pertanian Lahan Kering	10,95
11	2012	PM	Pemukiman	712,52
12	3000	S	Savanna/ Padang rumput	191.285,89
13	2014	T	Tanah Terbuka	60.944,90
14	5001	A	Badan Air	125.035,13
15	50011	RW	Rawa	568,71
16	20121	BDR	Bandara/ Pelabuhan	10,69
				2.348.683,31

Tabel 5. Tutupan Lahan tahun 2024



Gambar 6. Peta tutupan Lahan tahun 2023



Gambar 7. Peta Tutupan Lahan tahun 2024

Dari hasil *calculate geometri* menggunakan 2 zona UTM yaitu zona UTM 53S dan 54S didapatkan kelas dan hasil luas per tutupan lahan sebagai berikut, yang memiliki tutupan lahan paling luas adalah tutupan hutan lahan kering primer dengan luas 1.338.606,56 Ha di tahun 2023 berkrang di tahun 2024 menjadi 1.338.559,14 Ha dan hutan rawa primer seluas 207.837,72 Ha.

4.2. Pendugaan stok karbon di atas permukaan tanah pada kelas tutupan lahan dan estimasi emisi

Dari hasil pengolahan data didapatkan stok cadangan karbon dan estimasi emisi di atas permukaan tanah rata-rata berdasarkan tipe tutupan lahan ialah sebagai berikut, untuk hutan lahan kering primer adalah 150.432.605,21 ton/ha, Hutan Mangrove primer 22.323.771,49 Ha. Secara keseluruhan, stok karbon pada kawasan Taman Nasional Lorentz pada tahun 2023 adalah 203.188.746,36 ton C sedangkan pada tahun 2024 mengalami penurunan jumlah stok karbon menjadi 203.187.511,37 ton C. Data dan informasi hasil pengolahan data stok karbon dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 8. Total karbon di Taman Nasional Lorentz

PL_ID	ACR	Tutupan Lahan (2023)	Stok Karbon (ton C/ha)	Luas (Ha)	Total Stok Karbon (ton C)
2001	HP	Hutan Lahan Kering Primer	112,4	1.338.606,56	150.432.605,21
2002	HS	Hutan Lahan Kering Sekunder	84,79	76.472,65	6.484.115,99
2004	HMP	Hutan Mangrove Primer	124,03	179.986,87	22.323.771,49
20041	HMS	Hutan Mangrove Sekunder	94,8	4.953,83	469.623,08
2005	HRP	Hutan Rawa Primer	84,04	207.837,72	17.466.681,99
20051	HRS	Hutan Rawa Sekunder	68,48	3.302,41	226.149,04
2007	B	Semak Belukar	30	89.704,36	2.691.130,80
20071	BR	Semak Belukar Rawa	30	42.896,39	1.286.891,70
20092	PC	Pertanian Lahan Kering Campur	30	26.366,25	790.987,50
20091	PT	Pertanian Lahan Kering	10	10,95	109,50
2012	PM	Pemukiman	5	712,52	3.562,60
3000	S	Savanna/ Padang rumput	4,5	191.285,89	860.786,51
2014	T	Tanah Terbuka	2,5	60.932,38	152.330,95
5001	A	Badan Air	0	125.035,13	0,00
50011	RW	Rawa	0	568,71	0,00
20121	BDR	Bandara/ Pelabuhan	0	10,69	0,00
				2.348.683,31	203.188.746,36

Tabel 6. Data jumlah stok karbon tahun 2023

No	PL_ID	ACR	Tutupan Lahan (2024)	Stok Karbon (ton C/ha)	Luas (Ha)	Total Stok Karbon (ton C/ha)
1	2001	HP	Hutan Lahan Kering Primer	112,4	1.338.599,14	150.431.771,35
2	2002	HS	Hutan Lahan Kering Sekunder	84,79	76.467,55	6.483.683,56
3	2004	HMP	Hutan Mangrove Primer	124,03	179.986,87	22.323.771,49
4	20041	HMS	Hutan Mangrove Sekunder	94,8	4.953,83	469.623,08
5	2005	HRP	Hutan Rawa Primer	84,04	207.837,72	17.466.681,99
6	20051	HRS	Hutan Rawa Sekunder	68,48	3.302,41	226.149,04
7	2007	B	Semak Belukar	30	89.704,36	2.691.130,80
8	20071	BR	Semak Belukar Rawa	30	42.896,39	1.286.891,70
9	20092	PC	Pertanian Lahan Kering Campur	30	26.366,25	790.987,50
10	20091	PT	Pertanian Lahan Kering	10	10,95	109,50
11	2012	PM	Pemukiman	5	712,52	3.562,60
12	3000	S	Savanna/ Padang rumput	4,5	191.285,89	860.786,51
13	2014	T	Tanah Terbuka	2,5	60.944,90	152.362,25
14	5001	A	Badan Air	0	125.035,13	0,00
15	50011	RW	Rawa	0	568,71	0,00
16	20121	BDR	Bandara/ Pelabuhan	0	10,69	0,00
					2.348.683,31	203.187.511,37

Tabel 7. Data jumlah stok karbon tahun 2024

Berdasarkan grafik dan tabel diatas terjadi pengurangan stok karbon pada tutupan lahan hutan lahan kering primer dan hutan lahan kering sekunder, jumlah emisi yang dilepaskan dari hasil deforestasi tersebut adalah sebagai berikut :

No.	PL_23	PL_24	Jumlah dari LUAS_HA	EF_23 (TonC/ha)	EF_24 (TonC/ha)	Emission_23(Tco2e)	Emission_24(Tco2e)	Delta Emission (Tco2e/ha)
1	HP	B	1,03	112,38	14,10	424,80	53,30	371,50
2	HP	T	20,25	112,38	1,18	8.351,58	87,32	8.264,25
3	HS	B	11,81	84,79	14,10	3.674,94	611,13	3.063,81
4	HS	T	18,97	84,79	1,18	5.902,93	81,80	5.821,13
Total			52,06	394,33	30,55	18.354,25	833,56	17.520,69
HP: Hutan Lahan Kering Primer								
HS: Hutan Lahan Kering Sekunder								
B: Belukar								
T: Tanah Terbuka								

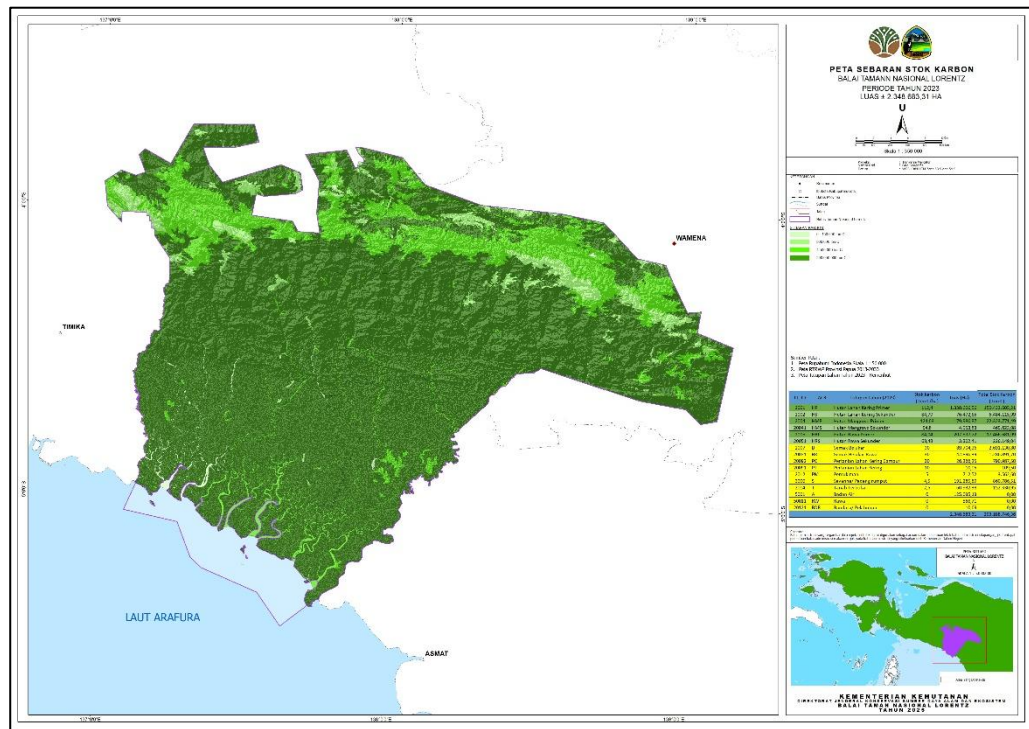
Tabel 8. Emisi karbon Tahun 2023-2024

Berdasarkan tabel di atas, Hutan Lahan Kering Primer berubah ke Belukar seluas 1,03 ha dan Tanah terbuka seluas 20,25 ha, sedangkan Hutan Lahan Kering Sekunder berubah ke Belukar seluas 11,81 ha dan Tanah terbuka seluas 18,97 Ha. Secara keseluruhan total emisi berdasarkan perubahan tutupan lahan tahun 2023 dan 2024 adalah 17.520,69 ton CO²-eq.

Serapan maupun emisi karbon umumnya dinyatakan dengan satuan CO2 equivalen dengan factor pengali sebesar 3,67. Angka 3,67 adalah angka konfersi dari C yang memiliki massa atom 12 ke CO2 yang memiliki massa atom 44 sehingga diperoleh angka konfersi $44/12 = 3,67$ (Mitha, 2023).

4.3. Sebaran karbon di Taman Nasional Lorentz

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan stok cadangan karbon dan estimasi emisi yang telah diketahui sebelumnya, diperoleh peta sebaran karbon Taman Nasional Lorentz sebagaimana gambar 4.



Gambar 9. Peta Sebaran Karbon Taman Nasional Lorentz

V. PENUTUP

1. KESIMPULAN

Kesimpulan dari pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut :

- a. Data yang dihasilkan adalah nilai stok karbon pada kawasan Taman Nasional Lorentz pada tahun 2023 adalah 203.188.746,36 ton C sedangkan pada tahun 2024 mengalami penurunan jumlah stok karbon menjadi 203.187.511,37 ton C, Secara keseluruhan total emisi berdasarkan perubahan tutupan lahan tahun 2023 dan 2024 adalah 17.520,69 ton CO²-eq.
- b. Terjadi deforestasi seluas 52,06 ha sepanjang 2023-2024.
- c. Dengan luas tutupan lahan berhutan seluas 1.811.147,52 Ha yang merupakan kawasan yang menyimpan karbon yang banyak kawasan tersebut harus menjadi prioritas kegiatan perlindungan dan penanaman.
- d. Dengan total stok karbon yang mencapai 203.187.511,37 ton C di tahun 2024, menjadi modal awal untuk pemanfaatan potensi jasa lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

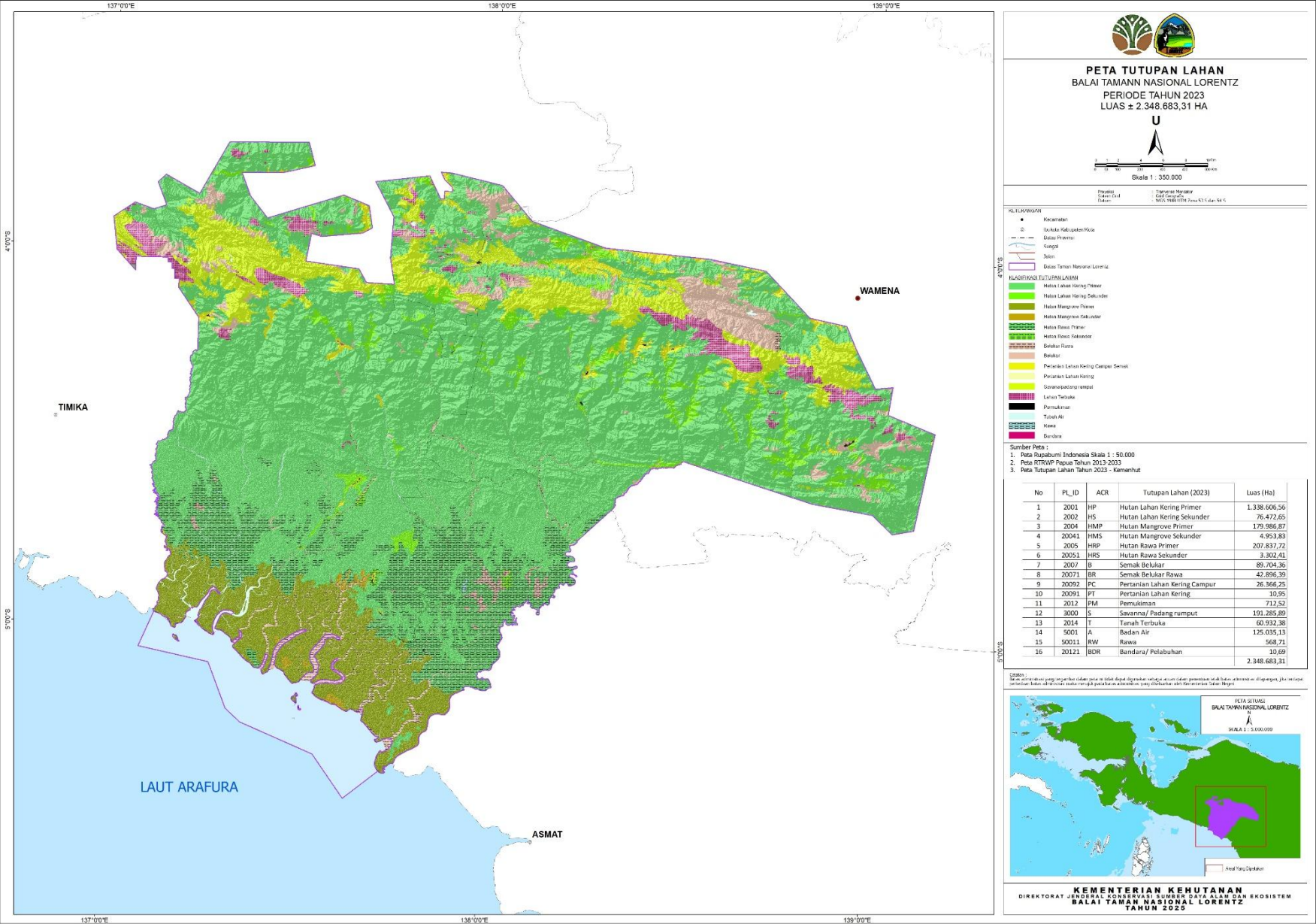
- Anonim. 2011. Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan Untuk Penafsiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forests Carbon Accounting). SNI 7724. Badan Standart Nasional.
- Anonim. 2017. Peraturan Direktur Jendral Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Nomor: P.1/PKLT/IPSDH/PLA.1/2017 Tentang Petunjuk Teknis Inventarisasi Hutan Pada Pengelolaan Hutan Produksi (KPH).
- Tosiani. 2019. Buku Kegiatan Serapan dan Emisi Karbon. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan. Jakarta.
- Jackson, R. B., Friedlingstein, P., Andrew, R. M., Abernethy, S., Bagley, S., Bellantoni, V & Zheng, B. (2019). Global energy growth is outpacing decarbonization. *Environmental Research Letters*, 14(12), 121001
- Lasco, R.D. 2007. Petunjuk praktis Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Sumampouw, J. (2019). Perubahan iklim dan kesehatan masyarakat. Deepublish.
- Manuri, S.; C. A. S. Putra & A. G. Saputra. 2011. Teknik Pendugaan Cadangan Karbon. MRPP-GIS, Palembang. 105 h.
- Direktorat Jendral PPI, 2023. Kerangka Metodologi Perhitungan Pengurangan Emisi/ Peningkatan Serapan Gas Rumah Kaca Sektor Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya (Forest and Other Land Use). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan: Jakarta
- IPCC.200. 2006 IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories.IGES: Japan
- SNI. 2014. Standar Nasional Indonesia Klasifikasi Penutup Lahan – Bagian 1 : Skala Kecul dan Menengah tahun 2014.
- Krisnawati, H., Adinugroho, W.C., Imanuddin, R. and Hutabarat, S. (2014). Estimation of Forest Biomass for Quantifying CO₂ Emissions in Central Kalimantan: a comprehensive approach in determining forest carbon emission factors. Research and Development Center for Conservation and Rehabilitation, Forestry Research and Development Agency, Bogor.

LAMPIRAN

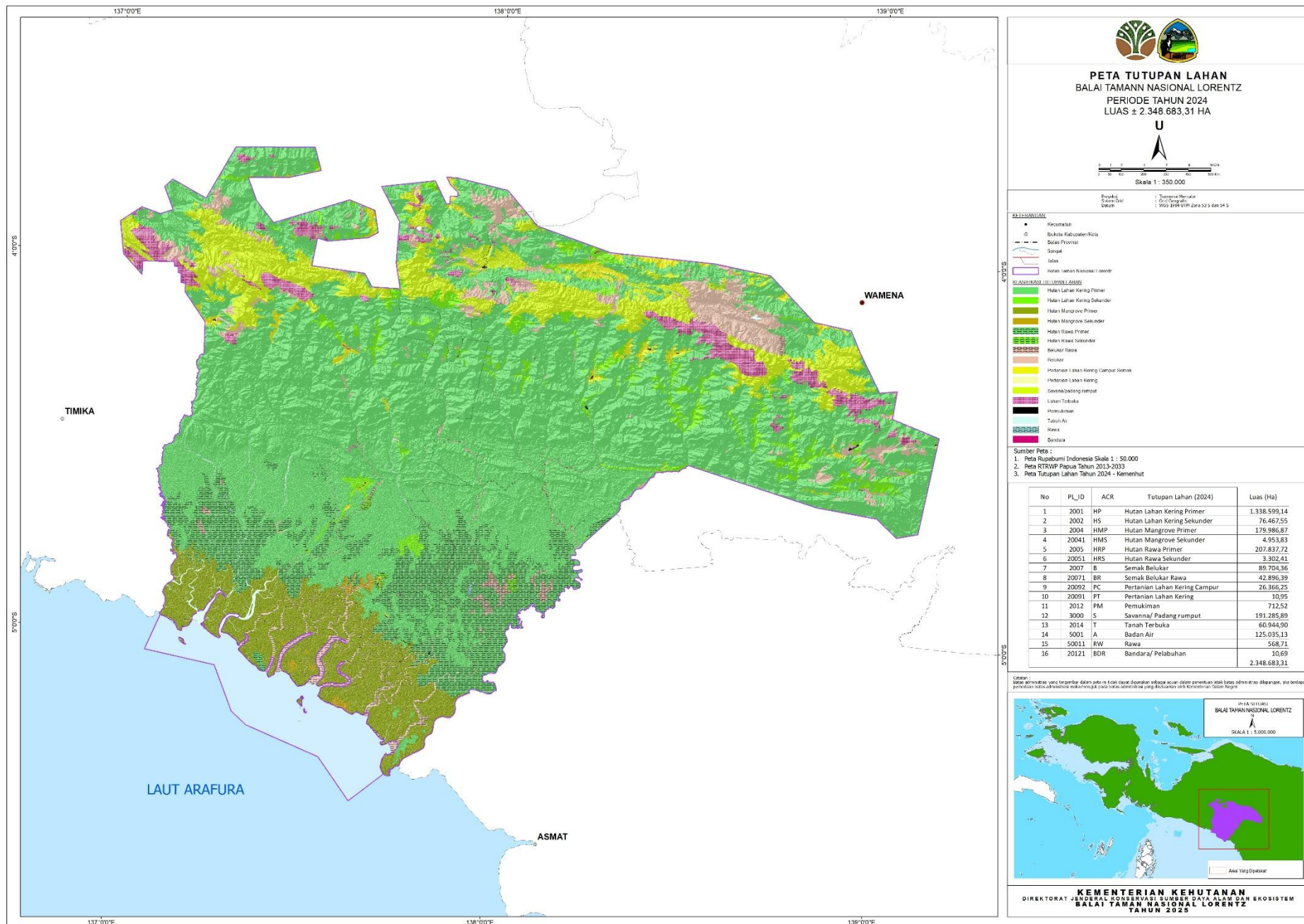
Lampiran 1. Data Degradasi Taman Nasional Lorentz tahun 2024.

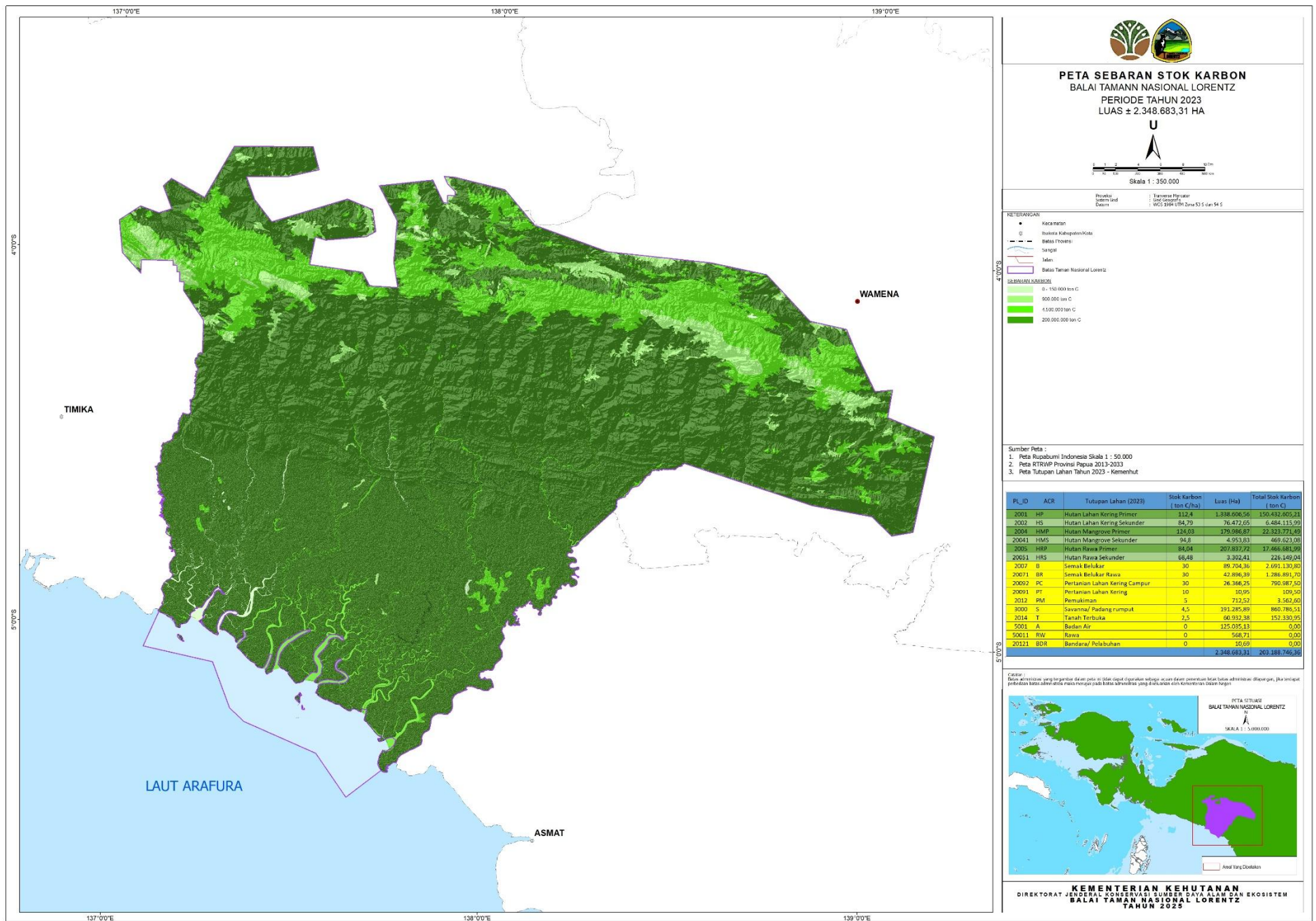
No.	Tutupan Lahan (2023)	Tutupan Lahan (2024)																Luas Total (Ha)
		Badan Air	Bandara/ Pelabuhan	Belukar	Belukar Rawa	Hutan Lahan Kering Primer	Hutan Lahan Kering Sekunder	Hutan Mangrove Primer	Hutan Mangrove Sekunder	Hutan Rawa Primer	Hutan Rawa Sekunder	Lahan Terbuka	Permukiman	Pertanian Lahan Kering	Pertanian Lahan Kering Campur	Rawa	Savanna/ Padang Rumput	
1	Badan Air	125.035,14																125.035,14
2	Bandara/Pelabuhan		10,69															10,69
3	Belukar			89.691,52														89.691,52
4	Belukar Rawa				42.896,39													42.896,39
5	Hutan Lahan Kering Primer			1,03		1.338.599,14						20,25						1.338.620,42
6	Hutan Lahan Kering Sekunder			11,81			76.467,55					18,97						76.498,33
7	Hutan Mangrove Primer							179.986,87										179.986,87
8	Hutan Mangrove Sekunder								4.953,83									4.953,83
9	Hutan Rawa Primer									207.837,72								207.837,72
10	Hutan Rawa Sekunder										3.302,41							3.302,41
11	Lahan Terbuka											60.905,67						60.905,67
12	Permukiman												712,52					712,52
13	Pertanian Lahan Kering													10,95				10,95
14	Pertanian Lahan Kering Campur														26.366,25			26.366,25
15	Rawa															568,71		568,71
16	Savanna/ Padang Rumput																191.285,89	191.285,89
		125.035,14	10,69	89.704,36	42.896,39	1.338.599,14	76.467,55	179.986,87	4.953,83	207.837,72	3.302,41	60.944,89	712,52	10,95	26.366,25	568,71	191.285,89	2.348.683,31

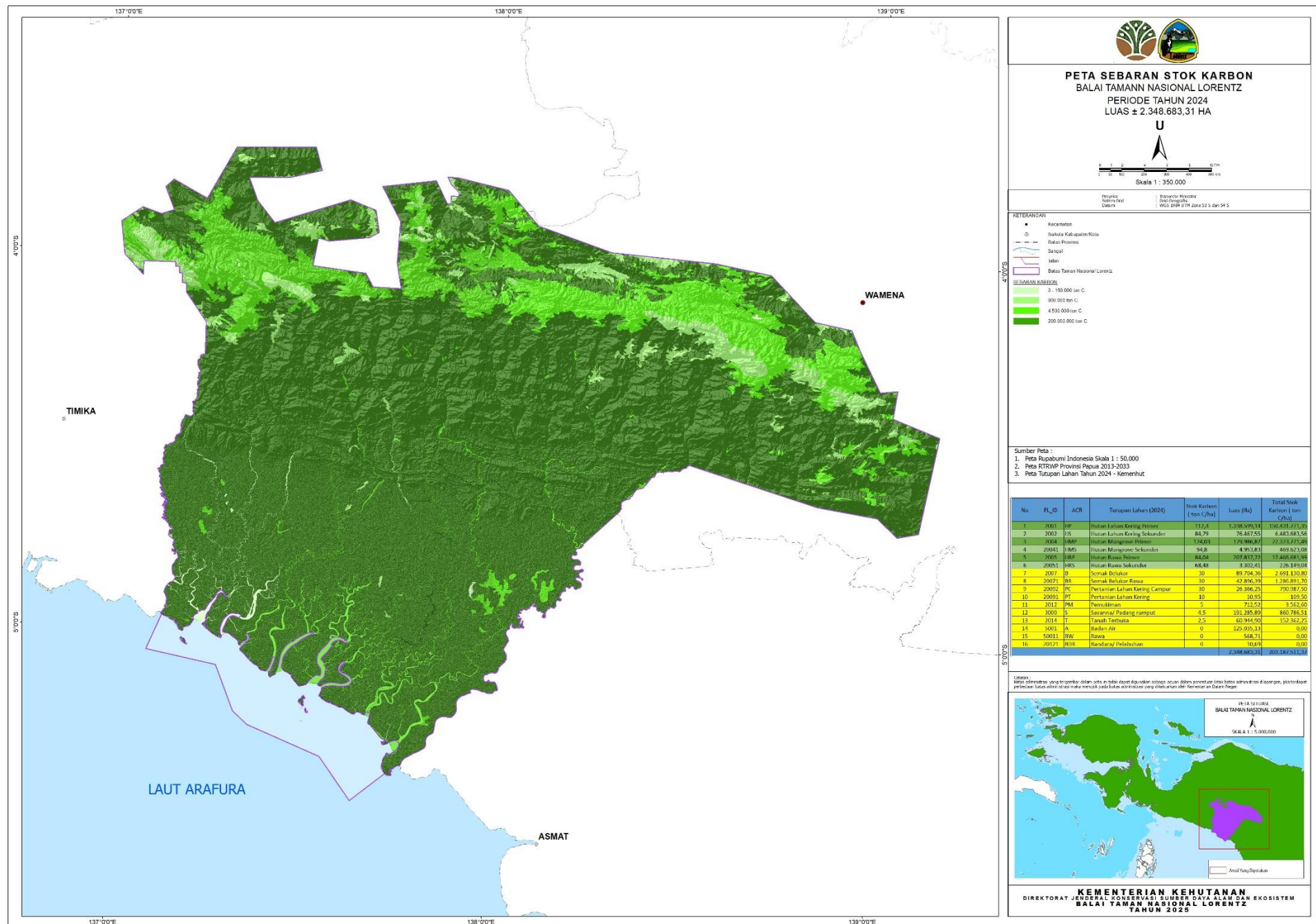
Lampiran 2. Peta Tutupan Lahan tahun 2023



Lampiran 3. Peta Tutupan Lahan tahun 2024









BALAI TAMAN NASIONAL LORENTZ
DIREKTORAT JENDERAL KONSERVASI SUMBER DAYA ALAM DAN EKOSISTEM
KEMENTERIAN KEHUTANAN
2025