

**ESTIMASI EMISI KARBONDIOKSIDA *EQUIVALEN* DARI PERUBAHAN
TUTUPAN LAHAN DI KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN
LINDUNG AGAM RAYA**

SKRIPSI

*Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan (S. Hut)
Pada Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*

MUHAMMAD IQBAL
19.10.002.54251.035



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
PADANG
2024**

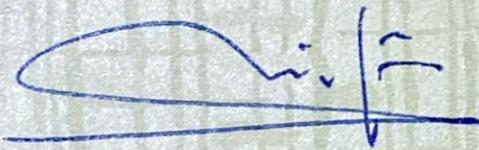
LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh : Muhammad Iqbal
Nama : Muhammad Iqbal
NIM : 191000254251035
Program Studi : Kehutanan
Judul : Estimasi Emisi Karbondioksida *Equivalen* Dari
Perubahan Tutupan Lahan Di Kesatuan
Pengelolaan Hutan Lindung Agam Raya

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang digunakan untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan dinyatakan lulus pada tanggal 2 Februari 2024.

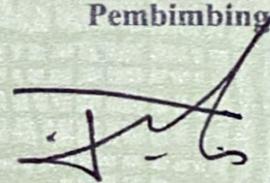
Disetujui Oleh:

Pembimbing I



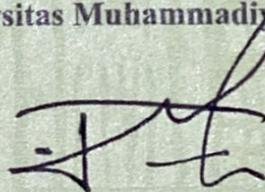
Ir. Noril Milantara, S.Hut., M.Si, IPM
NIDN: 1018118202

Pembimbing II



Dr. Teguh Haria Aditia Putra, S.Pd, MP
NIDN: 1030108501

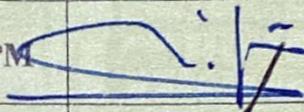
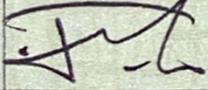
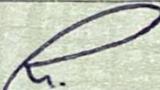
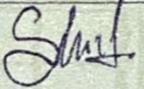
Mengetahui
Fakultas Kehutanan
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



Dr. Teguh Haria Aditia Putra, S.Pd, MP
NIDN: 1030108501

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang digunakan untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan dinyatakan lulus pada tanggal 2 Februari 2024. Skripsi ini telah di periksa dan disahkan oleh:

No	Nama	Tanda Tangan	Jabatan
1	Ir. Noril Milantara, S.Hut., M.Si, IPM		KETUA
2	Dr. Teguh Haria Aditia Putra, S.Pd, MP		ANGGOTA
3	Fakhruzzy, S.Hut., M.Si		ANGGOTA
4	Susilastri, S.Hut., M. Si		ANGGOTA

**ESTIMASI EMISI KARBONDIOKSIDA *EQUIVALEN* DARI PERUBAHAN
TUTUPAN LAHAN DI KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN
LINDUNG AGAM RAYA**

SKRIPSI

MUHAMMAD IQBAL
19.10.002.54251.035



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
PADANG
2024**

Hak Cipta milik UM Sumbar, tahun 2024

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan UM Sumbar.

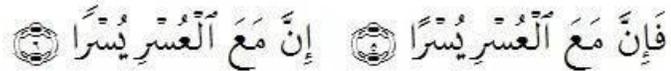
Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin UM Sumbar.

HALAMAN PERSEMBAHAN



Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah SAW.

MOTTO HIDUP



“Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” “Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyrah : 5-6)



“Dan janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman” (Q.S Al-Imran :139)

Tingkat kesulitan yang dirasakan setiap individu akan berbeda-beda, didasarkan kepada kemampuan setiap individu masing-masing. Bukan berarti seseorang yang mampu dalam suatu hal tidak merasakan sedikitpun kesulitan.

Orang lain gak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingintahu hanya bagian *succes stories*nya.

Berjuanglah untuk diri sendiri, walaupun gak ada yang tepuk tangan, kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kusayangi

Ama dan Apa Tercinta

Sebagai tanda bukti, hormat dan rasa terimakasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ama (Sarneti) dan Apa (Syafrizal) yang telah memberikan kasih sayang, secara dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ama dan Apa berbahagia. Karena aku sadar, selama ini belum bisa berbuat lebih.

Untuk Ama dan Apa yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakan, selalu menasehati, serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik, Terima kasih Ama...Terimakasih Apa...

Kakak, Adik-adik, dan Orang Terdekatku

Sebagai tanda terimakasih aku persembahkan karya kecil ini untuk kakak dan adik- adikku (Hengky Ramadhani, Rahayu Mardhatillah, Muhammad Afiif, Khairul Fakhri), Thalya Salsabilla. Terimakasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga doa dan semua hal yang terbaik yang kalian berikan menjadikan aku orang yang terbaik pula...

Teman-teman

Kepada teman-temanku yang selalu memberikan motivasi, nasehat, dukungan moral, serta material yang selalu membuatku semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Kepada *Superstar Family* (Eka, Fadhli, Rey, Raushan, Afdoli, Dihan, Bambang, Hadi, Gelembung) telah memberikan kenyamanan tempat tinggal selama perkuliahan

Avifauna 19

Kepada teman-teman angkatan Avifauna 19 terimakasih atas kisah panjang yang sama-sama kita lalui selama ini, terimakasih atas semua kebersamaan, kebahagiaan, suka, maupun duka yang telah kita rasakan dan lalui bersama-sama. Kita dipertemukan karena tujuan yang sama, dan akan dipisahkan oleh tujuan dan masa depan masing-masing. Apapun itu, terimakasih telah menjadi bagian dari kisah ini, dan terimakasih telah menjadi saudara/i yang nyata.

Thanks You Guys...

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Muhammad Iqbal adalah penulis skripsi ini dilahirkan di Bukittinggi pada 2 Juni 2001 sebagai anak ke 4 dari 5 bersaudara dari pasangan bapak Syafrizal dan Sarneti. Saat ini penulis berdomisili di Garegeh, Kecamatan Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 06 ATTS, dan melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 8 Bukittinggi. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 5 Bukittinggi, dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana (S1) di Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Selama mengikuti program S1, penulis aktif menjadi anggota BEM Sylva Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat pada periode 2019-2020 di bidang Menteri Luar Negeri. Pada tahun 2023-2024 penulis aktif menjadi anggota Formap Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat menjabat sebagai Sekretaris Umum. Penulis juga aktif sebagai asisten akademik pada mata kuliah Sistem Informasi dan Geografis Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Padang, 23 Februari 2024

Muhammad Iqbal

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal
NIM : 191000254251035
Tahun terdaftar : 2019
Program Studi : Kehutanan
Fakultas : Kehutanan

Menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan dalam naskah dan disebutkan dalam daftar kepustakaan.

Mengetahui

Operator Fakultas,

Rosi Amelia, S.Kom

Padang, 23 Februari 2024

Penulis,

Materai 10000

Muhammad Iqbal
191000254251035

Estimation of Equivalent Carbondioxide Emissions from Land Cover Change in the Greater Agam Protection Forest Management Unit

Muhammad Iqbal (191000254251035)

(Ir. Noril Milantara, S.Hut., M.Si, IPM dan Dr. Teguh Haria Aditia Putra, S.Pd, MP)

ABSTRACT

This research aims to calculate the estimation of carbondioxide equivalent emissions from land cover change in the Agam Raya Protected Forest Management Unit using quantitative methods and then analysis using ArcGis and Lumens applications. Based on the results of the study, it was found that the management area of KPHL Agam Raya experienced land cover changes from 1990-2022, very significant changes occurred in the 2011-2022 period, this was evidenced by the large number of variations in land cover changes that occurred, both an increase and a decrease in land cover area. Some of the land cover types that experienced land cover change are: Plantations, secondary swamp forest, shrubs, secondary dryland forest, and dryland agriculture. The impact of land cover change results in emissions and sequestration of carbon dioxide equivalents. The results showed that the largest emissions occurred in the 2000-2011 period. In the 2000-2011 period there was an increase in CO₂ emissions, the total emissions that occurred in this period were 1,552,283.38 tons of CO_{2-eq}. The highest emissions were generated by the conversion of dryland forests into shrubs, amounting to 1,340,621.64 tons of CO_{2-eq} or 50.63% of the total emissions.

Keywords: Land cover change, Carbondioxide, Emissions, Sequestration

Estimasi Emisi Karbondioksida *Equivalen* Dari Perubahan Tutupan Lahan Di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Agam Raya

Muhammad Iqbal (191000254251035)

(Ir. Noril Milantara, S.Hut., M.Si, IPM dan Dr. Teguh Haria Aditia Putra, S.Pd, MP)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung estimasi emisi karbondioksida *equivalen* dari perubahan tutupan lahan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Agam Raya dengan menggunakan metode kuantitatif lalu analisis menggunakan aplikasi ArcGis dan Lumens. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa wilayah kelola KPHL Agam Raya mengalami perubahan tutupan lahan dari tahun 1990-2022, perubahan yang sangat signifikan terjadi pada periode 2011-2022, hal ini terlihat dengan banyaknya variasi perubahan tutupan lahan yang terjadi, baik itu peningkatan, maupun penurunan luas tutupan lahan. Beberapa diantara jenis tutupan lahan yang mengalami perubahan tutupan lahan adalah: Perkebunan, hutan rawa sekunder, semak belukar, hutan lahan kering sekunder, dan pertanian lahan kering. Dampak dari perubahan tutupan lahan mengakibatkan terjadinya emisi maupun sekuestrasi karbondioksida *equivalen*. Hasil penelitian menunjukkan emisi paling besar terjadi pada periode 2000-2011. Pada periode 2000-2011 mengalami peningkatan emisi CO₂, total emisi yang terjadi pada periode ini adalah sebesar 1.552.283,38 ton CO₂-eq. Emisi tertinggi dihasilkan oleh konversi hutan lahan kering menjadi semak belukar yaitu sebesar 1.340.621,64 ton CO₂-eq atau 50,63% dari total emisi yang terjadi.

Kata kunci: Perubahan tutupan lahan, Karbondioksida, Emisi, Sekuestrasi

KATA PENGANTAR

Puji syukur hadirat Allah S.W.T karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat beserta salam penulis doakan kepada Allah S.W.T untuk disampaikan kepada junjungan alam Baginda Rasullullah Nabi besar Muhammad Shallallahu'alaihi Wasallam yang telah membawa umat manusia ke kehidupan yang penuh dengan budi pekerti yang mulia dan ilmu pengetahuan.

Penelitian dengan judul **“Estimasi Emisi Karbondioksida *Equivalen* dari Perubahan Tutupan Lahan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Agam Raya”**, yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan sarjana pada Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, *alhamdulillah* telah dapat diselesaikan dengan baik. Dengan terselesainya skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Noril Milantara, S.Hut., M.Si., IPM selaku Kaprodi Fakultas Kehutanan dan pembimbing I yang senantiasa mendidik dan memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. Teguh Haria Aditia Putra, MP selaku Dekan Fakultas Kehutanan dan pembimbing II yang senantiasa mendidik dan memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Fakhruzy, S.Hut., M.Si penguji I yang sudah memberikan kritikan dan sarannya untuk tambahan dalam skripsi.
4. Ibu Susilastri, S.Hut., M. Si, penguji II yang sudah memberikan kritikan dan sarannya untuk tambahan dalam skripsi.
5. Dosen, KTU beserta Staff Fakultas Kehutanan yang telah membantu dalam pengurusan surat izin pelaksanaan skripsi.
6. Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah 1 Medan dan Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Barat telah memberikan izin dan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini

7. Orang Tua, beserta keluarga tercinta yang selalu mendukung dan memotivasi dalam pembuatan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap agar tulisan ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya. Semoga Allah S.W.T membalas dengan limpahan Rahmat dan Karunia kepada kita semua, Aamiin.

Padang, 23 Februari 2024

Muhammad Iqbal

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
RIWAYAT HIDUP PENULIS	ix
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	x
ABSTRAK	xii
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Kerangka Pemikiran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim.....	6
2.2 Mitigasi Perubahan Iklim	7
2.3 Emisi Karbon.....	9
2.4 Deforestasi dan Degradasi Lahan.....	9
2.5 Perangkat Lunak ArcGIS	10
2.6 <i>Land Use Planning for Multiple Environmental Services</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Data dan Sumber Data.....	13
3.3.1 Data	13

3.3.2	Sumber Data.....	13
3.4	Analisis Data	13
3.4.1	Perubahan Tutupan Lahan.....	13
3.4.2	Emisi Sekuestrasi	13
BAB IV	DESKRIPSI LOKASI PENELITIAN	15
4.1	Kondisi Geografis Wilayah.....	15
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	18
5.1	Perubahan Tutupan Lahan.....	18
5.2	Estimasi Emisi CO ₂ -eq Akibat Perubahan Tutupan Lahan.....	37
BAB VI	42
KESIMPULAN DAN SARAN	42
6.1	Kesimpulan	42
6.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

1. Data yang digunakan.....	13
2. Luas Penutupan Lahan Tahun 1990, 2000, 2011, 2022.....	20
3. Matrik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990-2000 di KPHL Agam Raya.....	24
4. Matrik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2000-2011 di KPHL Agam Raya.....	27
5. Matrik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2011-2022 di KPHL Agam Raya.....	30
6. Emisi dan Sekuestrasi CO ₂ -eq Tahun 1990-2022.....	37

DAFTAR GAMBAR

1. Angka Deforestasi Indonesia	2
2. Kerangka Berpikir.....	5
3. Peta Kawasan Hutan Lindung KPHL Agam Raya	12
4 Grafik Perubahan Per Tutupan Lahan.....	21
5. Perubahan Tutupan Lahan (1990-2000).....	25
6. Perubahan Tutupan Lahan (2000-2011).....	28
7 Perubahan Tutupan Lahan (2011-2022).....	31
8. Perubahan Tutupan Lahan KPHL Agam Raya	32
9. Klasifikasi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990, 2000, 2011, 2022	33
10. Tingkat Deforestasi dan Reforestasi KPHL Agam Raya.....	34
11. Deforestasi dan Reforestasi KPHL Agam Raya	36
12. Peta Emisi dan Penyerapan Karbon KPHL Agam Raya (1990-2000	38
13. Peta Emisi dan Sekuestrasi KPHL Agam Raya (2000-2011)	39
14. Peta Eimisi dan Sekuestrasi Karbon KPHL Agam Raya (2011-2022).....	40
15. Tren Emisi, Sekuestrasi, dan Emisi Bersih KPHL Agam Raya (1990-2022).....	41

DAFTAR LAMPIRAN

1. Peta Kawasan Hutan Lindung KPHL Agam Raya	47
2. Rencana Anggaran Biaya Penelitian	48
3. Time Schdule	49
4. Sumber Emisi dan Sekuestrasi Terbesar Tahun 1990-2000	50
5. Sumber Emisi dan Sekuestrasi Terbesar Tahun 2000-2011	51
6. Sumber Emisi dan Sekuestrasi Terbesar Tahun 2011-2022	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi infra merah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Adanya berbagai aktivitas manusia, khususnya sejak era pra-industri emisi gas rumah kaca ke atmosfer mengalami peningkatan yang sangat tinggi sehingga meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Kegiatan manusia (antropogenik) telah meningkatkan konsentrasi GRK yang sebelumnya secara alami telah ada. Bahkan kegiatan manusia telah menimbulkan jenis-jenis gas baru di dalam lapisan atas atmosfer. Jenis-jenis utama gas rumah kaca yang keberadaannya di atmosfer ialah karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer adalah karbondioksida (CO₂) sedangkan yang lainnya sangat sedikit sekali (Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2012).

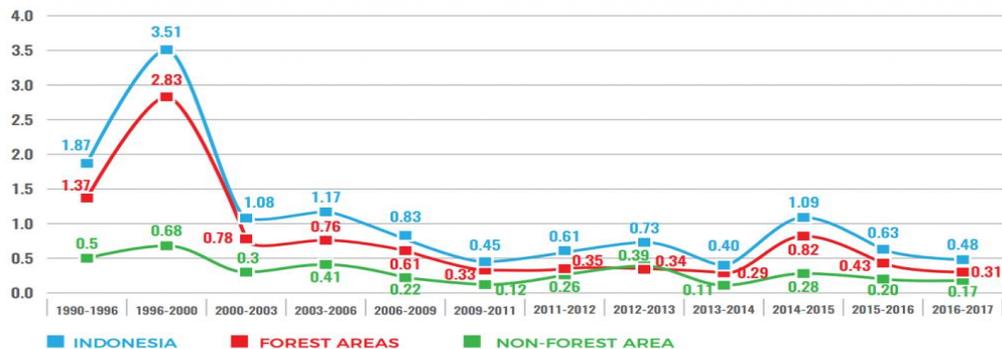
Gas rumah kaca ini dapat menimbulkan masalah pemanasan global, pemanasan global diperkirakan telah menyebabkan perubahan-perubahan sistem terhadap ekosistem di bumi, antara lain perubahan iklim yang ekstrim (Lim *et al.*, 2007). Perubahan iklim yang ekstrim dapat menyebabkan terganggunya kesehatan manusia seperti diare, malaria demam berdarah, flora dan fauna terancam punah dan meningkatnya laju pencairan es di kutub (Keman, 2007).

Usaha Indonesia dalam menanggulangi masalah ini dengan cara berpartisipasi dalam Protokol Kyoto atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang perubahan iklim mengatur penurunan emisi GRK akibat kegiatan manusia sehingga dapat menstabilkan konsentrasi GRK di atmosfer dan tidak membahayakan sistem iklim bumi. Protokol Kyoto menetapkan aturan mengenai tata cara, target, mekanisme penurunan emisi, kelembagaan, serta prosedur penataan dan penyelesaian sengketa. Sehubungan dengan hal tersebut, dan mengingat Indonesia telah mengesahkan Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang perubahan iklim (Konvensi Perubahan Iklim) melalui Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994, sangatlah penting bagi Indonesia untuk mengesahkan Protokol Kyoto. Dengan

mengesahkan protokol tersebut, Indonesia mengadopsi hukum internasional sebagai hukum nasional untuk dijabarkan dalam kerangka peraturan dan kelembagaan (UU RI No 17 Tahun 2004).

Indonesia juga berkontribusi dalam Persetujuan Paris pada 2015 dengan dihadiri oleh 195 (seratus sembilan puluh lima) negara yang merupakan para pihak pada *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) dan berhasil mengadopsi *Paris Agreement* pada tanggal 12 Desember 2015. Persetujuan Paris (*Paris Agreement*) ini memuat ketentuan mengenai Kontribusi yang ditetapkan secara nasional (*Nationally Determined Contribution/NDC*) yang diharapkan akan diimplementasikan pada tahun 2020 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2016).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan memaparkan strategi pencapaian *Indonesia's FOLU Net Sink 2030*. *Indonesia Forestry and Other Land Uses (FOLU) Net Sink 2030* merupakan suatu kondisi dimana tingkat serapan karbon sector kehutanan dan penggunaan lahan lainnya sudah berimbang atau bahkan lebih tinggi dari tingkat emisi yang dihasilkan sektor tersebut pada tahun 2030 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2021). Sektor kehutanan dan lahan mempunyai kontribusi yang sangat besar terhadap emisi gas rumah kaca di Indonesia. Emisi gas rumah kaca dari sektor kehutanan itu terkait dengan proses deforestasi dan degradasi hutan yang disertai dengan kebakaran hutan. Indonesia merupakan salah satu negara dengan laju deforestasi tertinggi di dunia dapat dilihat pada gambar dibawah (Kusumawardhani, 2009).



Gambar 1. Angka Deforestasi Indonesia

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Perubahan dari lahan tidak bervegetasi menjadi lahan bervegetasi berdampak terhadap perubahan total cadangan karbon. Perubahan itu membuat total cadangan karbon mengalami peningkatan (Do *et al.*, 2021). Sedangkan pada perubahan tutupan lahan yang diakibatkan oleh konversi lahan bervegetasi menjadi lahan tidak bervegetasi mengakibatkan meningkatnya emisi gas rumah kaca (Eddy *et al.*, 2021). Perubahan tutupan lahan ini juga diakibatkan oleh penebangan pohon secara liar atau disebut *Illegal Logging*. Pada Tahun 2016 hingga Tahun 2019 jumlah kasus *Illegal Logging* yang ditangani Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Barat dengan instansi penegak hukum terkait berturut-turut adalah 43 kasus, 27 kasus, 32 kasus, 26 kasus (Dinas Kehutanan Sumatera Barat, 2020).

Salah satu KPH yang ada di Provinsi Sumatera Barat adalah KPHL Agam Raya. Pada tahun 2016-2020, Kawasan KPHL Agam Raya mengalami *Illegal Logging* berturut-turut adalah 4 kasus, 2 kasus, 6 kasus, 5 kasus dan 5 kasus (Dinas Kehutanan Sumatera Barat, 2022). Berkurangnya luasan kawasan hutan akibat deforestasi akan mempengaruhi jumlah cadangan karbon dan akan menimbulkan emisi gas rumah kaca. Pemilihan lokasi dalam kawasan hutan disebabkan kontribusi hutan dalam mengatur perubahan iklim tergantung terhadap luas kawasan hutan tersebut (Njana *et al.*, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perubahan tutupan lahan pada periode 1990-2000, 2000-2011 dan 2011-2022?
2. Berapa emisi CO_{2-eq} akibat perubahan tutupan lahan?

1.3 Tujuan

1. Menghitung perubahan tutupan lahan pada periode 1990-2000, 2000-2011 dan 2011-2022
2. Mengetahui emisi atau sekuestrasi CO_{2-eq} akibat perubahan tutupan lahan

1.4 Manfaat

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam teori mengenai perubahan tutupan lahan dapat menambah emisi karbondioksida *equivalen* (CO_{2eq}).

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi data dasar bagi pemangku kepentingan sehingga bisa memberikan kontribusi dalam keberlangsungan pembangunan berkelanjutan. Secara spesifik penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk:

- a. Memberikan informasi mengenai perubahan tutupan lahan.
- b. Menjadi acuan bagi pemangku emisi karbon sebagai salah satu upaya mitigasi perubahan iklim global.

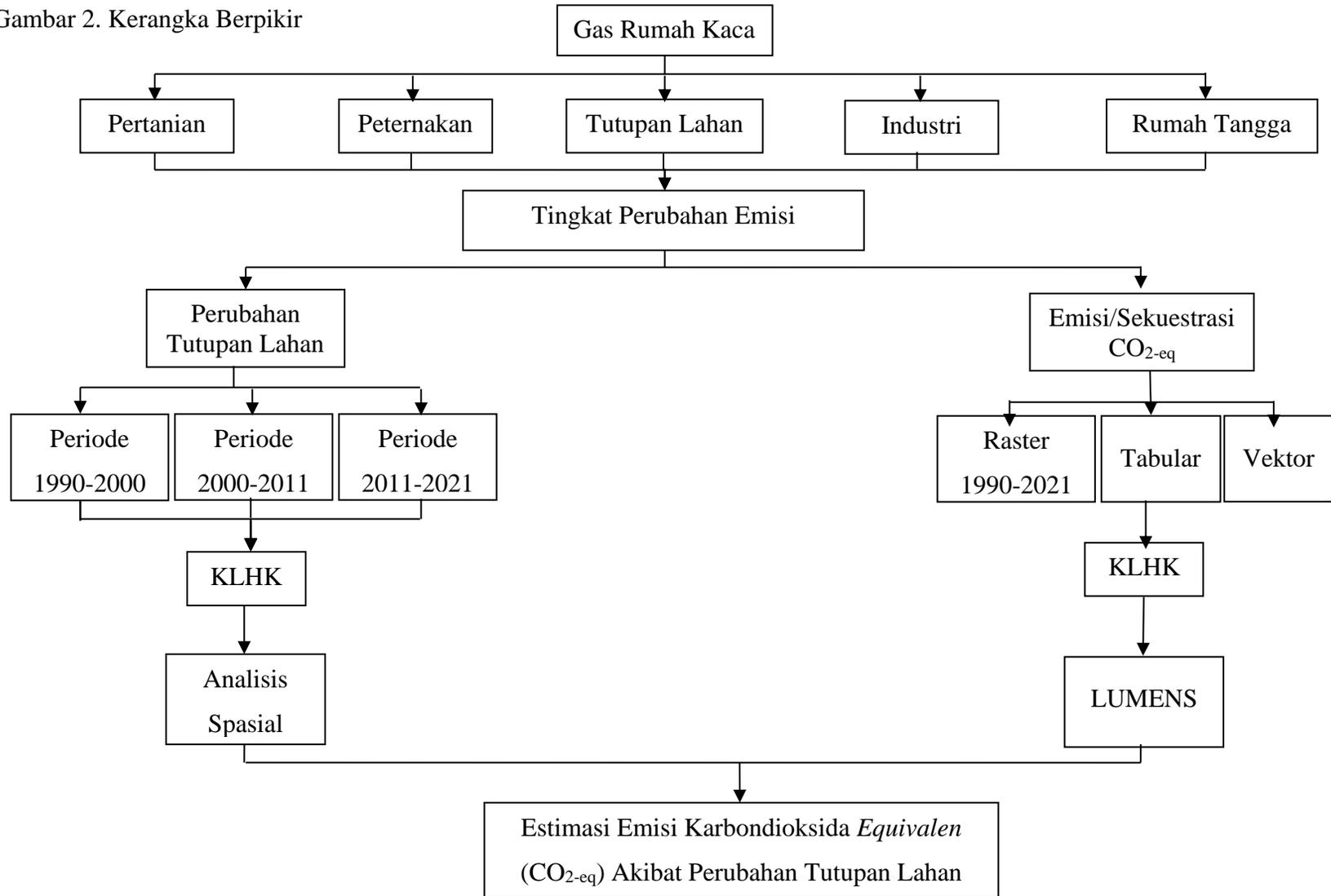
3. Manfaat Bagi Penulis

Penelitian ini menambah wawasan menulis sebagai pembelajaran dan pendalaman keilmuan tentang emisi karbondioksida *equivalen* (CO_{2-eq}) dalam sector kehutanan dan penggunaan lainnya.

1.5 Kerangka Pemikiran

Penyebab pemanasan global yang berdampak kepada perubahan iklim salah satu faktornya yaitu diakibatkan oleh peningkatan emisi gas rumah kaca oleh kegiatan antropogenik. Salah satunya berupa perubahan penggunaan lahan yang mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan tersebut akan berdampak kepada dinamika jumlah cadangan karbon sehingga mempengaruhi jumlah emisi atau karbon. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari KLHK dan Bappenas berupa data vector, data raster dan data tabular. Kemudian data tersebut akan dianalisis menggunakan software atau perangkat lunak ArcGIS dan LUMENS. Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah terjadinya informasi berupa data emisi gas rumah kaca dalam satuan karbondioksida *equivalen* (CO_{2-eq}) pada sektor perubahan penggunaan lahan.

Gambar 2. Kerangka Berpikir



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim

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 karbondioksida (CO₂) menyerap panas (radiasi inframerah) yang dipancarkan dari permukaan bumi (Sommeng, 2018). Peningkatan gas-gas asam arang atau karbondioksida (CO₂), metana (CH₄) dan nitrous oksida (N₂O) mempengaruhi keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer dan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca sehingga membayakan iklim bumi dan keseimbangan ekosistem (Hairiah *et al.*, 2011).

Peningkatan emisi rumah kaca di atmosfer secara berlebihan akibat penggunaan bahan bakar fosil, deforestasi dan aktivitas manusia lainnya akan menyebabkan 6 fenomena pemanasan global dan menipisnya lapisan ozon (Latuconsina, 2010). 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 karbon (Djaenudin *et al.*, 2018).

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 seperti konversi hutan yang diregenerasi menjadi perkebunan (Bhan *et al.*, 2021).

Perubahan iklim adalah perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu baik secara variabilitas alami maupun pengaruh dari aktifitas manusia (Jaranilla *et al.*, 2007). Perubahan iklim terjadi akibat adanya peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi yang di sebut *global warming* (Sumampouw, 2019). 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 sehingga dapat meningkatkan ketidakstabilan iklim yang lebih luas (Jaranilla *et al.*, 2007).

Perubahan iklim berpengaruh negatif terhadap keberlangsungan hidup setiap makhluk di muka bumi (Latuconsina, 2010). Mengurangi emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dengan mempertahankan keutuhan hutan alami dan meningkatkan kerapatan populasi pepohonan di luar hutan dapat menjadi salah satu upaya untuk mengendalikan perubahan iklim (Hairiah *et al.*, 2011).

2.2 Mitigasi Perubahan Iklim

Mitigasi adalah upaya untuk mengatasi penyebab perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan GRK dari berbagai sumber emisi. Pengertian lain mitigasi adalah berbagai tindakan aktif untuk mencegah atau memperlambat terjadinya perubahan iklim atau pemanasan global melalui upaya penurunan emisi GRK dan atau peningkatan penyerapan GRK. Dalam hal ini upaya mitigasi dilakukan untuk menghindari permasalahan yang tidak dapat dikelola di kemudian hari. Pemanasan global dan perubahan iklim adalah masalah yang sulit untuk dikelola di kemudian hari sehingga perlu dilakukan mitigasi untuk mengurangi penyebabnya. Ringkasnya, mitigasi adalah upaya mengatasi penyebab. Mitigasi dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak pemanasan global dan perubahan iklim di masa depan (Aldrian *et al.*, 2011).

Mitigasi yang telah berjalan di Indonesia berupa ikut serta dalam Protokol Kyoto tentang perubahan iklim mengatur penurunan emisi GRK akibat kegiatan manusia sehingga dapat menstabilkan konsentrasi GRK di atmosfer dan tidak membahayakan sistem iklim bumi. Protokol Kyoto menetapkan aturan mengenai tata cara, target, mekanisme penurunan emisi, kelembagaan, serta prosedur penataan dan penyelesaian sengketa. Sehubungan dengan hal tersebut, dan mengingat Indonesia telah mengesahkan Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang perubahan iklim (Konvensi Perubahan Iklim) melalui Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994 (Republik Indonesia, 2004).

Penurunan emisi nasional sebesar 26% dengan upaya sendiri dan 41% jika mendapat bantuan dari luar negeri hingga tahun 2020. Pada Pertemuan G-20 di Pittsburg, Amerika Serikat, pada 2009 Indonesia secara sukarela menyampaikan komitmennya untuk mengurangi emisi GRK secara nasional, dari sisi perundang-undangan, Indonesia juga telah menerbitkan enam Undang-Undang (UU) yang berhubungan dengan isu perubahan iklim. Ke-6 UU tersebut adalah sebagai berikut:

1. UU No. 5/1994 tentang Pengesahan Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa Mengenai Keanekaragaman Hayati.
2. UU No. 17/2004 tentang Pengesahan Protokol Kyoto Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa Tentang Perubahan Iklim.
3. UU No. 24/2007 tentang Penanggulangan Bencana.
4. UU No. 27/2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
5. UU No. 31/2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
6. UU No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Aldrian *et al.*, 2011).

Dalam upaya mengatasi perubahan iklim, UNFCCC melalui Perjanjian Paris sebagai instrumen hukum internasional terbaru dalam perubahan iklim menetapkan ketentuan-ketentuan bagi negara-negara yang terlibat. Pasal 2 ayat 1 Perjanjian Paris menyatakan bahwa dalam rangka meningkatkan implementasi konvensi termasuk tujuannya dalam penanganan ancaman negatif dari perubahan iklim secara global serta dalam konteks pembangunan berkelanjutan serta upaya mengentaskan kemiskinan, dalam huruf (a) terdapat ketentuan yang menjadi tujuan dari Perjanjian Paris yaitu menahan kenaikan suhu global dibawah 2° C dari suhu di atas tingkat di masa pra industrialisasi dan melanjutkan upaya menekan kenaikan suhu global hingga sebesar 1,5° C diatas tingkat pra industrialisasi. Selain itu dalam huruf (b) dan huruf (c) pada Pasal tersebut, Perjanjian Paris ditujukan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap dampak negatif dari perubahan iklim dan mendorong upaya ketahanan iklim serta membuat aliran dana yang konsisten dengan melakukan pembangunan yang

rendah emisi gas rumah kaca tanpa mengancam produksi pangan di suatu negara (Ghaniyyu & Husnita, 2021).

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 karbondioksida (CO₂), menjadi oksigen (O₂) namun juga melakukan proses respirasi (CO₂) namun proses ini tidak signifikan karena (CO₂) yang dilepas dapat diserap Kembali pada proses fotosintesis (Manuri *et al.*, 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 *et al.*, 2011). Kegiatan penggunaan lahan, perubahan penggunaan lahan dan kehutanan adalah sumber utama emisi karbon dan kontributor aktif terhadap pemanasan global (Kanninen *et al.*, 2007)

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 (Melati, 2019).

2.4 Deforestasi dan Degradasi Lahan

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 (Siregar, 2018). 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 (Hosonuma *et al.*, 2012).

Sedangkan 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 (Wahyunto & Dariah, 2014).

2.5 Perangkat Lunak ArcGIS

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information Sistem* (GIS) merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (berreferensi keruangan). Sistem ini mengcapture, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa, dan menampilkan data yang secara spasial mereferensikan kepada kondisi bumi. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti *query* dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang terjadi (Aini, 2016).

2.6 Land Use Planning for Multiple Environmental Services

Perkembangan teknologi saat ini yang semakin maju mampu menunjukkan manfaat yang semakin banyak, salah satunya adalah perangkat lunak LUMENS. LUMENS merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh *World Agroforestry*

Centre (ICRAF). Perangkat lunak LUMENS sebagai alat ukur untuk menganalisis perubahan penggunaan telah banyak digunakan. Penggunaan perangkat lunak ini tidak hanya digunakan oleh para akademisi namun juga digunakan oleh pemerintah yang dapat mempengaruhi pengambilan keputusan (Mutia, 2022).

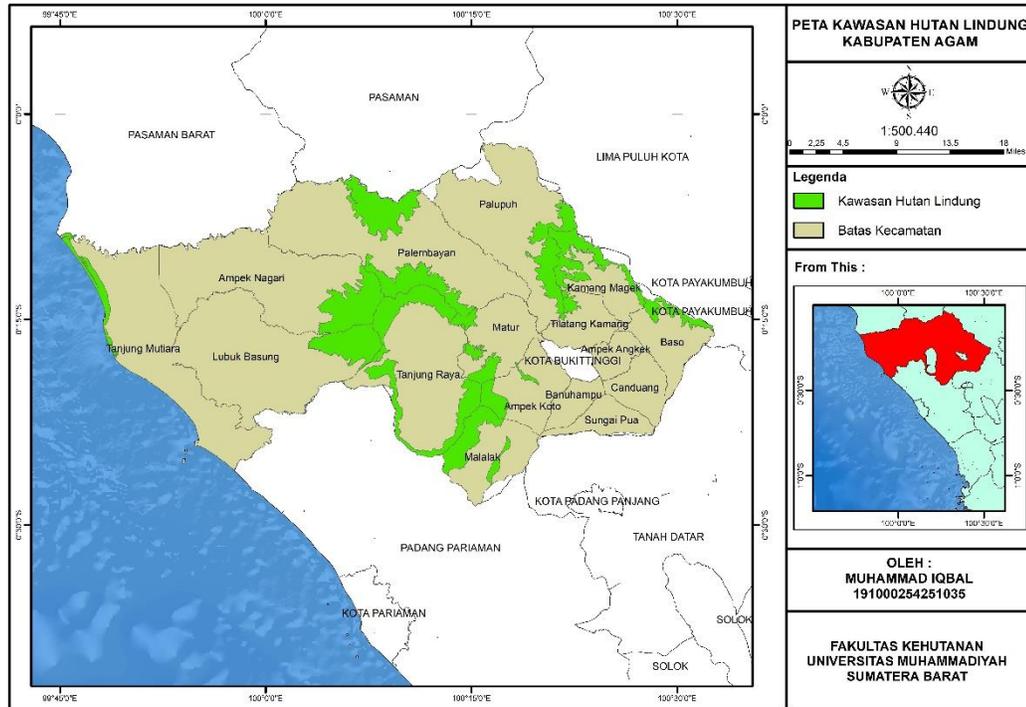
Perangkat lunak ini mampu menganalisis perubahan berbagai jenis tutupan lahan pada suatu kawasan dalam satu waktu untuk melihat stok atau cadangan karbon, emisi, dan penyerapan karbon (Nguyen *et al.*, 2016). Data utama yang digunakan pada perangkat LUMENS ini terbagi menjadi 3 jenis data yaitu data vektor, data raster, dan data tabular. Pengertian dari data-data tersebut (Nurpilihan Bafdal, 2011), yaitu :

1. Data vektor merupakan data yang berbasis kepada titik yang memiliki koordinat (x,y) untuk membangun suatu objek spasial. Objek tersebut diantaranya titik, garis, dan area.
2. Data raster merupakan data yang memiliki struktur data yang tersusun dalam bentuk piksel dan membentuk grid.
3. Data tabular merupakan data yang berfungsi sebagai atribut bagi data spasial dan pada umumnya berbentuk tabel.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2023 dan berada pada wilayah KPHL Agam Raya yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Peta Kawasan Hutan Lindung KPHL Agam Raya

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa laptop yang dilengkapi dengan perangkat lunak ArcGIS dan LUMENS yang dikembangkan oleh ICRAF. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data tutupan lahan 1990, 2000, 2011 dan 2022.

3.3 Data dan Sumber Data

3.3.1 Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder sebagai sumber data utama. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi atau lembaga tertentu. Untuk lebih detail mengenai data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data yang digunakan

No	Data	Sumber	Analisis
1	Perubahan Tutupan Lahan		
	1.1 Tutupan Lahan 1990-2000	KLHK	ArcGis
	1.2 Tutupan Lahan 2000-2011		
	1.3 Tutupan Lahan 2011-2022		
2	Emisi Sekuestrasi		
	2.1 Raster 1990-2022	KLHK	LUMENS
	2.2 Tabular		
	2.3 Vektor		

3.3.2 Sumber Data

Sumber data diperoleh dari data primer dan data sekunder sedangkan data utama menggunakan data sekunder Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

3.4 Analisis Data

3.4.1 Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan ini sebagai tujuan pertama dalam penelitian ini untuk mengetahui perubahan tutupan lahan tahun 1990-2000, 2000-2011, dan 2011-2022 yang bersumber dari KLHK dan di analisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan cara *overlay* pada dua peta tutupan lahan yang berbeda. Setelah itu dilakukan *change detection* yaitu suatu analisis untuk mendeteksi perubahan secara spasial untuk menentukan perubahan objek diantara dua waktu yang berbeda atau lebih.

3.4.2 Emisi Sekuestrasi

Emisi sekuestrasi sebagai tujuan kedua dengan data yang dibutuhkan data raster 1990-2022, data tabular, dan data vektor yang bersumber dari KLHK dan dianalisis menggunakan perangkat lunak LUMENS. Instrumens LUMENS yang digunakan adalah QUES (*Quantification of Environmental Services*). QUES terdiri dari beberapa

sub menu, QUES yang digunakan dalam penelitian ini adalah QUES-C. QUES-C digunakan untuk menghitung emisi karbon dan penyerapan berdasarkan perubahan penggunaan lahan.

BAB IV DESKRIPSI LOKASI PENELITIAN

4.1 Kondisi Geografis Wilayah

Secara geografis, Kabupaten Agam berada pada $00^{\circ} 01' 34'' - 00^{\circ} 28' 43''$ LS dan $99^{\circ} 46' 39'' - 100^{\circ} 32' 50''$ BT. Kabupaten Agam terletak pada kawasan yang sangat strategis, dimana dilalui jalur Lintas Tengah Sumatera dan Jalur Lintas Barat Sumatera dan dilalui oleh *Fider Road* yang menghubungkan Lintas Barat, Lintas Tengah dan Lintas Timur Sumatera yang berimplikasi pada perlunya mendorong daya saing perekonomian, pentingnya memanfaatkan keuntungan geografis. Kabupaten Agam adalah kawasan perbukitan/pegunungan dan pesisir yang didominasi oleh kawasan lindung dengan basis ekonomi pertanian (perkebunan lahan kering dan hortikultura) namun sekaligus kawasan rawan bencana dengan sebaran potensi bahaya tsunami, abrasi, gerakan tanah/longsor dan gempa serta letusan gunung berapi. Demikian juga terhadap pemenuhan berbagai infrastruktur yang masih terbatas (Pemerintah Kabupaten Agam, 2023).

Kabupaten Agam mempunyai kondisi topografi yang cukup bervariasi, mulai dari dataran tinggi hingga dataran yang relatif rendah, dengan ketinggian berkisar antara 0 - 2.891 m dari permukaan laut. Menurut kondisi fisiografinya, ketinggian atau elevasi wilayah Kabupaten Agam, bervariasi antara 2 m sampai 1.031 mdpl. Adapun pengelompokkan yang didasarkan atas ketinggian adalah sebagai berikut (Pemerintah Kabupaten Agam, 2023):

1. Wilayah dengan ketinggian 0-500 mdpl seluas 44,55% sebagian besar berada di wilayah barat yaitu Kecamatan Tanjung Mutiara, Kecamatan Lubuk Basung, Kecamatan Ampek Nagari dan sebagian Kecamatan Tanjung Raya.
2. Wilayah dengan ketinggian 500-1000 mdpl seluas 43,49% berada pada wilayah Kecamatan Baso 725-1525 mdpl, Kecamatan Ampek Angkek Canduang, Kecamatan Malalak 425 -2075 mdpl, Kecamatan Tilatang Kamang, Kecamatan Palembayan 50 - 1425 mdpl, Kecamatan Palupuh 325

-1650 mdpl, Kecamatan Banuhampu 925-2750 mdpl dan Kecamatan Sungai Pua 625-1150 mdpl.

3. Wilayah dengan ketinggian > 1000 mdpl seluas 11,96% meliputi sebagian Kecamatan IV Koto 850-2750 mdpl, Kecamatan Matur 825-1375 mdpl dan Kecamatan Canduang, Sungai Pua 1.150-2.625 mdpl.

Kawasan sebelah barat merupakan daerah yang datar sampai landai (0 – 8%) mencapai luas 71.956 ha, sedangkan bagian tengah dan timur merupakan daerah yang berombak dan berbukit sampai dengan lereng yang sangat terjal (> 45%) yang tercatat dengan luas kawasan 129.352 ha. Kawasan dengan kemiringan yang sangat terjal (> 45%) berada pada jajaran Bukit Barisan dengan puncak Gunung Marapi dan Gunung Singgalang yang terletak di Selatan dan Tenggara Kabupaten Agam (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, 2023).

Formasi batuan yang dijumpai pada daerah Kabupaten Agam dapat digolongkan kepada Pra Tersier, Tersier, dan Kwartir yang terdiri dari batuan endapan permukaan, sedimen, metamorfik, vulkanik dan intrusi. Batuan vulkanik terdapat di Gunung Marapi, Gunung Singgalang dan Danau Maninjau. Wilayah Kabupaten Agam yang ditutupi oleh jenis batuan beku ekstrusif dengan reaksi intermediet (andesit dari Gunung Marapi, Gunung Singgalang, Gunung Tandikek, Danau Maninjau, dan Gunung Talamau) seluas 68.555,10 ha (32,43%), batuan beku ekstrusif dengan reaksi masam (pumis tuff) seluas 55.867,90 ha (26,43%), batuan sedimen dengan jenis batu kapur seluas 80.011,80 ha (3,79%), endapan alluvium mencapai luas 48.189 ha (22,79%). Sementara untuk daerah sekitar Maninjau terjadi lekukan besar kawah Maninjau yang saat ini berisi air danau merupakan hasil dari ledakan maha dahsyat dari erupsi gunung api (Pemerintah Kabupaten Agam, 2023).

Berdasarkan Sistem Wilayah Sungai, Kabupaten Agam termasuk kedalam 3 (tiga) Sistem Wilayah Sungai yaitu: SWS Arau, Kuranji, Anai, Mangau, Antokan dan (AKUAMAN), SWS Masang Pasaman dan SWS Indragiri. Berdasarkan pembagian wilayah berdasarkan Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Agam terdiri dari 8 (delapan) Daerah Aliran Sungai yaitu; DAS Batang Tikau, DAS Andaman, DAS

Mangau, DAS Antokan, DAS Masang Kiri, DAS Masang Kanan dan DAS Batang Naras serta DAS Kuantan. Kabupaten Agam memiliki Danau Maninjau yang terdapat di Kecamatan Tanjung Raya dengan luas sekitar 94.5 km². Sumber air lainnya adalah embung. Embung yang besar di Kabupaten Agam berfungsi sebagai daerah tampungan air dan irigasi. Potensi penyediaan air bersih di Kabupaten Agam saat ini cukup bervariasi, mulai dari penggunaan air tanah dalam, air sungai, dan mata air. Penyediaan air bersih yang dikelola Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Agam menggunakan sistem perpipaan dan non perpipaan. Pelayanan air bersih yang dikelola oleh PDAM dilakukan melalui sembilan unit pelayanan yang memiliki cakupan pelayanan sekitar 31 persen penduduk di daerah pelayanan atau 9 persen penduduk Kabupaten Agam. Untuk pelayanan SPAM perdesaan melalui sistem perpipaan dan non perpipaan baru mencapai 4 persen dari daerah perdesaan yang harus dilayani. Penyediaan air di Kabupaten Agam saat ini masih sangat kurang, dilihat dari masih banyaknya warga yang memanfaatkan air sungai untuk keperluan mandi/cuci/kakus (Pemerintah Kabupaten Agam, 2023).

Temperatur udara di Kabupaten Agam terdiri dari dua macam, yaitu di daerah dataran rendah dengan temperatur minimum 25°C dan maksimum 33°C (Lubuk Basung), sedangkan di daerah tinggi yaitu minimum 20°C dan maksimum 29°C (Tilatang Kamang). Kelembaban udara rata-rata 88%, kecepatan angin antara 4-20 km/jam dan penyinaran matahari rata-rata 58%. Musim hujan di Kabupaten Agam terjadi antara bulan Januari sampai dengan bulan Mei dan bulan September sampai bulan Desember, sedangkan untuk musim kemarau berlangsung antara bulan Juni sampai dengan bulan Agustus (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, 2023).

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Perubahan Tutupan Lahan

Pengertian sederhana tutupan lahan adalah berbagai tipe objek yang terdapat diatas permukaan lahan. Observasi terhadap tipe-tipe tutupan lahan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan media penginderaan jarak jauh. Setiap tipe tutupan lahan akan memiliki atribut spasial yang spesifik, seperti misalnya variasi vegetasi, cadangan karbon dan kandungan hara. Tipe-tipe tutupan lahan akan membentuk konfigurasi habitat bagi tumbuhan dan hewan. Tergantung dari skala pengamatan yang dilakukan, padang rumput, tegakan pohon, hutan, padang pasir, lahan pertanian dan permukiman, adalah beberapa elemen tipe tutupan lahan. Di sisi lain, penggunaan lahan adalah aktivitas manusia yang dilakukan di atas lahan untuk memenuhi tujuan tertentu. Dalam beberapa kasus, tutupan dan penggunaan lahan dapat memiliki sebutan yang sama. Sebagai contoh kata “lahan pengembalaan” dapat digunakan untuk menggambarkan sebuah tipe tutupan lahan (Mulyoutami *et al*, 2010).

Dalam penelitian ini tutupan lahan digunakan untuk analisis perubahan tutupan lahan dan mengetahui emisi atau sequestrasi CO₂-eq akibat perubahan tutupan lahan. Data yang digunakan merupakan data tutupan lahan dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2022, yang bersumber langsung dari Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) wilayah I yang berlokasi di Kota Medan. Berdasarkan data tutupan lahan yang diperoleh dari Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) maka diperoleh klasifikasi tutupan lahan KPHL Agam Raya menjadi 12 kategori tutupan lahan yang terdiri dari: Hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, semak belukar, perkebunan, permukiman, tubuh air, hutan rawa sekunder, semak belukar rawa, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur semak, persawahan, dan tanah terbuka.

Data sekunder berupa tutupan lahan dengan 12 kategori dari tahun 1990 hingga tahun 2022 dibagi lagi menjadi 2 kategori sub utama yaitu tutupan lahan hutan dan non hutan, sesuai dengan klasifikasi yang ada didalam buku yang berjudul “Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan” menjelaskan bahwa penutupan lahan hutan dan non hutan adalah: Hutan: Hutan dataran rendah, hutan mangrove, hutan rawa, hutan lahan

kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan rawa sekunder. Sedangkan tutupan lahan non hutan terdiri atas: Perkebunan, pertanian, perairan, permukiman, lahan basah tidak produktif, lahan kering tidak produktif, semak belukar (Sinery *et al.*, 2019).

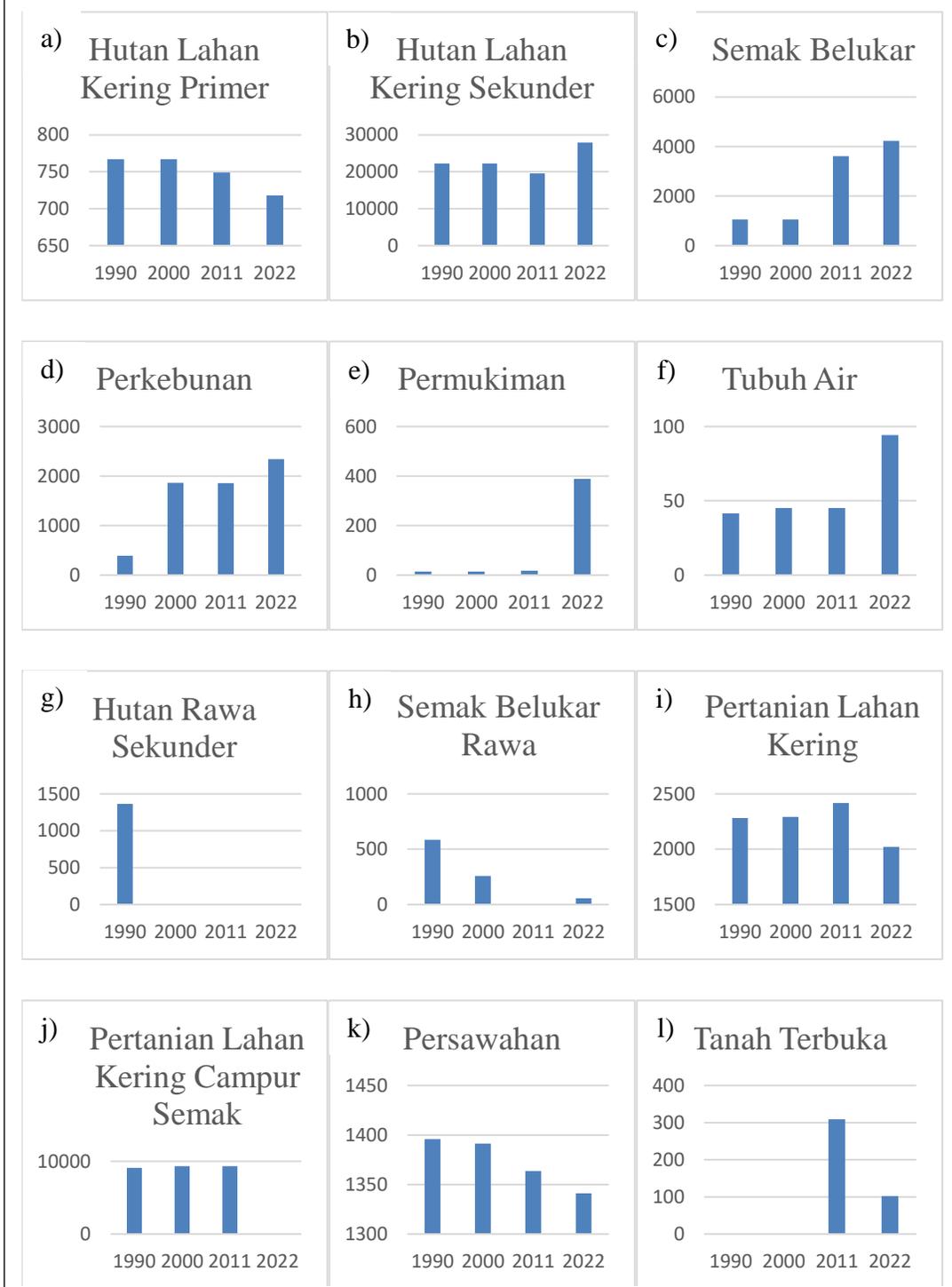
Klasifikasi tutupan lahan pada wilayah kelola KPHL Agaman Raya dari tahun 1990 hingga 2022, yang mengacu pada data SHP tutupan lahan yang diperoleh dari Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) wilayah I Kota Medan, maka diperoleh data tutupan lahan yang dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Luas Penutupan Lahan Tahun 1990, 2000, 2011, 2022

NO	Kelas Penutup Lahan	Tahun 1990		Tahun 2000		Tahun 2011		Tahun 2022	
		Luas (Ha)	%						
1	Hutan Lahan Kering Primer	767.15	1.96	767.15	1.96	749.11	1.91	718.13	1.83
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	22250.52	56.71	22239.29	56.68	19548.84	49.82	27945.42	71.22
3	Semak Belukar	1051.35	2.68	1051.35	2.68	3616.94	9.22	4224.90	10.77
4	Perkebunan	388.54	0.99	1862.40	4.75	1854.16	4.73	2342.82	5.97
5	Permukiman	13.85	0.04	13.85	0.04	17.27	0.04	388.03	0.99
6	Tubuh Air	41.56	0.11	45.23	0.12	45.23	0.12	94.29	0.24
7	Hutan Rawa Sekunder	1365.92	3.48	10.17	0.03	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Semak Belukar Rawa	584.34	1.49	257.73	0.66	0,00	0,00	57.47	0.15
9	Pertanian Lahan Kering	2281.04	5.81	2292.18	5.84	2416.80	6.16	2021.70	5.15
10	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	9095.93	23.18	9305.50	23.72	9315.25	23.74	0,00	0,00
11	Persawahan	1395.92	3.56	1391.26	3.55	1363.52	3.48	1341.06	3.42
12	Tanah Terbuka	0,00	0,00	0,00	0,00	308.99	0.79	102.29	0.26
Total		39236.11	100	39236.11	100	39236.11	100	39236.11	100

Sumber: Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) Wilayah I Kota Medan

Grafik Perubahan Per Tutupan Lahan



Gambar 4 Grafik Perubahan Per Tutupan Lahan

a) Hutan Lahan Kering Primer b) Hutan Lahan Kering Sekunder c) Semal Belukar d) Perkebunan e) Permukiman f) Tubuh Air g) Hutan Rawa Sekunder h) Semak Belukar Rawa i) Pertanian Lahan Kering j) Pertanian Lahan Kering Campur Semak k) Persawahan l) Tanah Terbuka

Berdasarkan gambar 4 diketahui luas tutupan lahan yang kelola KPHL Agam Raya adalah seluas 39.236,11 Ha. Jenis tutupan lahan yang mendominasi pada wilayah kelola KPHL Agam Raya adalah jenis hutan lahan kering sekunder, dengan persentase luas pada tahun 1990 adalah 56.71% dari luas total wilayah kelola, pada tahun 2000 adalah 56.68% dari luas total wilayah kelola, pada tahun 2011 adalah 49.82% dari luas total wilayah kelola, dan pada tahun 2022 mengalami peningkatan luas yaitu sebesar 71.22% dari luas total wilayah kelola. Perubahan tutupan lahan yang terjadi pada wilayah kelola KPHL Agam Raya cukup dinamis yang mana perubahan yang terjadi berupa peningkatan maupun penurunan luas pada masing-masing jenis tutupan lahan. Jenis tutupan lahan yang mengalami peningkatan yang signifikan terjadi pada tutupan lahan jenis hutan lahan kering sekunder, pada tahun 1990 hutan lahan kering sekunder memiliki luas 22.250,52 Ha dan setelah 32 tahun terjadi peningkatan luas hutan lahan kering sekunder menjadi 27.945,42 Ha ditahun 2022. Sedangkan jenis tutupan lahan yang mengalami penurunan luas terjadi pada jenis tutupan lahan pertanian lahan kering campur semak, yang mana luas pertanian lahan kering campur semak pada tahun 1990 adalah seluas 9.095,93 Ha, dan pada tahun 2022 mengalami penurunan luas yang menghabiskan seluruh luas tutupan pertanian lahan kering campur semak.

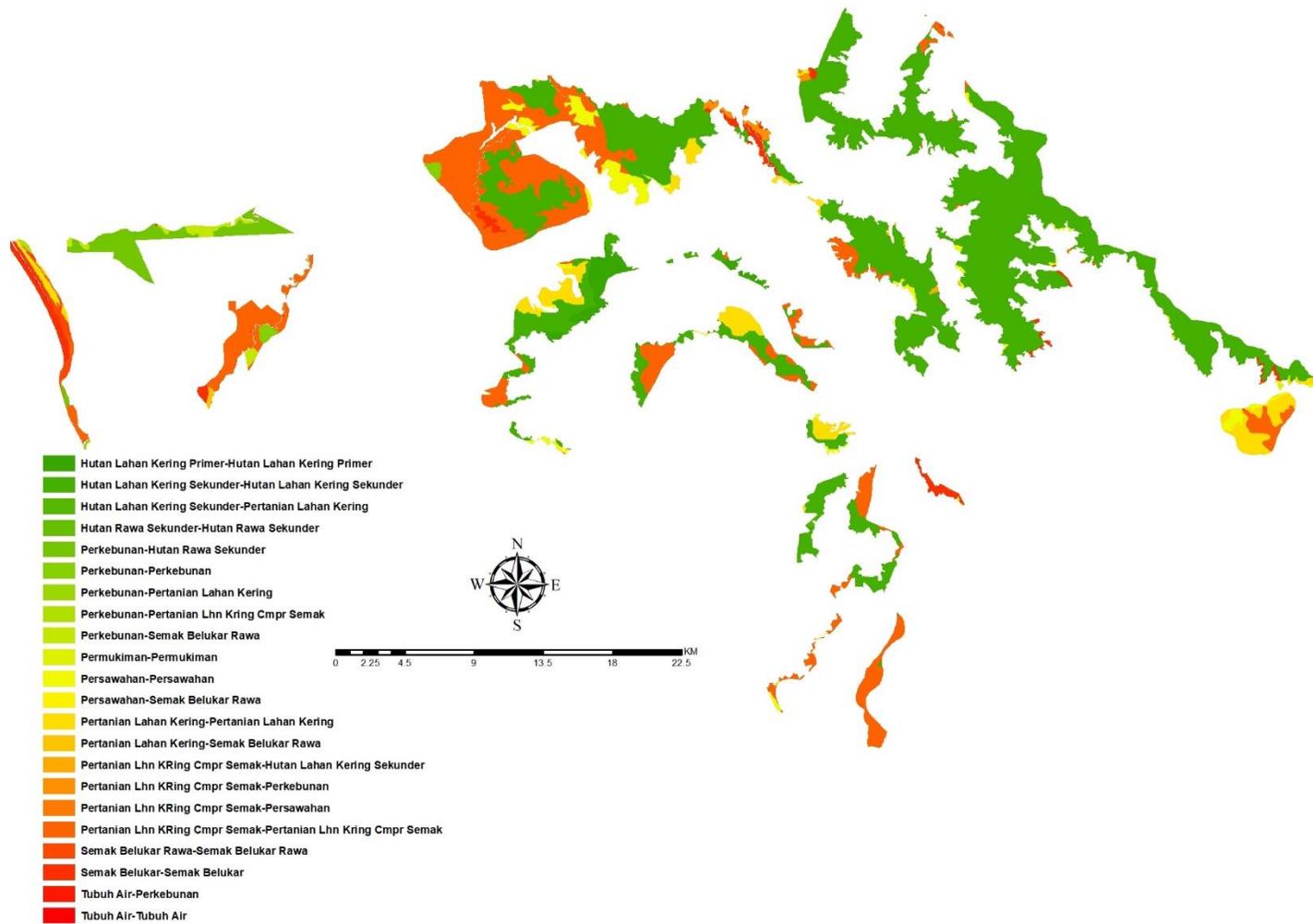
Data tutupan lahan yang terdiri dari 12 klasifikasi kemudian diklasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu tutupan berhutan dan tutupan non hutan, sesuai dengan yang di jelaskan oleh (Sinery *et al.*, 2019) dalam bukunya. Maka diperoleh kawasan hutan yang berada dalam wilayah kelola KPHL Agam Raya terdiri atas: Hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, dan hutan rawa sekunder. Sedangkan tutupan lahan non hutan terdiri atas: Semak belukar, perkebunan, permukiman, tubuh air, semak belukar rawa, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur semak, persawahan, tanah terbuka.

Perubahan tutupan lahan yang diamatai pada penelitian ini dibagi menjadi 3 periode yaitu periode 1990-2000, periode 2000-2011, dan periode 2011-2022. Pada periode 1990-2000 perkebunan adalah jenis perubahan tutupan lahan yang mengalami peningkatan luas terbesar yaitu seluas 1.473,7 Ha. Pada periode ini hutan rawa sekunder dan semak belukar rawa mengalami penurunan luas yang cukup besar, yang mana luas penurunan masing-masingnya secara berurutan adalah 1.355,7 Ha dan 326,6 Ha, hutan rawa sekunder terkonversi menjadi area perkebunan di tahun 2000, sedangkan semak belukar rawa terkonversi menjadi area perkebunan, persawahan, dan pertanian lahan kering. Perubahan tutupan lahan pada periode ini tidak terlalu bervariasi, ada sembilan dari 12 jenis tutupan lahan yang tidak mengalami perubahan atau stabil, diantaranya adalah hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, semak belukar, permukiman, tubuh air, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur semak, persawahan, tanah terbuka. Matrik perubahan tutupan lahan dan peta perubahan tutupan lahan di wilayah kelola KPHL Agam Raya dapat di lihat pada tabel 3 dan gambar 5 sebagai berikut:

Tabel 3. Matrik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990-2000 di KPHL Agam Raya

Matrik		TUTUPAN LAHAN 2000										
Perubahan	HP	HS	Hrs	Pkb	Pm	Sw	PLK	PCS	SB	SBr	TA	Total
HP	767.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	767.1
HS	-	22221	-	-	-	-	-	29.7	-	-	-	22250.5
T Hrs	-	-	10.2	1356	-	-	-	-	-	-	-	1365.9
L Pkb	-	-	-	183	-	-	-	202.4	-	-	3.7	388.6
Pm	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	13.9
1 Sw	-	-	-	-	-	1391	-	4.8	-	-	-	1395.9
9 PLK	-	18.5	-	12.1	-	-	2250.4	-	-	-	-	2281
9 PCS	-	-	-	27.3	-	-	-	9068.6	-	-	-	9095.9
0 SB	-	-	-	-	-	-	-	-	1051	-	-	1051.3
SBr	-	-	-	285	-	0.1	41.8	-	-	257.7	-	584.3
TA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41.6	41.6
Total	767.1	22239	10.2	1862	14	1391	2292.2	9305.5	1051	257.7	45.3	39236.11

Keterangan: HP= Hutan Lahan Kering Primer, HS= Hutan Lahan Kering Sekunder, Hrs= Hutan Rawa Sekunder, Pkb= Perkebunan, Pm= Pemukiman, Sw= Persawahan, PLK= Pertanian Lahan Kering, PCS= Pertanian Lahan Kering Campur Semak, SB= Semak Belukar, SBr= Semak Belukar Rawa, TA= Tubuh Air



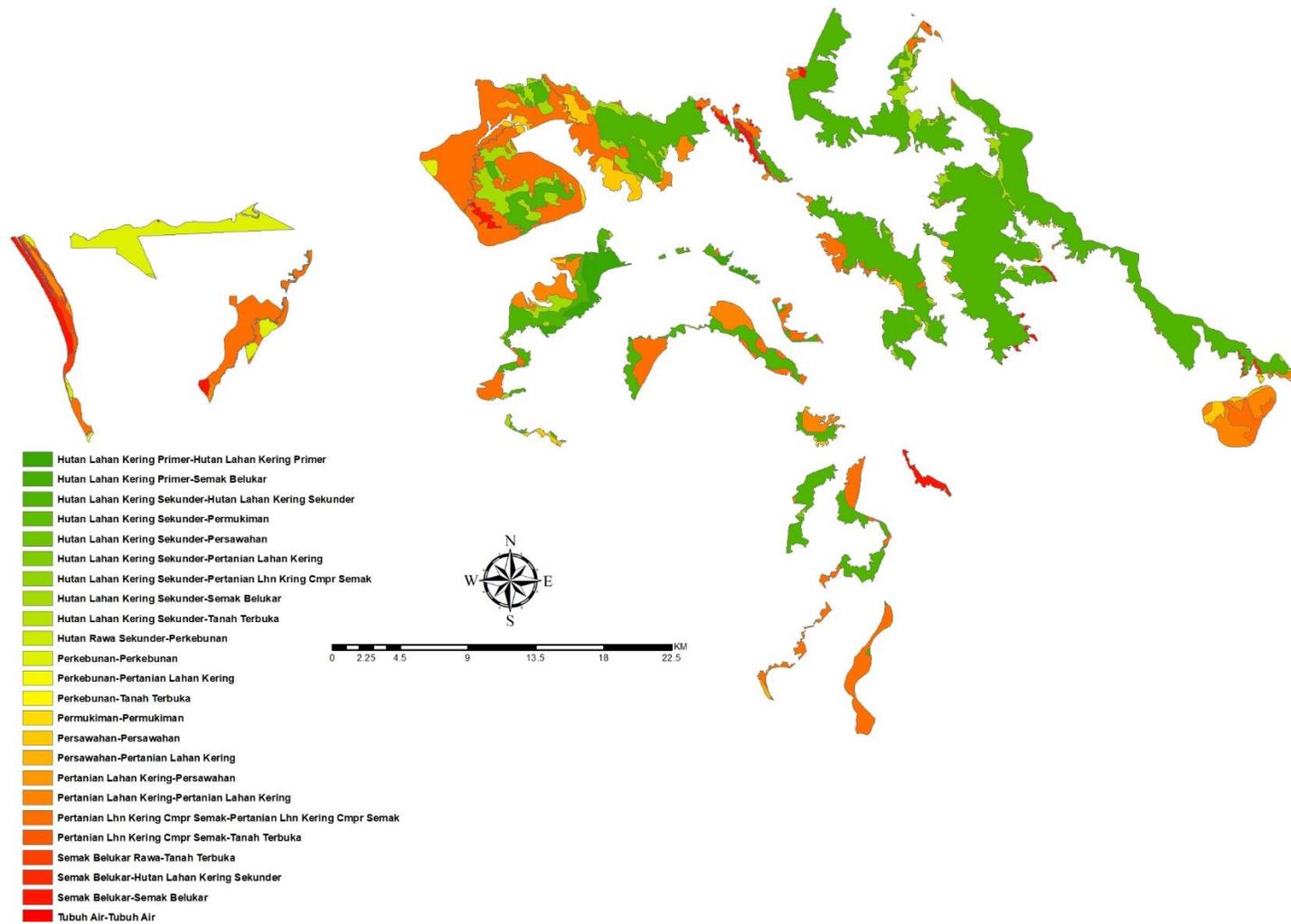
Gambar 5. Perubahan Tutupan Lahan (1990-2000)

Pada periode 2000-2011 perubahan tutupan lahan yang terjadi banyak terkonversi menjadi semak belukar. Pada tahun 2000 semak belukar memiliki luas 1.051,3 Ha, dan pada tahun 2011 luas semak belukar menjadi 3.616,9 Ha, yang berarti semak belukar pada periode 2000-2011 mengalami peningkatan luas yang besar yaitu seluas 2.565,6 Ha. Pada periode ini hutan lahan kering sekunder menjadi jenis tutupan lahan yang mengalami penurunan luas, pada tahun 2000 hutan lahan kering sekunder memiliki luas 22.239,3 Ha, dan pada tahun 2011 hutan lahan kering sekunder mengalami penurunan luas sebesar 2.690,5 Ha, sehingga luas total hutan lahan kering sekunder pada tahun 2011 menjadi seluas 19.548,8 Ha. Perubahan hutan lahan sekunder diakibatkan karena terkonversinya menjadi permukiman, persawahan, pertanian lahan kering, semak belukar, dan tanah terbuka. Pada periode ini ada tiga jenis tutupan lahan yang mengalami perubahan sedikit ataupun tetap, yaitu perubahan yang tidak sampai 10 Ha, baik itu perubahan penurunan luas maupun peningkatan luas. Jenis tutupan lahan tersebut adalah hutan lahan kering primer, permukiman, pertanian lahan kering campur semak, dan tubuh air. Peta perubahan tutupan lahan tahun 2000-2011 wilayah kelola KPHL Agam Raya dapat di lihat pada gambar 6. Sedangkan untuk Matrik perubahan tutupan lahan tahun 2000-2011 wilayah kelola KPHL Agam Raya dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Matrik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2000-2011 di KPHL Agam Raya

Matrik		TUTUPAN LAHAN 2011										
Perubahan		HP	HS	Pkb	Pm	Sw	PLK	PCS	SB	TT	TA	Total
	HP	749.1	-	-	-	-	-	-	18	-	-	767.1
	HS	-	19500.1	-	3.4	66.3	18.5	47	2596.3	7.7	-	22239.3
T	Hrs	-	-	10.2	-	-	-	-	-	-	-	10.2
L	Pkb	-	-	1844	-	-	12.1	-	-	6.3	-	1862.4
	Pm	-	-	-	13.9	-	-	-	-	-	-	13.9
2	Sw	-	-	-	-	1286	105.2	-	-	-	-	1391.3
0	PLK	-	-	-	-	11.2	2281	-	-	-	-	2292.2
0	PCS	-	-	-	-	-	-	9268.2	-	37.3	-	9305.5
0	SB	-	48.7	-	-	-	-	-	1002.6	-	-	1051.3
	SBr	-	-	-	-	-	-	-	-	257.7	-	257.7
	TA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.2	45.2
	Total	749.1	19548.8	1854.2	17.3	1364	2416.8	9315.2	3616.9	309	45.2	39236.11

Keterangan: HP= Hutan Lahan Kering Primer, HS= Hutan Lahan Kering Sekunder, Hrs= Hutan Rawa Sekunder, Pkb= Perkebunan, Pm= Pemukiman, Sw= Persawahan, PLK= Pertanian Lahan Kering, PCS= Pertanian Lahan Kering Campur Semak, SB= Semak Belukar, SBr= Semak Belukar Rawa, TA= Tubuh Air, TT= Tanah Terbuka



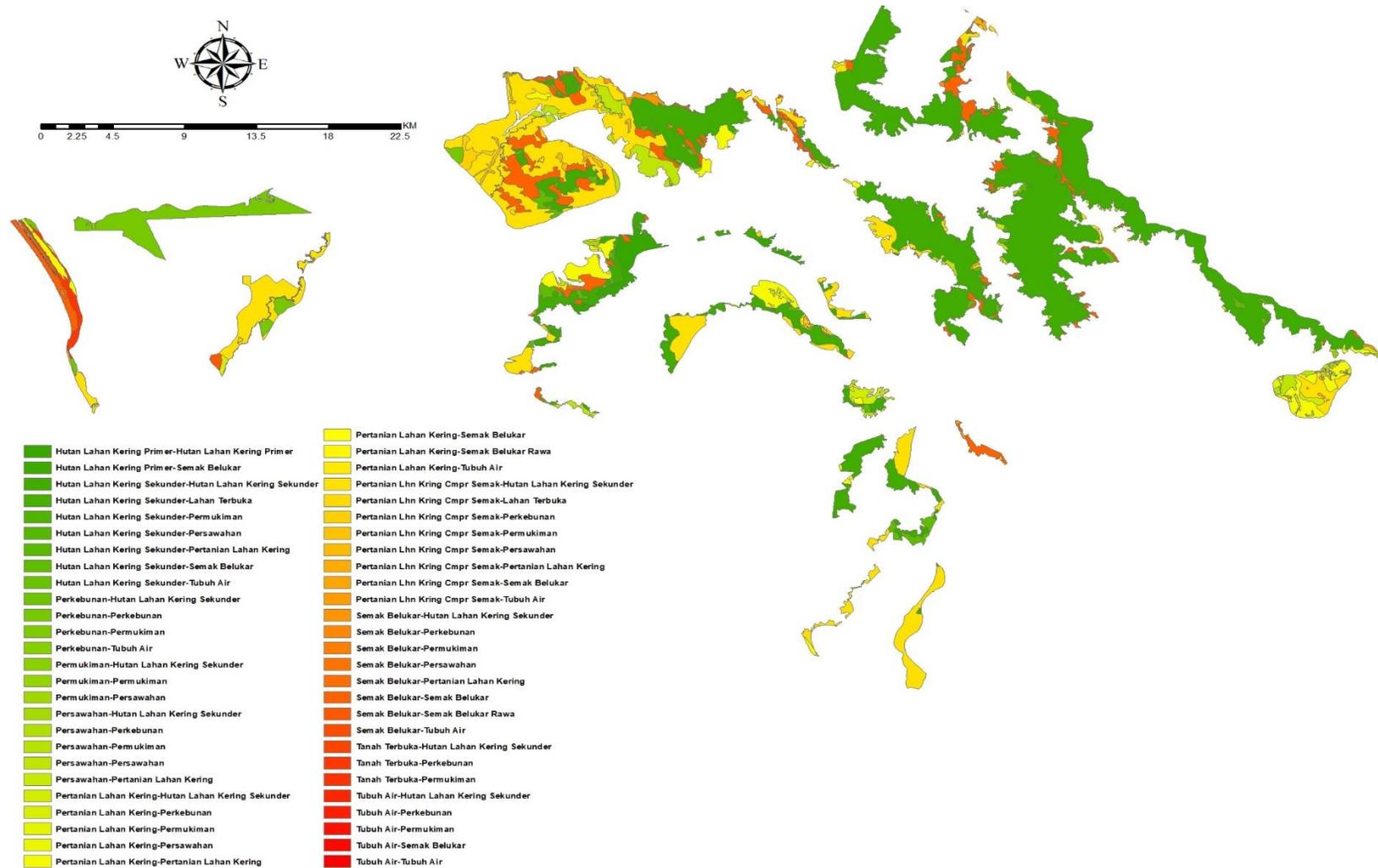
Gambar 6. Perubahan Tutupan Lahan (2000-2011)

Periode 2011-2022 perubahan tutupan lahan sangat bervariasi, karena hampir seluruh tutupan lahan mengalami peningkatan maupun penurunan luas, bahkan hampir seluruh jenis tutupan lahan mengalami konversi ke jenis tutupan lahan lainnya. Pada periode ini hutan lahan kering sekunder mengalami peningkatan luas yang cukup besar, dari jumlah sebelumnya 19.548,84 Ha menjadi 27.949,61 Ha, yang berarti hutan lahan kering sekunder mengalami peningkatan luas sebesar 8.400,76 Ha, hal ini disebabkan oleh terkonversinya jenis tutupan lahan terbuka, pemukiman, persawahan, pertanian lahan kering, semak belukar, dan tubuh air menjadi hutan lahan kering sekunder. Pada periode ini pertanian lahan kering mengalami penurunan luas sebesar 395,10 Ha dari luas sebelumnya 2.416,80 Ha menjadi 2.021,70 Ha. Hal ini dikarenakan tutupan lahan pertanian lahan kering terkonversi menjadi tutupan hutan lahan kering sekunder, perkebunan, pemukiman, persawahan, semak belukar, semak belukar rawa, dan tubuh air. Pada periode ini ada tiga jenis tutupan lahan yang tidak terlalu mengalami perubahan baik itu peningkatan luas, maupun penurunan luas, jenis tutupan lahan tersebut adalah tubuh air, persawahan, hutan lahan kering primer. Hal ini dikarenakan konversi luas tutupan lahan yang terjadi tidak terlalu besar atau hanya sedikit. Peta perubahan tutupan lahan tahun 2011-2022 wilayah kelola KPHL Agam Raya dapat dilihat pada gambar 7. Sedangkan untuk Matrik perubahan tutupan lahan tahun 2011-2022 wilayah kelola KPHL Agam Raya dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Matrik Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2011-2022 di KPHL Agam Raya

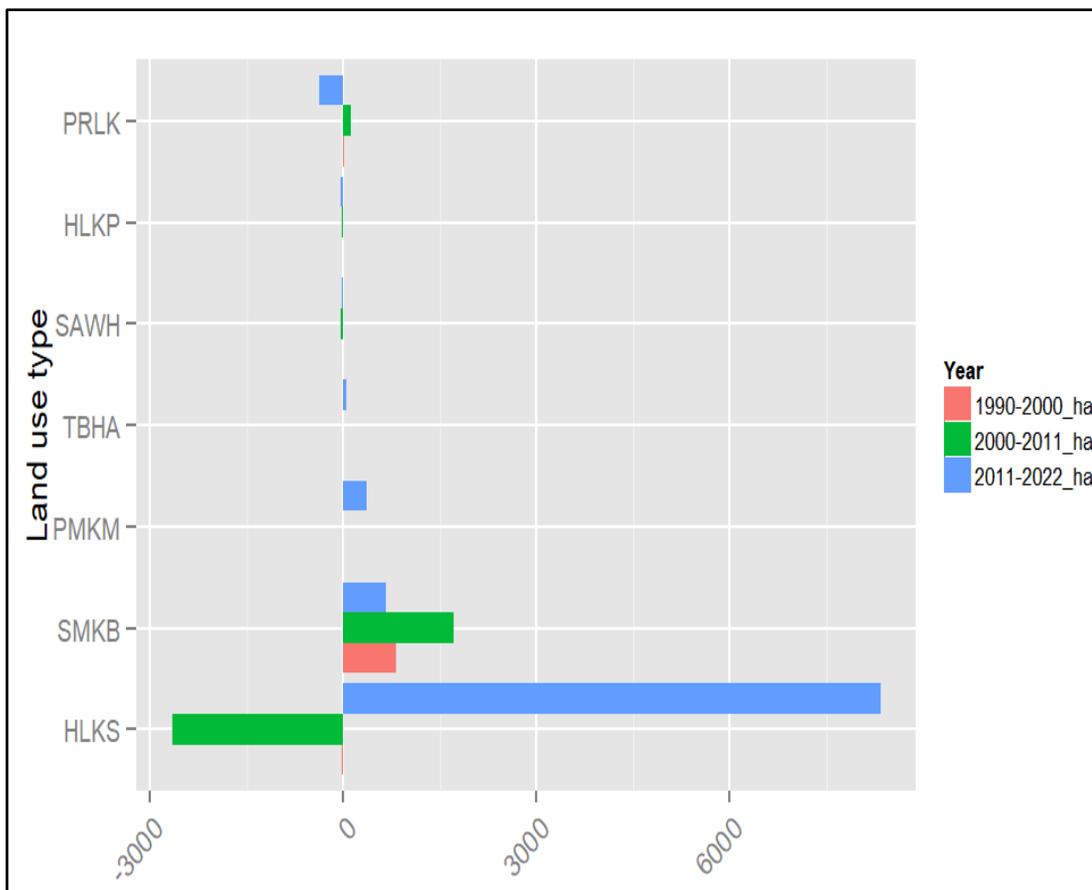
Matrk		TUTUPAN LAHAN 2022										
Perubahan	HP	HS	LT	Pkb	Pm	Sw	PLK	SB	SBr	TA	Total	
	HP	718.13	-	-	-	-	-	30.97	-		749.11	
	HS	-	18557.06	76.60	-	6.93	11.77	1.39	883.34	-	11.75	19548.84
T	Pkb	-	0.01	-	1838.58	15.57	-	-	-	-	0.00	1854.16
L	Pm	-	3.42	-	-	13.85	0.00	-	-	-		17.27
	Sw	-	92.58	-	0.11	41.54	1160.84	68.45	-	-		1363.52
2	PLK	-	246.82	-	51.88	151.81	23.10	1901.98	35.45	0.55	5.21	2416.80
0	PCS	-	8792.46	25.69	149.52	140.67	127.45	47.00	21.98	-	10.47	9315.25
1	SB	-	249.59	-	2.35	16.28	17.90	2.88	3248.89	56.92	22.14	3616.94
1	TT	-	7.67	-	299.95	1.37	-	-	-	-		308.99
	TA	-	0.00	-	0.43	0.00	-	-	0.09	-	44.71	45.23
	Total	718.13	27949.61	102.29	2342.82	388.03	1341.06	2021.70	4220.71	57.47	94.29	39236.11

Keterangan: HP= Hutan Lahan Kering Primer, HS= Hutan Lahan Kering Sekunder, Hrs= Hutan Rawa Sekunder, Pkb= Perkebunan, Pm= Pemukiman, Sw= Persawahan, PLK= Pertanian Lahan Kering, PCS= Pertanian Lahan Kering Campur Semak, SB= Semak Belukar, SBr= Semak Belukar Rawa, TA= Tubuh Air, TT= Tanah Terbuka, LT= Lahan Terbuka



Gambar 7 Perubahan Tutupan Lahan (2011-2022)

Dalam 32 tahun terakhir yaitu dari tahun 1990 hingga tahun 2022 perubahan tutupan lahan yang terjadi di wilayah kelola KPHL Agama Raya mengalami perubahan tutupan lahan didominasi pada periode 2000-2011 dan 2011-2022, pada periode 2000-2001 terjadi penurunan luas tutupan lahan jenis hutan lahan kering sekunder, dan pada periode 2011-2022 terjadi peningkatan luas jenis tutupan lahan semak belukar yang cukup besar. Peningkatan dan penurunan jenis tutupan lahan pada wilayah kelola KPHL Agama Raya periode 1990-2000, 2000-2011, 2011-2022 dapat di lihat pada gambar berikut:



Gambar 8. Perubahan Tutupan Lahan KPHL Agama Raya HLKS= Hutan Lahan Kering Sekunder, SMKB= Semak Belukar, PMKM= Permukiman, TBHA= Tubuh Air, SAWH= Sawah, HLKP= Hutan Lahan Kering Sekunder, = PRLK= Pertanian Lahan Kering

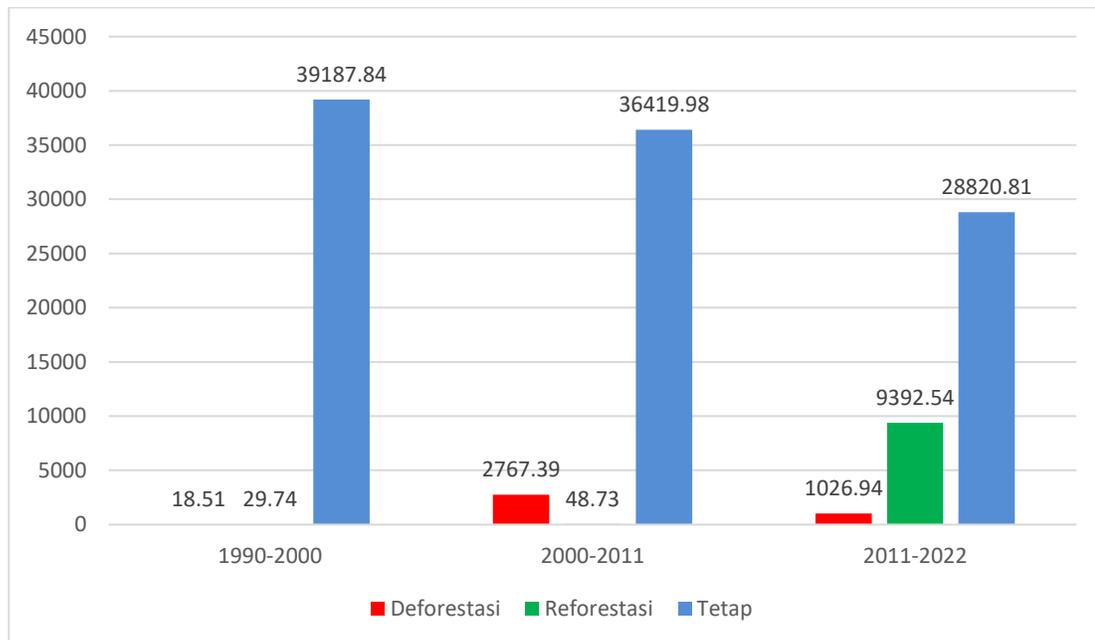
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa wilayah kelola KPHL Agama Raya mengalami perubahan tutupan lahan (hutan) pada periode 1990-2011 dengan

penurunan luas tutupan lahan (hutan) hingga menjadi 20.297,95 Ha dari luas sebelumnya yaitu 24.383,59 Ha. Hal ini dibenrakan karena dilihat dari peningkatan luas tutupan lahan (non hutan) dari 14.852,52 Ha menjadi 18.938,16 Ha. Namun pada periode 2011-2022 jenis tutupan lahan hutan mengalami peningkatan pesat bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan luas tutupan lahan jenis hutan pada tahun 1990 yaitu seluas 28.663,55 Ha. Hal ini dapat dilihat dari jenis tutupan lahan non hutan mengalami penurunan luas menjadi 10.572,56 Ha. Klasifikasi tutupan lahan wilayah kelola KPHL Agam Raya sesuai dengan yang tercantum dalam (Sinery *et al.*, 2019) yang membagi tutupan lahan menjadi 2 kategori yaitu hutan dan non hutan dapat dilihat pada gambar diagram berikut:



Gambar 9. Klasifikasi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990, 2000, 2011, 2022

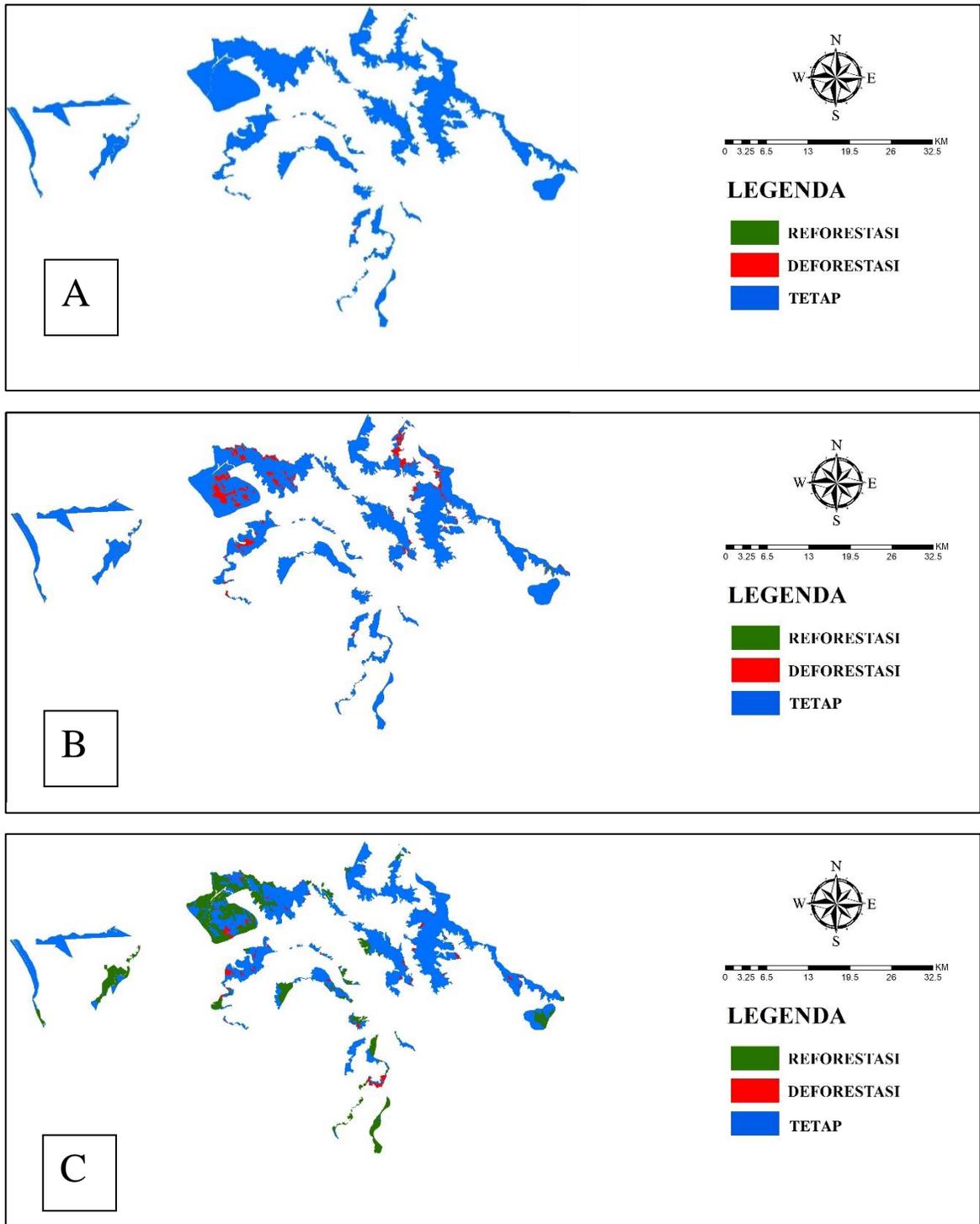
Hasil analisis membuktikan bahwa deforestasi terjadi setiap periode pada wilayah kelola KPHL Agam Raya, yang mana deforestasi terjadi pada periode 1990-2000 dan periode 2000-2011 dengan angka deforestasi masing-masingnya adalah 18,52 Ha dan 27.6739,15 Ha, untuk periode 2011-2022 angka deforestasi yang terjadi adalah seluas 1.026.94 Ha. Reforestasi juga terjadi setiap periode pada wilayah Kelola KPHL Agam Raya, reforestasi yang terjadi pada periode 1990-2000 adalah seluas 29,74 Ha dan pada periode 2000-2011 reforestasi yang terjadi adalah seluas 4.873.30 Ha. Pada periode 2011-2022 reforestasi yang terjadi cukup besar yaitu seluas 9.392,54 Ha, sehingga pada periode 2011-2022 terjadi peningkatan luas tutupan lahan jenis hutan. Grafik deforestasi dan angka reforestasi dapat dilihat pada gambar diagram berikut:



Gambar 10. Tingkat Deforestasi dan Reforestasi KPHL Agam Raya

Menurut (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021) deforestasi merupakan suatu kondisi perubahan tutupan lahan dari kelas tutupan lahan hutan menjadi tutupan lahan bukan hutan. Sedangkan aforestasi didefinisikan sebagai perubahan tutupan lahan yang sebelumnya rusak menjadi kawasan hutan kembali. Peta

deforestasi dan reforestasi wilayah kelola KPHL Agam Raya dapat dilihat pada gambar 11 berikut:



Gambar 11. Deforestasi dan Reforestasi KPHL Agam Raya A. Perubahan Tutupan Lahan Periode (1990-2000), B. Perubahan Periode (2000-2011), C. Perubahan Periode (2011-2022)

5.2 Estimasi Emisi CO₂-eq Akibat Perubahan Tutupan Lahan

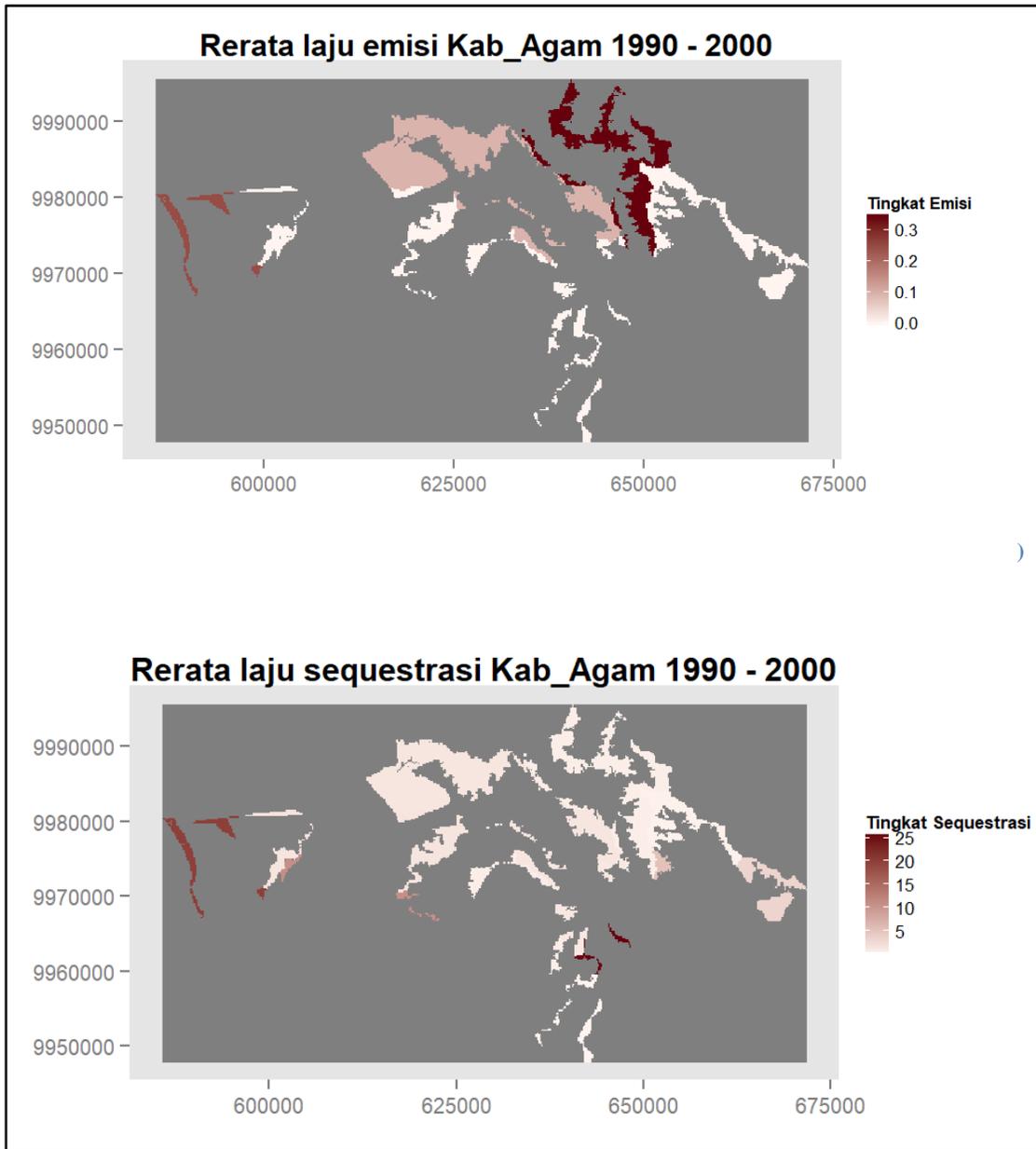
Kegiatan perubahan penggunaan lahan selain menyebabkan kehilangan keanekaragaman hayati juga akan mempengaruhi jumlah karbon ataupun emisi CO₂ dari berbagai tipe penggunaan lahan. Emisi CO₂ yang dihasilkan akibat dari penurunan kualitas ataupun konversi suatu lahan menjadi lahan lainnya yang memiliki cadangan karbon yang lebih kecil. Dengan menggunakan pendekatan berbasis cadangan karbon maka emisi CO₂ dapat dihitung setelah mendapatkan matrik transformasi perubahan penggunaan lahan yang diintegrasikan dengan cadangan karbon pada masing-masing penggunaan lahan. Hasil perhitungan emisi karbon dari perubahan tutupan lahan pada wilayah kelola KPHL Agam Raya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Emisi dan Sekuestrasi CO₂-eq Tahun 1990-2022

Perhitungan Emisi	Tahun		
	1990 - 2000	2000-2011	2011-2022
Total Emisi (Ton CO ₂ -eq)	455.538,75	1.552.283,39	631.170,27
Total Sekuestrasi (Ton CO ₂ -eq)	140.410,53	166.258,34	4.820.717,49
Emisi Bersih (Ton CO ₂ -eq)	315.128,22	1.386.025,05	-4.189.547,22
Laju Emisi (Ton CO ₂ -eq/tahun)	31.512,82	126.002,28	-380.867,93
Laju emisi per-unit area (Ton CO ₂ - eq/ha.tahun)	0,836	3.342	-10.175

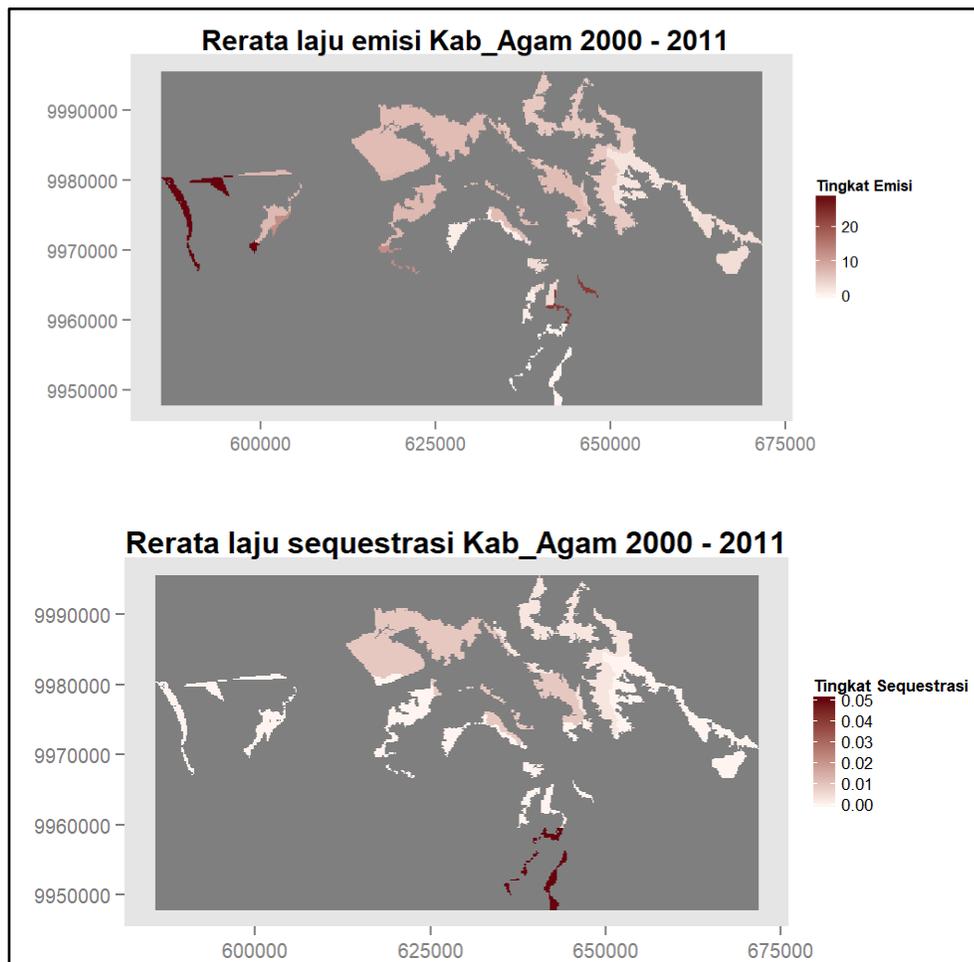
Tabel diatas merupakan hasil perhitungan emisi pada wilayah kelola KPHL Agam Raya dari tahun 1990-2022. Dari tabel diatas diketahui bahwa hasil emisi karbon yang dihasilkan pada periode 1990-2000 adalah sebesar 455.538,7 ton CO₂-eq. Emisi tertinggi dihasilkan karena adanya konversi perkebunan menjadi semak belukar rawa, dengan tingkat emisi sebesar 25.190,88 ton CO₂-eq atau 57,93% dari jumlah total emisi CO₂-eq yang dihasilkan pada periode 1990-2000, kemudian diikuti dengan konversi hutan lahan kering menjadi semak belukar rawa. Sedangkan sekuestrasi yang dihasilkan pada periode ini adalah sebesar 140.410,53 ton CO₂-eq. Sekuestrasi tertinggi dihasilkan oleh konversi tutupan lahan jenis semak belukar menjadi hutan rawa primer dengan tingkat sekuestrasi sebesar 584.851,2 ton CO₂-eq atau sebesar 63,3% dari total sekuestrasi yang dihasilkan. Kontribusi emisi dan sekuestrasi dari perubahan tutupan

lahan periode 1990-2000 dapat dilihat pada lampiran 4. Sebaran emisi dan sekuestrasi dari perubahan tutupan lahan periode 1990-2000 dapat dilihat pada gambar berikut:



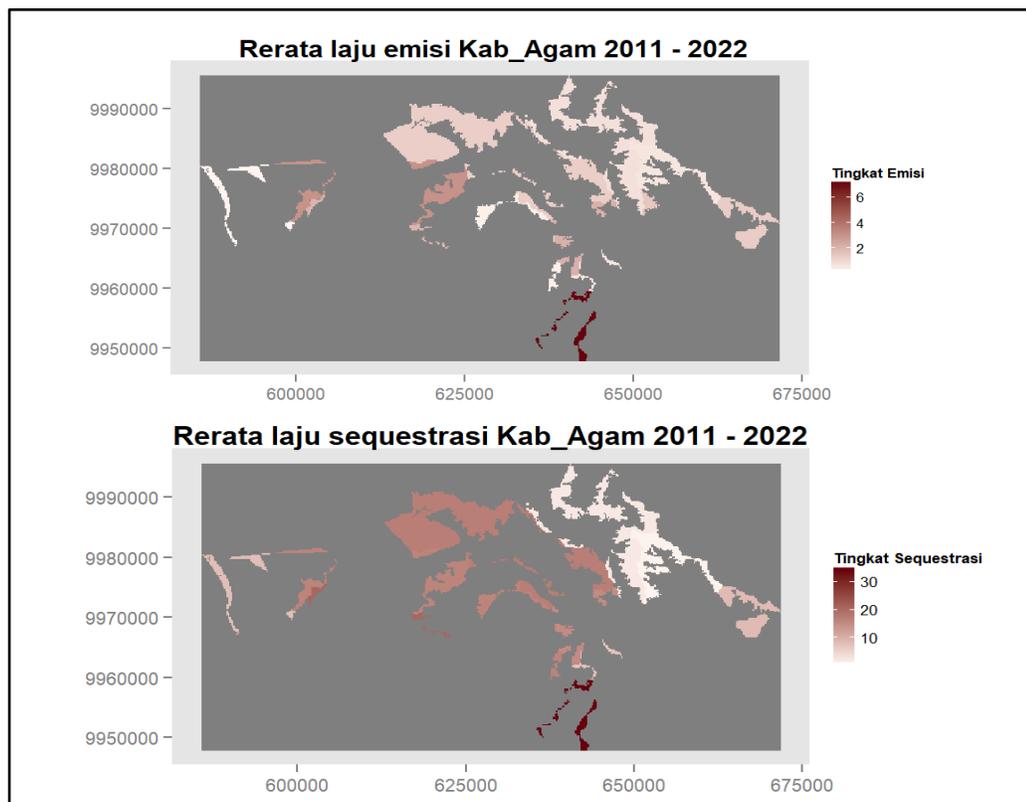
Gambar 12. Peta Emisi dan Penyerapan Karbon KPHL Agam Raya (1990-2000)

Pada periode 2000-2011 mengalami peningkatan emisi CO₂, total emisi yang terjadi pada periode ini adalah sebesar 1.552.283,38 ton CO₂-eq. Emisi tertinggi dihasilkan oleh konversi hutan lahan kering menjadi semak belukar yaitu sebesar 1.340.621,64 ton CO₂-eq atau 50,63% dari total emisi yang terjadi. Untuk sekuestrasi pada periode ini adalah sebesar 166.258,34 ton CO₂-eq, dengan penyerapan terbesar akibat adanya konversi lahan padang rumput menjadi pertanian lahan kering sebesar 100% dari penyerapan yang terjadi pada periode ini. Kontribusi emisi dan sekuestrasi dari perubahan tutupan lahan periode 2000-2011 dapat dilihat pada lampiran 5. Sebaran emisi dan sekuestrasi dari perubahan tutupan lahan periode 2000-2011 dapat dilihat pada gambar berikut:



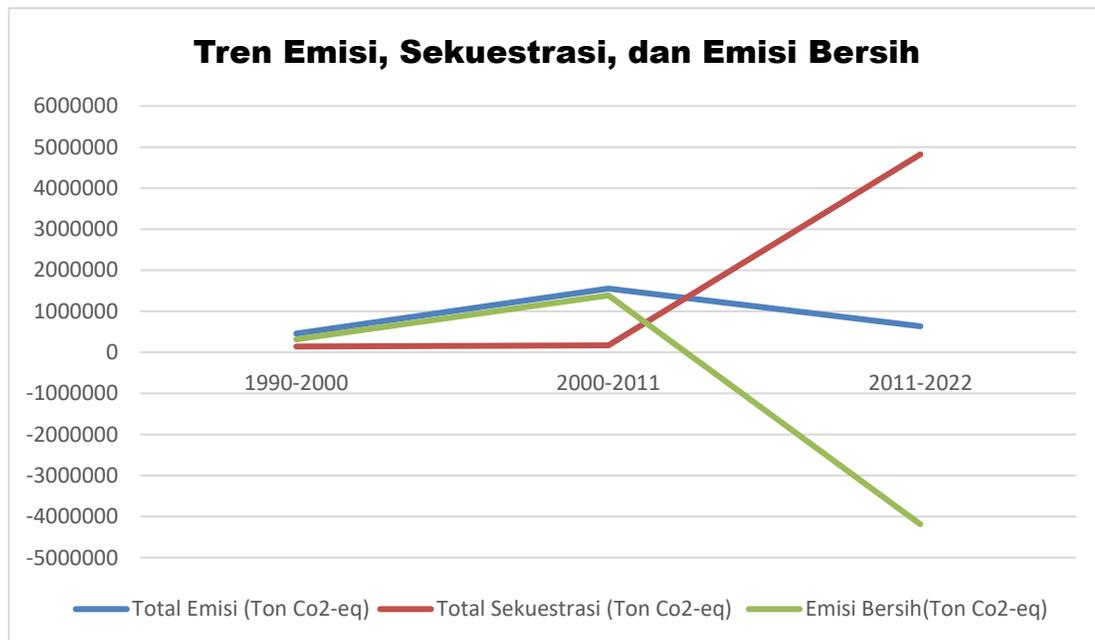
Gambar 13. Peta Emisi dan Sekuestrasi KPHL Agam Raya (2000-2011)

Periode 2011-2022 perhitungan emisi yang terjadi akibat perubahan tutupan lahan mengalami penurunan dibandingkan periode sebelumnya. Total emisi yang dihasilkan pada periode ini adalah sebesar 631.170,27 ton CO₂-eq. Penyumbang emisi tertinggi diakibatkan oleh konversi hutan lahan kering sekunder menjadi semak belukar yaitu sebesar 455.035,96 ton CO₂-eq atau 78,34% dari total emisi yang terjadi. Untuk total sekuestrasi (penyerapan) pada periode ini juga meningkat dibandingkan periode sebelumnya, yaitu sebesar 4.820.717,49 ton CO₂-eq. Sekuestrasi (penyerapan) terbesar dihasilkan akibat konversi pertanian lahan kering campur semak menjadi hutan lahan kering sekunder yaitu sebesar 4.329.983,44 atau 89,69% dari total sekuestrasi yang terjadi. Jika dibandingkan dengan periode sebelumnya pada periode 2011-2022 ini menunjukkan sekuestrasi terbesar terjadi pada periode ini. Kontribusi emisi dan sekuestrasi dari perubahan tutupan lahan periode 2011-2022 dapat dilihat pada lampiran 6. Sebaran emisi dan sekuestrasi dari perubahan tutupan lahan periode 2011-2022 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 14. Peta Eimisi dan Sekuestrasi Karbon KPHL Agam Raya (2011-2022)

Tren peningkatan secara keseluruhan dari tahun 1990-2022 dapat menunjukkan estimasi emisi karbon secara keseluruhan pada wilayah kelola KPHL Agam Raya. Estimasi emisi karbon dari tahun 1990-2022 dapat dilihat dengan perubahan pola tutupan lahan yang terjadi. Hal ini terjadi karena dengan adanya perubahan tutupan lahan akan melepas karbon dengan jumlah yang berbeda, begitu juga sebaliknya perubahan tutupan lahan dapat berakibat menyerap karbon dengan jumlah yang berbeda, sesuai dengan luas perubahan tutupan lahannya (Fidayanti, 2016). Hasil penelitian ini memiliki sedikit perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Gustin, 2022) di KPHL Bukit Barisan, dimana hasil penelitiannya menunjukkan dinamika cadangan karbon umumnya memiliki tipe linear negative atau cenderung menurun setiap tahunnya, namun pada penelitian ini dinamika cadangan karbon mengalami peningkatan pada periode 2011-2022. Tren estimasi emisi karbon dari perubahan tutupan lahan di wilayah KPHL Agam Raya dari tahun 1990-2022 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 15. Tren Emisi, Sekuestrasi, dan Emisi Bersih KPHL Agam Raya (1990-2022)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka rumusan masalah pada penelitian ini sudah terjawab, sehingga peneliti dapat menyimpulkan hasil dari penelitian ini yaitu:

1. Wilayah kelola KPHL Agam Raya mengalami perubahan tutupan lahan dari tahun 1990-2022. Pada penelitian ini perubahan yang sangat signifikan terjadi pada periode 2011-2022, hal ini terbukti dengan banyaknya variasi perubahan tutupan lahan yang terjadi, baik itu peningkatan, maupun penurunan luas tutupan lahan. Beberapa diantara jenis tutupan lahan yang mengalami perubahan tutupan lahan adalah: Perkebunan, hutan rawa sekunder, semak belukar, hutan lahan kering sekunder, dan pertanian lahan kering.
2. Dampak dari perubahan tutupan lahan mengakibatkan terjadinya emisi maupun sekuestrasi karbondioksida ekuivalen. Hasil penelitian menunjukkan emisi paling besar terjadi pada periode 2000-2011. Pada periode 2000-2011 mengalami peningkatan emisi CO₂, total emisi yang terjadi pada periode ini adalah sebesar 1.552.283,38 ton CO₂-eq. Emisi tertinggi dihasilkan oleh konversi hutan lahan kering menjadi semak belukar yaitu sebesar 1.340.621,64 ton CO₂-eq atau 50,63% dari total emisi yang terjadi.

6.2 Saran

Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan terhadap penelitian selanjutnya mengenai emisi dan sekuestrasi karbon. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu melakukan analisis emisi karbon di masing masing wilayah, agar pembaca paham wilayah mana saja yang sedang dalam keadaan kritis maupun terancam. Selain itu disarankan pada peneliti selanjutnya agar melakukan analisis dari emisi maupun sekuestrasi karbon terhadap perubahan iklim, agar nantinya penelitian selanjutnya menghasilkan karya tulis yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. (2016). Sistem Informasi Geografis Pengertian Dan Aplikasinya. 1–23.
- Aldrian, E., Karmini, M., & Budiman. (2011). *Adaptation and Mitigation of Climate Change in Indonesia* (Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia). Pusat Perubahan Iklim Dan Kualitas Udara BMKG, 2, 174.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. (2023). Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Sumatera Barat Dalam Angka.
- Bhan, M., Gingrich, S., Roux, N., Le Noë, J., Kastner, T., Matej, S., Schwarzmüller, F., & Karl, H. (2021). *Quantifying and attributing land use-induced carbon emissions to biomass consumption: A critical assessment of existing approaches. Journal of Environmental Management, 286.*
- Dinas Kehutanan Sumatera Barat. (2020). Buku Laporan Kinerja Tahun 2020.
- Dinas Kehutanan Sumatera Barat. (2022). Rencana Strategis Dinas Kehutanan Sumatera Barat.
- Djaenudin, D., Oktaviani, R., Hartoyo, S., Dwiprabowo, H., Penelitian dan Pengembangan Sosial, P., & dan Perubahan Iklim, K. (2018). *Analysis of Probability for Achieving the Reduction of Deforestation Rate: Forest Transition Theory Approach. Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan, 15(1), 15–29.*
- Do, T., Vu, P., Catacutan, D., & Nguyen, T. (2021). *Governing Landscapes for Ecosystem Services: A Participatory Land-Use Scenario Development in the Northwest Montane Region of Vietnam. Environmental Management, 68(5), 665–682.*
- Eddy, S., Milantara, N., & Basyuni, M. (2021). *Carbon emissions as impact of mangrove degradation: A case study on the Air Telang Protected Forest, South*

Sumatera, Indonesia (2000-2020). Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 22(4), 2142–2149.

Fidayanti, N. (2016). Analisis serapan karbondioksida berdasarkan tutupan lahan di kota palangka raya. *Matematika, Sains Dan Teknologi*2, 17(September 2016), 77–85.

Ghaniyyu, F. F., & Husnita, N. (2021). Upaya Pengendalian Perubahan Iklim Melalui Pembatasan Kendaraan Berbahan Bakar Minyak di Indonesia Berdasarkan Paris Agreement. *MORALITY : Jurnal Ilmu Hukum*, 7(1), 110.

Gustin, M. E. (2022). Estimasi Emisi Karbondioksida Equivalen Dari Perubahan Tutupan Lahan Di Kawasan Hutan Kphl Bukit Barisan Provinsi Sumatera Barat. (Skripsi, Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Barat: Padang)

Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., & Rahayu, S. (2011). Pengukuran Cadangan Karbon Edisi II.

Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R. S., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A., & Romijn, E. (2012). *An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. Environmental Research Letters, 7(4).*

Jaranilla, S., Lasco, R., Villamor, G., Gerpacio, R., Nilo, G., & Villegas, K. (2007). *A Primer on Climate Change Adaptation in the Philippines.*

Kanninen, M., Murdiyarso, D., Seymour, F., Angelsen, A., Wunder, S., & German, L. (2007). *Do trees grow on money?: the implications of deforestation research for policies to promote REDD. In Do trees grow on money?: the implications of deforestation research for policies to promote REDD.*

Keman, S. (2007). Perubahan Iklim Global, Kesehatan Manusia dan Pembangunan Berkelanjutan.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Perhutanan Sosial Sebagai

Legalisasi Deforestasi.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2012). Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I Pedoman Umum. 116.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *PPID / Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan | UU No. 16 Tahun 2016 ttg Pengesahan paris Agreement to the UN ...*

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Rencana Operasional Indonesia FOLU Net Sink 2030 - Kementerian LHK.

Kusumawardhani. (2009). Emisi dari Berbagai Sektor. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*.

Latuconsina, H. (2010). Dampak pemanasan global terhadap ekosistem pesisir dan lautan. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 3(1), 30–37.

Lim, S. Il, Park, D. H., Lee, S. J., Han, S. S., & Choi, M. S. (2007). *Reliability Enhancement Scheme for IEC61850 Based Substation Automation System. Power Plants and Power Systems Control 2006*, 207–211.

Manuri, S., Putra, C. A. S., & Saputra, A. D. (2011). Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. In *Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation–GIZ*. Palembang.

Melati, D. N. (2019). *Carbon Emission Estimation Due To Land Cover Change in the Tropical Forest Landscape in Jambi Province*. *Jurnal Sains Dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 14(1), 27–34.

Mulyoutami, E., & dkk. (2010). Perubahan pola perladangan : pergeseran persepsi mengenai para peladang di Indonesia. 11.

Nguyen, D. T., Iskandar, I., & Ho, S. (2016). *Land cover change and the CO2 stock in the Palembang City, Indonesia: A study using remote sensing, GIS technique and LUMENs*. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(2),

313–321.

- Njana, M. A., Mbilinyi, B., & Eliakimu, Z. (2021). *The role of forests in the mitigation of global climate change: Emprical evidence from Tanzania. Environmental Challenges, 4, 100170.*
- Nurpilihan Bafdal, K. A. dan B. M. P. P. (2011). Buku Ajar Sistem Informasi Geografis , Edisi 1. Buku Ajar Sistem Informasi Geografis , Edisi 1, 69.
- Pemerintah Kabupaten Agam 2023. (n.d.). Website Resmi Pemerintah Kabupaten Agam | Profil Pemerintahan.
- Republik Indonesia. (2004). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2004 Tentang Pengesahan *Kyoto Protocol to The United Nations Framewrok Convention On Climate Change*. Sekretariat Negara : Jakarta, 1–3.
- Sinery, A. S., Tukayo, R., Warmetan, H., Bachri, S., & Manuha, D. (2019). *Daya Dukung Dan Daya Tampung Lingkungan. Deepublish Google Books.*
- Siregar, Y. I. (2018). Analisis Spasial Deforestasi dan Degradasi Hutan di Suaka Margasatwa Kerumutan Provinsi Riau. 27–33.
- Sommeng, A. N. (2018). Pedoman Penghitungan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca. 15.
- Sumampouw, O. J. (2019). Perubahan iklim dan kesehatan masyarakat (p. 12).
- Wahyunto, & Dariah, A. (2014). Degradasi Lahan di Indonesia: Kondisi Existing, Karakteristik, dan Penyeragaman Definisi Mendukung Gerakan Menuju Satu Peta. *Jurnal Sumberdaya Lahan, 8(2), 81–93.*

Lampiran 2. Rencana Anggaran Biaya Penelitian

No.	Rincian	Vol	Sat	Rp
1	Penggandaan			
	Proposal	7	Jilid	210.00
	Jilid Proposal	4	Jilid	50.000
	Jilid Seminar Hasil	7	Jilid	100.000
	Jilid skripsi	7	jilid	600.000
2	Alat Tulis			
	Kertas HVS A4	2	Rim	100.000
	Refill Tinta Printer (hitam)	2	Botol	40.000
	Refill Tinta Printer (warna)	1	Botol	25.000
	Paket Internet	1	Unit	100.000
	Flashdisk	1	Unit	150.000
3	Transportasi			
	Izin Penelitian di Kabupaten Agam	1	pp	50.000
	Pengambilan Data ke Kabupaten Agam	1	pp	100.000
4	Souvenir			
	Souvenir Penelitian	2	buah	100.000
	Souvenir Sidang	4	buah	100.000
5	Konsumsi			
	Makan, minum dan Snack Sidang	20	buah	200.000
6	Biaya Seminar			
	Seminar Proposal	-	-	500.000
	Seminar Hasil	-	-	500.000
	Kompre	-	-	1.500.000
Total		4.425.000		

Lampiran 3. Time Schdule

TIME SCHEDULE PENELITIAN																											
No.	Uraian Kegiatan	Januari				Februari				Maret				April				Jan 2024				Feb 2024				Mar 2024	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Konsultasi Judul																										
2	Pembagian Pembimbing																										
3	Pengajuan Judul																										
4	Penyusunan BAB I&II																										
5	Penyusunan Proposal																										
6	Revisi I																										
7	Revisi II																										
8	Revisi III																										
9	Penyerahan Proposal																										
10	Seminar Proposal																										
11	Pelaksanaan Penelitian																										
12	Penyusunan BAB V																										
13	Penyusunan BAB VI																										
14	Revisi																										
15	Seminar Hasil																										
16	Revisi																										
17	Ujian Skripsi																										
18	Revisi dan Penjilitan																										
19	Pengumpulan Skripsi																										

Lampiran 4. Sumber Emisi dan Sekuestrasi Terbesar Tahun 1990-2000

Sumber Emisi Terbesar

Perubahan Tutupan Lahan	Emisi	%
Perkebunan to Semak belukar rawa	25,190.88	57.93
Hutan lahan kering sekunder to Semak belukar rawa	14,283.64	32.85
Hutan rawa sekunder to Hutan tanaman	4,007.64	9.22
Hutan lahan kering primer to Hutan lahan kering primer	0.00	0
Hutan lahan kering sekunder to Hutan lahan kering sekunder	0.00	0
Hutan rawa sekunder to Hutan rawa sekunder	0.00	0
Pemukiman to Hutan mangrove primer	0.00	0
Perkebunan to Hutan mangrove sekunder	0.00	0
Perkebunan to Hutan rawa sekunder	0.00	0
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur to Hutan rawa sekunder	0.00	0

Sumber Sekuestrasi Terbesar

Perubahan Tutupan Lahan	Sequestrasi	%
Semak belukar to Hutan rawa primer	584,851.20	61.3
Pertanian lahan kering to Semak belukar	159,718.40	16.74
Perkebunan to Hutan rawa sekunder	60,775.20	6.37
Semak belukar rawa to Hutan rawa sekunder	56,885.00	5.96
Semak belukar rawa to Perkebunan	30,519.72	3.2
Tubuh air to Hutan mangrove sekunder	17,616.00	1.85
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur to Hutan rawa sekunder	12,845.00	1.35
Sawah to Savanna / Padang rumput	9,747.52	1.02
Pemukiman to Hutan mangrove primer	7,310.64	0.77
Pertanian lahan kering to Hutan lahan kering sekunder	7,002.36	0.73

Lampiran 5. Sumber Emisi dan Sekuestrasi Terbesar Tahun 2000-2011

Sumber Emisi Terbesar

Perubahan Tutupan Lahan	Emisi	%
Hutan lahan kering sekunder to Semak belukar	1,340,621.64	50.63
Hutan rawa primer to Semak belukar	562,919.28	21.26
Hutan rawa sekunder to Perkebunan	384,909.60	14.54
Semak belukar to Pertanian lahan kering	161,480.00	6.1
Perkebunan to Lahan terbuka	55,952.82	2.11
Hutan lahan kering sekunder to Sawah	41,676.52	1.57
Hutan mangrove sekunder to Tubuh air	22,900.80	0.86
Hutan lahan kering sekunder to Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	22,445.72	0.85
Hutan lahan kering primer to Semak belukar	14,533.20	0.55
Savanna / Padang rumput to Sawah	9,013.52	0.34

Sumber Sekuestrasi Terbesar

Perubahan Tutupan Lahan	Sequestrasi	%
Savanna / Padang rumput to Pertanian lahan kering	2,202.00	100
Hutan lahan kering primer to Hutan lahan kering primer	0.00	0
Hutan lahan kering primer to Semak belukar	0.00	0
Hutan lahan kering sekunder to Hutan lahan kering sekunder	0.00	0
Hutan lahan kering sekunder to Pertanian lahan kering	0.00	0
Hutan lahan kering sekunder to Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	0.00	0
Hutan lahan kering sekunder to Sawah	0.00	0
Hutan lahan kering sekunder to Semak belukar	0.00	0
Hutan mangrove primer to Pemukiman	0.00	0
Hutan mangrove sekunder to Tubuh air	0.00	0

Lampiran 6. Sumber Emisi dan Sekuestrasi Terbesar Tahun 2011-2022

Sumber Emisi Terbesar

Perubahan Tutupan Lahan	Emisi	%
Hutan lahan kering sekunder to Semak belukar	455,035.96	78.34
Hutan lahan kering sekunder to Lahan terbuka	36,663.30	6.31
Hutan lahan kering primer to Semak belukar	16,955.40	2.92
Hutan lahan kering sekunder to Sawah	14,709.36	2.53
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur to Pemukiman	13,358.80	2.3
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur to Sawah	12,331.20	2.12
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur to Pertanian lahan kering	4,991.20	0.86
Hutan lahan kering sekunder to Tubuh air	4,961.84	0.85
Hutan lahan kering sekunder to Pertanian lahan kering	4,668.24	0.8
Pertanian lahan kering to Pemukiman	3,347.04	0.58

Sumber Sekuestrasi Terbesar

Perubahan Tutupan Lahan	Sequestrasi	%
Pertanian lahan kering campur semak to Hutan lahan kering sekunder	4,329,983.44	89.69
Semak belukar to Hutan lahan kering sekunder	189,768.36	3.93
Pertanian lahan kering to Hutan lahan kering sekunder	151,717.80	3.14
Lahan terbuka to Perkebunan	55,064.68	1.14
Sawah to Hutan lahan kering sekunder	51,482.76	1.07
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur to Perkebunan	19,862.04	0.41
Pertanian lahan kering to Perkebunan	12,448.64	0.26
Tubuh air to Hutan lahan kering sekunder	4,961.84	0.1
Perkebunan to Hutan lahan kering sekunder	3,112.16	0.06
Pertanian lahan kering to Semak belukar	2,055.20	0.04