

**Analisis Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Hutan  
Terhadap Peningkatan Emisi Karbon**



**Oleh**

**Patricia Banne**

**H061181314**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2021**

**HALAMAN JUDUL**  
**ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN HUTAN**  
**TERHADAP PENINGKATAN EMISI KARBON**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains*  
*Pada Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan*  
*Alam Universitas Hasanuddin*

**Disusun dan diajukan oleh:**

**PATRICIA BANNE**

**H061181314**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN HUTAN**  
**TERHADAP PENINGKATAN EMISI KARBON**

Disusun dan diajukan oleh:

**PATRICIA BANNE**

**H06118 1314**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 27 Mei 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**



**Dr. Samsu Arif, M.Si**

**NIP.196305181990031001**

**Pembimbing Pertama**



**Dr. Sakka, M.Si**

**NIP. 196410251991103001**

**Ketua Departemen Geofisika,**



**Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng**

**NIP. 196709291993031003**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Patricia Banne

Nim : H061181314

Program Studi : Geofisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya ilmiah saya berjudul:

**Analisis Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Hutan Terhadap**

**Peningkatan Emisi Karbon**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut.

Makassar, 9 Juni 2022

Yang Menyatakan



Patricia Banne

## SARI BACAAN

Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) yang terperangkap di bumi menjadi salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global. Aktivitas pembangunan yang cukup tinggi di Indonesia telah menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara yang menyumbangkan emisi terbesar di dunia, terutama emisi yang berasal dari deforestasi dan degradasi hutan serta lahan gambut. Sulawesi Selatan sebagai salah satu provinsi dengan kepadatan penduduk yang cukup besar dan aktivitas penduduk yang mendorong terjadinya peningkatan deforestasi dan degradasi lahan hutan mengakibatkan terjadinya emisi karbondioksida di Sulawesi Selatan cukup tinggi. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menghitung besar emisi karbon yang dihasilkan agar dapat mengurangi dampak dari perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Melakukan analisis perubahan penutupan lahan vegetasi hutan secara multitemporal. 2) Melakukan analisis perhitungan emisi karbon dari deforestasi dan degradasi lahan hutan. 3) Menganalisis intervensi kebijakan dalam membatasi peningkatan emisi karbon. Dari hasil penelitian ini didapatkan pengurangan lahan hutan di Sulawesi selatan sebesar 139.061,745 Ha selama periode 2009-2020. Dari hasil perhitungan perubahan lahan hutan didapatkan nilai emisi karbon menggunakan metode IPCC guideline 2006, sebesar 40.389.812,87 TonCO<sub>2</sub> selama periode 2009-2020 dan dengan menggunakan metode regresi linear didapatkan nilai prediksi emisi karbon di tahun 2030 sebesar 11.328.595 TonCO<sub>2</sub>, jumlah ini melebihi target penurunan emisi gas rumah kaca di Sulawesi selatan sehingga harus ditetapkan intervensi kebijakan dengan mempertahankan luas hutan sebesar 1.409.410,26 Ha untuk mencapai target penurunan emisi gas rumah kaca di Sulawesi Selatan.

Kata Kunci: Emisi Karbon, Deforestasi, Degradasi, Regresi Linear

## **ABSTRACT**

The increase in the concentration of greenhouse gases that trapped in the earth is one of the causes of climate change and global warming. The high development activity in Indonesia has placed Indonesia as one of the countries that contribute the largest emissions in the world, especially emissions from deforestation and degradation forest and peatland. South Sulawesi as one of the provinces with a fairly high population density and population activities that encourage increased deforestation and forest land degradation, have resulted in quite high carbon dioxide emissions in South Sulawesi. It is necessary to do research to calculate the amount of carbon emissions produced in order to reduce the impact of climate change. This study aims to: 1) analyzing land cover changes of forest vegetation in a multitemporal way. 2) analyze the calculation of carbon emissions from deforestation and forest land degradation. 3) Analyzing policy interventions in limiting the increase in carbon emissions. From the results of this study, it was found that the reduction of forest land in South Sulawesi was 139,061,745 hectares during the 2009-2020 period. From the calculation of forest land change, the value of carbon emissions using the IPCC guideline 2006 method is 40,389,812.87 TonCO<sub>2</sub> during the 2009-2020 period and by using the linear regression method, the predicted value of carbon emissions in 2030 is 11,328,595 TonCO<sub>2</sub>, this amount exceeds the target of reducing greenhouse gas emissions in South Sulawesi so that policy interventions must be determined by maintaining a forest area of 1,409,410,26 hectares to achieve the target of reducing greenhouse gas emissions in South Sulawesi.

**Keywords:** Carbon Emissions, Deforestation, Degradation, Linear Regression

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala berkat dan kasih-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Peningkatan Emisi Karbon**”. Adapun tujuan utama penulis membuat skripsi ini sebagai persyaratan tugas akhir untuk menyelesaikan studi Program Sarjana di Program Studi Geofisika Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyelesaian tugas akhir ini, banyak pihak yang memberikan bimbingan, nasehat, dukungan, untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Tuhan yang Maha Esa, terkhusus untuk orang tua tercinta **Dominggus Pello** dan **Maryam Rura** yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat dan kesabaran yang luar biasa yang. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dibanggakan banyak. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada tante tercinta **Lince Liku** yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang selama hidup penulis, serta untuk saudara penulis, **Vanesa** dan **Tirsa Hanjelin Rumbi, S. Farm** yang senantiasa mendukung dan mendoakan. Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak **Dr. Samsu Arif, M.Si** dan Bapak **Dr. Sakka, M.Si** selaku pembimbing utama dan pembimbing pertama yang selalu sabar dan tulus memberikan bimbingan serta menuntun penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** dan Bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT, Surv** selaku tim penguji skripsi geofisika yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.

3. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
4. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah Assegaf, M.Eng**, selaku ketua Departemen Geofisika FMIPA UNHAS.
5. Bapak **Ir. Bambang Hari Mei, M.Si** selaku Penasehat Akademik yang memberikan bimbingan selama perkuliahan.
6. Dosen-dosen pengajar Departemen Geofisika Universitas Hasanuddin yang telah membagikan ilmunya serta memberikan bimbingan selama perkuliahan.
7. **Vigo Aswari I.R Karaya** yang selalu setia mendengarkan keluh kesah penulis dan setia memberikan dukungan doa dan terimakasih selalu bersedia membantu dalam segala hal.
8. Sahabat-sahabatku **Elannerva (Kak Vinda, Lisa, Atha, Meylin, Yeyen, Itin, Mercy, Lande Dan Theri)** yang selalu memberikan doa, dukungan dan saran, dan terimakasih sudah setia menanyakan kapan tugas akhir ini selesai.
9. Adik-adik ku **Elettra (Ayrin, Ketrin, Kristin, Shelin, Gledis, Uci, Dan Austin)** yang setia mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis dan selalu setia mendengarkan drama tugas akhir ini.

Serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu, terimakasih untuk semuanya.

Makassar, 3 Juni 2022

  
Patricia Banne

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>SARI BACAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISTILAH .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
I.4 Ruang Lingkup.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
II.1 Perubahan Iklim.....	4
II.2 Gas Rumah Kaca (GRK) .....	5
II.3 Emisi Karbon .....	6
II.3.1 Cadangan Karbon .....	8
II.3.2 Siklus Karbon .....	12
II.4 Hutan.....	13
II.5 Deforestasi dan Degradasi .....	17
II.5.1 Deforestasi .....	17

II.5.2 Degradasi .....	18
II.6 Prediksi .....	20
II.7 Metode Regresi Linear.....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
III.1 Peta Lokasi .....	22
III.2 Alat dan Bahan .....	22
III.2.1 Alat .....	22
III.2.2 Bahan.....	22
III.3 Prosedur Pengambilan Data .....	23
III.4 Prosedur Analisis Data .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1 Analisis Perubahan Tutupan Lahan.....	27
4.1.2 Degradasi Lahan.....	31
4.2 Analisis Perhitungan Emisi Karbon dari Deforestasi Dan Degradasi Lahan Hutan .....	33
4.2.1 Analisis Perhitungan Emisi Karbon dari Deforestasi Lahan.....	34
4.2.2 Analisis Perhitungan Emisi Karbon dari Degradasi Lahan.....	34
4.3 Emisi Karbon Tahun 2030.....	35
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>40</b>
V.1 Kesimpulan.....	40
V.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>45</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

**Gambar 2.1** Grafik Perubahan Temperatur di Bumi

**Gambar 2.2** Siklus Karbon Sederhana

**Gambar 3.1** Peta Lokasi Penelitian

**Gambar 4.1** Deforestasi dan Degradasi Lahan Hutan Sul-Sel 2009-2020

**Gambar 4.2** Deforestasi Lahan Hutan Sulawesi Selatan Tahun 2009-2020

**Gambar 4.3** Grafik Deforestasi Lahan Hutan

**Gambar 4.4** Degradasi Lahan Hutan Sulawesi Selatan Tahun 2009-2020

**Gambar 4.5** Grafik Degradasi Lahan Hutan Sulawesi Selatan Tahun 2009-2020

**Gambar 4.6** Sebaran Emisi Karbon Sulawesi Selatan Tahun 2009-2020

**Gambar 4.7** Grafik Trend Deforestasi Lahan

**Gambar 4.8** Grafik Trend Degradasi Lahan

## DAFTAR TABEL

**Tabel 2.1** Cadangan Karbon Per Hektar Untuk 22 Tipe Penutupan Lahan Skala Nasional

**Tabel 2.2** Cadangan Karbon Perhektar Untuk 7 Tipe Penutupan Lahan Hutan Skala Regio (Pulau)

**Tabel 2.3** Pembagian Kategori Hutan Indonesia Ke Dalam IPCC GL 2006

**Table 4.1** Luas Perubahan Lahan Terdeforestasi Tiap Jenis Tutupan Lahan

**Table 4.2** Data Deforestasi Lahan Hutan Sulawesi Selatan Tahun 2009-2020

**Table 4.3** Luas Perubahan Lahan Terdegradasi Tiap Jenis Tutupan Lahan

**Table 4.4** Data Degradasi Lahan Hutan Sulawesi Selatan Tahun 2009-2020

**Table 4.5** Emisi Karbon Dari Deforestasi Lahan Hutan Sulsel Tahun 2009-2020

**Tabel 4.6** Emisi Karbon Degradasi Lahan Hutan Sul-Sel Tahun 2009-2020

**Tabel 4.7** Prediksi Deforestasi Lahan Dan Emisi Karbon 2030

**Tabel 4.8** Prediksi Degradasi Lahan Dan Emisi Karbon Tahun 2030

## DAFTAR ISTILAH

**Biomassa** : senyawa organik yang berasal dari tanaman

**Cadangan karbon**: adalah bagian dari ekosistem yang mampu menyimpan karbon

**Data aktifitas** : besaran kuantitatif kegiatan atau Aktifitas manusia yang menyebabkan terjadinya pelepasan karbon ke atmosfer, seperti pengalihan fungsi lahan hutan

**Deforestasi** : Perubahan fungsi lahan hutan menjadi lahan non hutan

**Degradasi** : Perubahan fungsi lahan hutan primer menjadi lahan hutan sekunder

**Emisi** : Proses terbebasnya gas rumah kaca ke atmosfer

**Faktor emisi** : Besaran emisi GRK yang terbentuk dan dilepaskan ke atmosfer

**Gas Rumah Kaca (GRK)** : Gas yang terkandung di atmosfer yang memancarkan yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah.

**Hutan** : lahan yang didominasi oleh pepohonan dengan luas minimal 0,50 hektar

**Hutan Primer**: hutan yang terbentuk secara alami dan belum pernah mengalami kerusakan dan penebangan yang disebabkan oleh manusia.

**Hutan sekunder**: hutan yang telah mengalami perubahan akibat ulah manusia yang memanfaatkan hasil produksi hutan

**IPCC** : Intergovernmental Panel on Climate Change

**Karbon** : Unsur kimia bukan logam dengan simbol atom C yang banyak terdapat di dalam semua bahan organik dan di dalam bahan anorganik tertentu.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.I Latar Belakang**

Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (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<sub>2</sub> 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 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 di Indonesia sebanyak 487 juta ton (MtCO<sub>2</sub>) per 2017, meningkat 4,7 persen dari tahun sebelumnya. Pada tahun yang sama, Indonesia menyumbang 1,34 persen dari total emisi CO<sub>2</sub> di dunia sebanyak 36.153 juta ton (MtCO<sub>2</sub>). Pada 2018, peneliti GCP menghitung kenaikan emisi CO<sub>2</sub> 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 beberapa periode tahun dalam bukunya yang berjudul Potret Keadaan Hutan Indonesia. Pada tahun 2000 menampilkan angka laju deforestasi 2 juta hektare per tahun, pada periode 2000-2009 sebesar 1,5 juta hektare per tahun dan 1,1 juta hektare per tahun di 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 2030, sektor yang menjadi fokus untuk menurunkan emisi gas rumah kaca yaitu sektor kehutanan (17,2%), energi (11%), pertanian (0,23%), industri (0,10%) dan limbah (0,38%). Dari data tersebut disimpulkan bahwa sektor kehutanan memiliki peran yang besar dalam mencapai target penurunan emisi gas rumah kaca (KLHK, 2020).

Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan emisi GRK diantaranya, Melati (2019) mengestimasi emisi karbon yang disebabkan oleh perubahan tutupan lahan hutan tropis di provinsi Jambi, Dewa, dkk (2019) yang melakukan analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Emisi GRK menggunakan metode spatiotemporal dengan penginderaan jauh yang didukung teknik klasifikasi Support Vector Machine dari Dezsaka Tools pada Wilayah Cepat Tumbuh di Kota Semarang, selanjutnya Fadhli, dkk (2021) menganalisis perubahan lahan untuk melihat stock karbon di taman hutan raya pocut intan, Aceh menggunakan metode stock difference.

Sulawesi Selatan sebagai salah satu provinsi dengan kepadatan penduduk yang cukup besar dan aktivitas penduduk yang mendorong terjadinya peningkatan deforestasi dan degradasi lahan hutan mengakibatkan terjadinya emisi karbondioksida di Sulawesi Selatan cukup tinggi. Perhitungan emisi karbon bertujuan untuk mengetahui besaran emisi, serta berperan besar dalam upaya

pengurangan emisi karbon itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim dengan melakukan perhitungan seberapa besar emisi karbon yang dihasilkan.

## **I.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana analisis perubahan tutupan lahan vegetasi hutan dari tahun terakhir 2009-2020?
2. Bagaimana menghitung faktor emisi karbon dari deforestasi dan degradasi lahan hutan?
3. Bagaimana intervensi kebijakan dalam membatasi peningkatan emisi karbon?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

1. Melakukan analisis perubahan penutupan lahan vegetasi hutan secara multitemporal.
2. Melakukan analisis perhitungan emisi karbon dari deforestasi dan degradasi lahan hutan.
3. Menganalisis intervensi kebijakan dalam membatasi peningkatan emisi karbon

## **I.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah menganalisis perubahan penggunaan lahan hutan terhadap peningkatan emisi karbon dari tahun 2009 sampai tahun 2020 dan mengintervensi kebijakan dalam membatasi peningkatan emisi karbon pada tahun 2030 menggunakan *software* Ms. Excel dan ArcGIS.

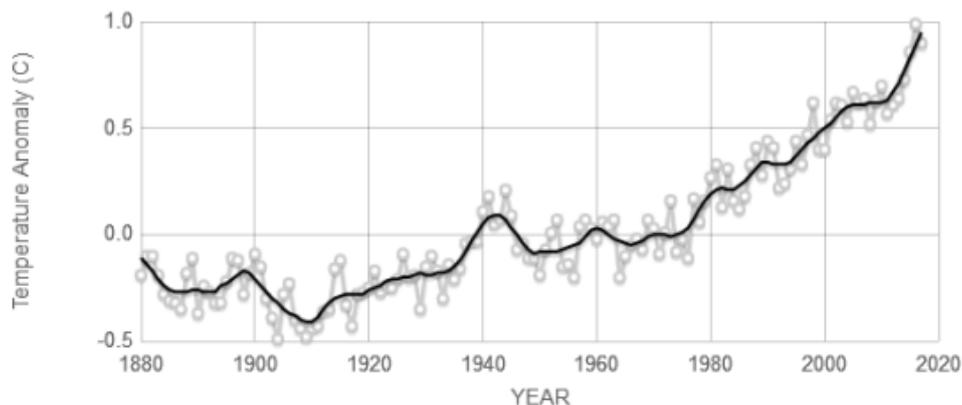
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.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  $1^{\circ}\text{C}$  ( $1,8^{\circ}\text{F}$ ), 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 (Fung, 2020).

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 (Sulfitra, 2019).



**Gambar 2.1.** 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 (Harmoni, 2005).

Perubahan iklim berpengaruh negatif terhadap keberlangsungan hidup setiap makhluk di muka bumi (Latuconsina, 2010). Mengurangi emisi gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) dengan mempertahankan keutuhan hutan alami dan meningkatkan kerapatan populasi pepohonan di luar hutan dapat menjadi salah satu upaya untuk mengendalikan perubahan iklim (Hairiah, 2011).

## **II.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 (Sommeng, 2018). Gas rumah kaca seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) menyerap panas (radiasi inframerah) yang dipancarkan dari permukaan bumi (Fung, 2020). Peningkatan gas-gas asam arang atau karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ) dan nitrous oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) mempengaruhi keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer dan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca sehingga membayakan iklim bumi dan keseimbangan ekosistem (Hariah, 2007).

Peningkatan emisi rumah kaca di atmosfer secara berlebihan akibat penggunaan bahan bakar fosil, deforestasi dan aktivitas manusia lainnya akan menyebabkan

fenomena pemanasan global dan menipisnya lapisan ozon (Latuconsina, 2010). Aktivitas manusia terutama pembakaran bahan bakar fosil sejak awal revolusi industri telah menyebabkan peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> lebih dari 40% di atmosfer. Peningkatan konsentrasi gas di atmosfer ini menyebabkan bumi menjadi hangat dengan menyerap lebih banyak panas (Fung, 2020).

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 (Djaudin, 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 (misalnya konversi hutan yang diregenerasi secara alami menjadi perkebunan) (Bhan, 2021).

Adapun gas rumah kaca diantaranya: karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) yang terdiri dari gas nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), chloroflourokarbon (CFC) yang terbagi meliputi haloflourokarbon (HFC) dan perfluorokarbon (PFC) (Latuconsina, 2010).

### **II.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 (CO<sub>2</sub>), menjadi

oksigen (O<sub>2</sub>) namun juga melakukan proses respirasi CO<sub>2</sub> namun proses ini tidak signifikan karena CO<sub>2</sub> 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 (Kanninen, dkk, 2007).

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 (CO<sub>2</sub>-eq) (Tosiani,2015).

Prinsip dasar perhitungan emisi menggunakan IPCC GL 2006.

$$Emisi\ Karbon = Faktor\ Emisi \times data\ aktivitas \quad (2.1)$$

Keterangan:

Emisi karbon (Ton CO<sub>2</sub>) : Besaran emisi yang dihasilkan

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 (CO<sub>2</sub>-eq) (Melati, 2019).

### **II.3. 1 Cadangan Karbon**

Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpanan 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 (Sutaryo, 2019). Kantong karbon sebagai wadah berkapasitas yang akan menyimpan karbon dan juga akan melepaskannya ke atmosfer (Kristiawan, 2021), 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 (Sutaryo 2019). 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) (Krisnawati, 2010).

Terdapat 4 kantung karbon (karbon pool) dalam inventarisasi hutan diantaranya ialah: biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati, dan karbon organik tanah (Kristiawan, 2021).

- 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 2.1** 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	Juknis PEP RAD GRK, 2013
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 2.1 dengan kelas tutupan lahan hutan skala nasional, nilai cadangan karbon ini digunakan dalam perhitungan emisi karbon.

**Tabel 2.2** Cadangan Karbon Per Hektar Untuk 7 Tipe Penutupan Lahan Hutan Skala Regional (Pulau).

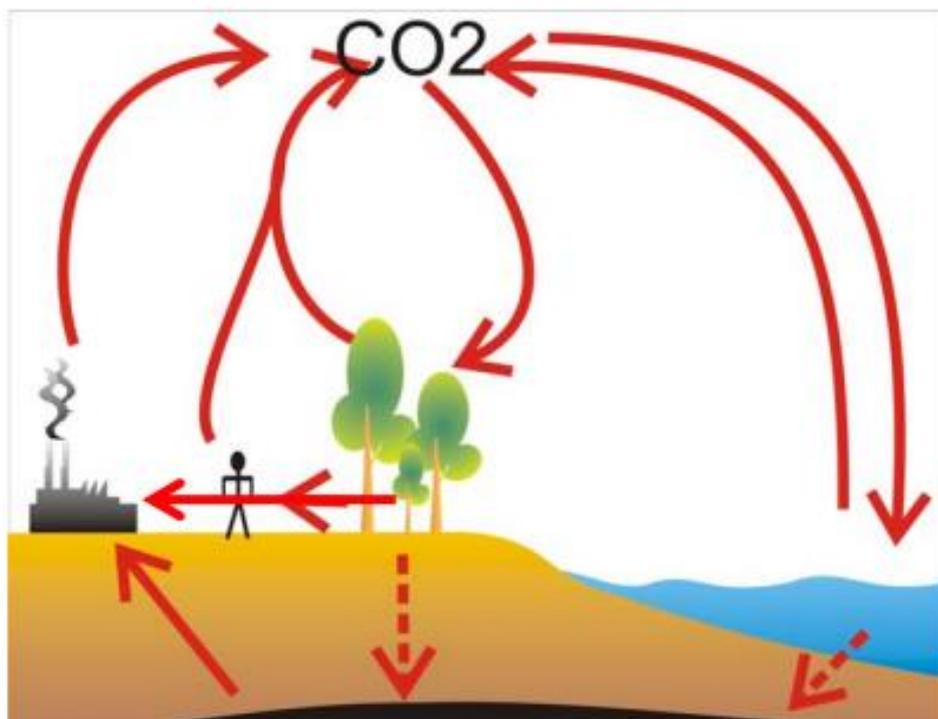
No.	Kelas Penutupan Lahan	Kandungan Karbon (C Ton/Ha)						
		Sumatera	Kalimantan	Sulawesi	Jawa	Bali-Nusra	Maluku	Papua
1.	Hutan Lahan Kering Primer	134.29	134.71	137.62	72.14	137.19	150.72	119.83
2.	Hutan Lahan Kering Sekunder	91.12	101.63	103.26	85.25	81.37	111.08	90.22
3.	Hutan Mangrove Primer	227.30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

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 CO<sub>2</sub>/ 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 CO<sub>2</sub>-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).

### II.3.2 Siklus Karbon

Keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanah serta cara pengolahannya menyebabkan jumlah cadangan karbon antar lahan berbeda- beda Kondisi kesuburan tanah pada suatu lahan menyebabkan penyimpanan karbon menjadi lebih besar karena biomassa pohon meningkat atau dapat dikatakan cadangan karbon di atas tanah (biomassa tanaman) ditentukan oleh besarnya cadangan karbon di dalam tanah (bahan organik tanah) (Hairiah, 2011).



**Gambar 2.2** Siklus Karbon Sederhana (Sutaryo, 2009)

Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa tanah, laut, hutan dan atmosfer semuanya menyimpan karbon yang berpindah secara dinamis di antara tempat penyimpanan, tempat penyimpanan ini disebut kantong karbon aktif (*active karbon pool*). Penggundulan hutan akan meningkatkan jumlah karbon yang berada di atmosfer (Sutaryo, 2019).

Simpanan karbon yang berada jauh di bawah perut bumi secara alami terpisah dari siklus karbon atmosfer, kecuali jika simpanan tersebut diambil dan dilepaskan ke atmosfer ketika di bakar. Pelepasan karbon dari simpanan tersebut akan menambah karbon yang berada di kantong karbon aktif. Pembakaran bahan bakar fosil menjadi salah satu contoh kasus ini dan meningkatkan jumlah karbon di atmosfer.

Tumbuhan akan mengurangi jumlah karbon di atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan, kemudian karbon tersebut tersiklus kembali ke atmosfer, lalu menempati salah satu kantong karbon. Simpanan lain dalam bentuk deposit bahan bakar fosil yang tersimpan di dalam perut bumi secara alami terpisah dari siklus karbon di atmosfer (Sutaryo 2019).

Karbon yang diserap oleh tanaman akan tersimpan pada tanaman dalam bentuk biomassa kayu, untuk itu perlu dilakukan penanaman dan pemeliharaan pohon, serta mempertahankan lahan agar dapat meningkatkan stock karbon (Azham, 2015).

#### **II.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 (Departement Kehutanan, 2007). 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, 2015). 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 (Yuniawati, 2011).

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 2.3** 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
		<b>Area Penggunaan Lain (APL)</b>
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
21.	-	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 (Lusiana, dkk, 2005 dalam Prasetyo, 2011). LULUCF IPCC GPG 2003 dan GL 2006, membagi kategori lahan kedalam 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 (Wibowo, 2010):

#### 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 (*Corpland*)

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 (*Grass 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.

## **II.5 Deforestasi dan Degradasi**

### **II.5.1 Deforestasi**

Menurut Yakin, 2017 dalam Wayhuni, 2021 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 mahluk hidup karena deforsetasi berdampak langsung

pada pemanasan global. Deforestasi juga dapat diartikan sebagai perubahan lahan hutan menjadi non-hutan akibat aktivitas manusia (Dariono, 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 (Hosonuma, 2012). Perubahan penggunaan lahan (ke pertanian) telah diidentifikasi sebagai penyebab deforestasi (Hosonuma 2012). 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 (Kanninen, 2007).

### **II.5.2 Degradasi**

Kegiatan konservasi hutan menjadi salah satu penyebab terjadinya pelepasan karbon dalam jumlah yang besar ke atmosfer. Dampak konservasi 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 (Kristiawan, 2021). 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, 2014). 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 (Manuri, 2011).

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 (Silamon, 2015). 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 (Hosonuma 2012). 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 (Kanninen, 2007).

## **II.6 Prediksi**

Prediksi atau peramalan ialah kegiatan untuk memperkirakan sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang (Prasetyowati, 2018). Peramalan juga dapat diartikan sebagai seni dan ilmu untuk memprediksi kejadian di masa depan dengan melibatkan data historis masa lampau dan memproyeksikannya ke model pendekatan sistematika untuk mendapatkan hasil prediksi di masa yang akan datang (Heizer, 2009). Dalam melakukan kegiatan prediksi perlu dilakukan analisis data dan informasi di masa lalu dan data saat ini dengan cara matematik atau statistik (Hakimah, dkk, 2015.).

Terdapat tiga tahapan dalam perancangan prediksi, yaitu: Dalam perancangan suatu metode prediksi atau peramalan, terdapat tiga tahapan yang harus dilalui yaitu (Indrawati, 2019):

1. Melakukan analisis data dan informasi masa lalu, untuk mendapatkan pola dari data yang ada.
2. Memilih metode yang akan digunakan. terdapat banyak macam metode yang tersedia untuk melakukan peramalan. Metode yang digunakan dapat mempengaruhi hasil ramalan. Hasil ramalan diukur dengan menghitung error atau kesalahan terkecil, oleh karena itu tidak ada metode peramalan yang pasti untuk semua jenis data.

3. Transformasi data masa lampau dengan menggunakan metode yang dipilih.

## II.7 Metode Regresi Linear

Metode regresi adalah metode statistic yang digunakan untuk memprediksi dengan menggunakan hubungan matematis antar variable, variable dependen (y) dengan variabel independent (x) (Khotimah, 2017). Variabel dependen adalah variabel akibat atau variabel yang dipengaruhi, sedangkan variable independen adalah variable sebab atau yang variabel mempengaruhi (Kusumawati, 2017). Jika diketahui nilai variabel independent maka dapat dilakukan prediksi terhadap variabel dependen (Hakimah, 2015).

Pola yang ditunjukkan dengan Analisa regresi yang sederhana mengasumsikan bahwa hubungan di antara 2 variabel dapat dinyatakan dengan suatu garis lurus. Nilai y dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 (Prasetyowati, 2018).

$$y = a + bx \quad (2.2)$$

Dimana y merupakan variable bebas atau variabel yang diramalkan sedangkan a dan b adalah koefisien regresi yang merupakan nilai konstan yang tidak berubah. Apabila nilai a dan b diperoleh maka pada tiap nilai x atau variable waktu akan didapatkan besaran nilai y. Adapun persamaan a dan b yaitu (Prasetyo, 2018):

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \quad (2.3)$$

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2} \quad (2.4)$$