

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman telah membawa perubahan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam hal penggunaan lahan. Di Indonesia sebagai negara berkembang dengan populasi besar, dinamika perubahan penggunaan lahan terlihat jelas. Fenomena perubahan tutupan lahan dipengaruhi oleh kebutuhan akan lahan yang meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi di suatu wilayah. Jumlah penduduk Provinsi Jawa Tengah berdasarkan hasil sensus penduduk tahun 2020 sebanyak 36,52 juta jiwa. Jumlah penduduk Provinsi Jawa Tengah ini naik 4,1 juta jiwa dibandingkan dengan tahun 2010. Laju pertumbuhan penduduk di Jawa Tengah sebesar 1,17% per tahun dan lebih cepat 0,37% dibandingkan pada periode 2000-2010. Kabupaten Grobogan sebagai bagian dari Provinsi Jawa Tengah tidak luput dari fenomena ini. Kabupaten Grobogan juga menghadapi tekanan perubahan penggunaan lahan. Perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk telah mendorong perubahan tutupan lahan dari yang sebelumnya didominasi pertanian menjadi lebih beragam, seperti pembangunan kawasan permukiman, perdagangan dan jasa, perindustrian, dan lain-lain. Menurut Prihatin (2015) pertumbuhan penduduk yang begitu cepat, serta aktivitas pembangunan dalam berbagai bidang akan menyebabkan meningkatnya permintaan lahan. Hal inilah yang akan mendorong terjadinya alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian. Agung (2018) menjelaskan bahwa tingginya permintaan lahan terbangun tidak lain dipengaruhi oleh semakin tingginya tingkat pertumbuhan penduduk perkotaan baik secara alami (fertilitas dan mortalitas), maupun migrasi. Berdasarkan hasil proyeksi penduduk, jumlah penduduk Kabupaten Grobogan tahun 2021 adalah sebesar 1.465.510 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,82%. Sejalan dengan kenaikan jumlah penduduk maka kepadatan penduduk dalam kurun waktu tiga tahun terakhir (2019–2021) cenderung mengalami kenaikan, pada tahun 2019 tercatat sebesar 684 jiwa/km<sup>2</sup>, sedangkan pada tahun 2021 menjadi 735 jiwa/km<sup>2</sup>.

Perubahan tutupan lahan merupakan fenomena global yang semakin intensif seiring dengan pertumbuhan populasi yang memiliki implikasi terhadap berbagai aspek lingkungan, termasuk peningkatan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim global. Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan penyumbang utama pemanasan global dan perubahan iklim. Gas rumah kaca adalah gas-gas yang menyebabkan efek rumah kaca dan salah satu di antaranya adalah emisi karbon dioksida. Salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca ialah perubahan tutupan 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). Menurut Liu (2022) emisi gas rumah kaca terutama emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) telah meningkat pesat seiring dengan pertumbuhan populasi manusia. Aktivitas manusia memberikan kontribusi besar terhadap akumulasi gas-gas kimia di atmosfer. Emisi karbon dioksida dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti polusi hasil pemakaian energi fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam untuk industri, transportasi, kegiatan domestik serta penebangan hutan.

Perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap jumlah karbon yang dihasilkan. Perubahan tutupan lahan berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca, ketika lahan vegetasi, seperti hutan dan lahan pertanian diubah menjadi lahan terbangun, sehingga karbon yang tersimpan dalam tanaman dan tanah dilepaskan ke atmosfer. Hal ini menunjukkan bahwa konversi lahan dapat memperburuk efek pemanasan global dengan meningkatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan gas rumah kaca lainnya di atmosfer. Bhan (2021) menjelaskan bahwa 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).

Perubahan tutupan lahan dapat berdampak langsung terhadap keseimbangan karbon. Penelitian ini akan memberikan informasi mengenai stok karbon pada setiap tutupan lahan yang akan diperlukan untuk mendukung kegiatan penurunan

emisi GRK. Analisis tutupan lahan dan stok karbon Kabupaten Grobogan menjadi penting dalam menjaga kualitas lingkungan. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui informasi terkait perubahan tutupan lahan dan stok karbon di Kabupaten Grobogan dalam kurun waktu periode tahun 2013 dan 2023. Perubahan tutupan lahan dapat dianalisis melalui data penginderaan jauh yaitu dengan citra landsat 8 yang diambil pada beberapa tahun berbeda, sehingga akan terlihat perubahan tutupan lahannya. Stok karbon diperoleh dari perhitungan dengan pendekatan kalkulator GRK yang dikembangkan oleh ICLEI. Pendekatan ICLEI mengintegrasikan data setiap jenis tutupan lahan dengan emisi stok karbon, karena setiap tipe tutupan lahan memiliki kapasitas yang berbeda dalam menyerap dan menyimpan karbon. Perhitungan stok karbon didapatkan dengan mengalikan luas setiap tutupan lahan dengan konstanta stok karbon berdasarkan jenis tutupan lahan di Kabupaten Grobogan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perubahan tutupan lahan di Kabupaten Grobogan pada tahun 2013 dan 2023?.
2. Berapa besar stok karbon pada tutupan lahan di Kabupaten Grobogan?.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini yaitu.

1. Menganalisis perubahan tutupan lahan di Kabupaten Grobogan pada tahun 2013 dan 2023.
2. Menganalisis stok karbon pada tutupan lahan di Kabupaten Grobogan.

## **1.4 Kegunaan Penelitian**

Adapun kegunaan yang diharapkan dari penelitian ini dalam bidang keilmuan dan kegunaan praktis.

1. Ilmiah/akademis
  - a. Menambah pengetahuan dan informasi tentang karbon tersimpan pada tutupan lahan di Kabupaten Grobogan.

- b. Memberikan pengetahuan lebih kepada peneliti selanjutnya untuk mengembangkan lebih mendalam mengenai perubahan tutupan lahan terhadap nilai stok karbon di Kabupaten Grobogan.

## 2. Masyarakat

- a. Memberikan informasi besaran potensi stok karbon kepada masyarakat sekitar sebagai upaya untuk menjaga lingkungan terutama lahan vegetasi seperti kawasan hutan dan pertanian.
- b. Meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai kontribusi hutan dalam mengurangi efek pemanasan global.

## 3. Instansi

- a. Memberikan informasi kepada pemerintah dalam memonitoring dan mengevaluasi perubahan tutupan lahan yang mempengaruhi nilai stok karbon.
- b. Memberikan informasi kepada pemerintah untuk membentuk kebijakan yang bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

## 1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

### 1.5.1 Telaah Pustaka

#### a. Pemanasan Global

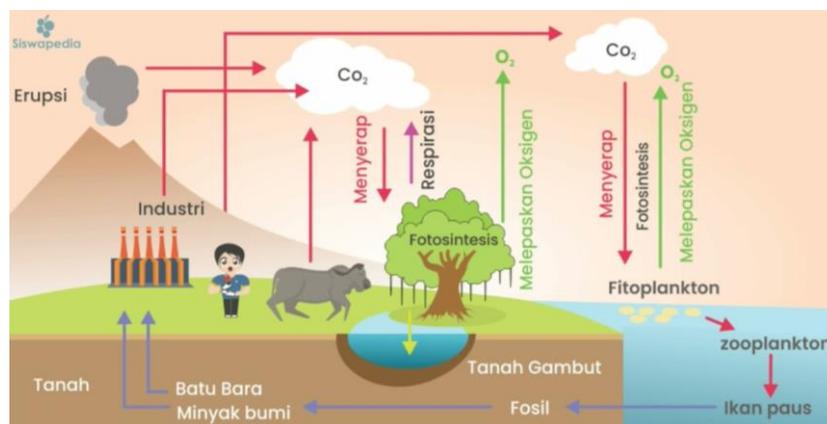
Emisi karbon merupakan jumlah total karbon yang dihasilkan oleh suatu aktivitas yang terlepas ke atmosfer. Emisi karbon dihasilkan secara langsung maupun tidak langsung oleh aktivitas manusia dapat berupa gas CO atau gas CO<sub>2</sub>. Emisi karbon terutama emisi gas karbon dioksida merupakan gas rumah kaca. Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan gas yang terdapat di atmosfer, menyerap dan memancarkan radiasi inframerah dari matahari. Gas rumah kaca dapat terbentuk baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia (*anthropogenic*) (Wahyudi, 2019). Suhu panas yang terkandung dalam inframerah dan terperangkap dalam gas rumah kaca akan mengakibatkan peningkatan suhu permukaan bumi hingga menyebabkan perubahan iklim (Wahyudi, 2016). Jenis-jenis gas pada gas rumah kaca diantaranya adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen oksida (N<sub>2</sub>O), kelompok aldehyd, gas-gas terflorinasi (HFCs, PFCs, dan SF<sub>6</sub>), uap

air dan ozon (O<sub>3</sub>) (Uyigue, 2010). Gas rumah kaca yang ada di atmosfer dapat menyebabkan efek rumah kaca. Efek rumah kaca dapat meningkatkan suhu rata-rata permukaan bumi dan menyebabkan pemanasan global.

Pemanasan global merupakan suatu fenomena yang dipicu akibat dari aktivitas manusia, terutama yang berkaitan dengan pembakaran bahan bakar fosil dan kegiatan alih fungsi lahan (Achmad, 2011). Pemanasan global adalah meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, lautan, dan daratan bumi. Peneliti dari *Center for International Forestry Research* (CIFOR) menjelaskan bahwa pemanasan global adalah kejadian terperangkapnya radiasi gelombang panjang matahari (disebut juga gelombang panas/inframerah) yang dipancarkan bumi oleh gas-gas rumah kaca.

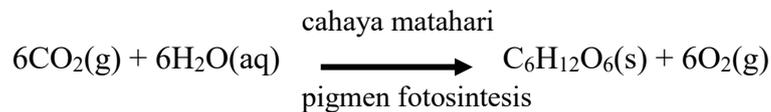
## b. Siklus Karbon pada Vegetasi

Karbon merupakan salah satu bahan dasar untuk penyusun semua senyawa organik, melalui ekosistem pergerakannya beraturan dengan pergerakan energi yang dapat melewati zat kimia lain. Sebagian besar dari seluruh organisme hidup adalah berupa karbon, karena penyimpanan karbon secara alami lebih banyak di simpan di darat dan laut daripada di atmosfer. Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon di antara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling memengaruhi proses lainnya (Sutaryo, 2009). Gambar 1.1 berikut memberi gambaran mengenai siklus karbon.



Gambar 1.1 Siklus Karbon  
Sumber: [www.liveworksheets.com](http://www.liveworksheets.com)

Siklus karbon dibagi menjadi 3 proses tahapan yaitu proses penyerapan, penyimpanan dan respirasi. Pertama proses penyerapan, proses penyerapan yaitu melalui proses fotosintesis. Proses fotosintesis ketika tumbuhan menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang ada di atmosfer. Karbon dioksida adalah zat yang digunakan untuk memperoleh energi dan kemudian mengubahnya menjadi gugus gula dan oksigen selama proses fotosintesis. Proses fotosintesis terjadi ketika klorofil daun menangkap sinar matahari dan menggunakannya untuk mengubah air dan karbon dioksida menjadi glukosa dan oksigen yang berguna untuk membentuk akar, batang dan daun. Proses terjadinya fotosintesis disajikan pada persamaan kimia berikut:



Kedua proses penyimpanan, proses penyimpanan pada proses ini karbon yang sudah diserap tadi akan disimpan pada bagian akar, batang dan daun yang telah terbentuk pada proses penyerapan. Karbon yang diserap oleh tanaman tersebut sebagian digunakan dalam proses fotosintesis dan sisanya masuk ke dalam struktur tumbuhan dan disimpan dalam bentuk stok karbon. Seiring dengan pertumbuhan suatu tegakan pohon maka akan menghasilkan nilai biomassa dan karbon tersimpan yang besar pula karena adanya penyerapan karbon dioksida dari atmosfer melalui proses fotosintesis (Sardi, 2021). Ketiga proses respirasi, Selain melakukan proses fotosintesis untuk mengubah karbondioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi oksigen (O<sub>2</sub>) dan glukosa, tumbuhan juga melakukan proses respirasi yang melepaskan CO<sub>2</sub>. Respirasi sel tumbuhan merupakan oksidasi molekul organik oleh oksigen dari udara membentuk karbondioksida dan air. Terjadinya proses respirasi CO<sub>2</sub> yang ada di dalam tumbuhan akan melalui beberapa proses kemudian dihasilkan kembali CO<sub>2</sub> yang akan dipakai kembali pada saat proses fotosintesis.

### c. **Simpanan Karbon**

Karbon merupakan salah satu unsur utama dalam pembentukan bahan organik termasuk makhluk hidup. Karbon merupakan salah satu unsur alam

yang memiliki lambang “C”. karbon sebagai unsur kimia dengan nomor atom 6 dan merupakan unsur bukan logam yang apabila terlepas di udara dan terikat dengan oksigen menjasi CO<sub>2</sub> (Arupa, 2014). Sofiyuddin (2007) mengatakan bahwa umumnya karbon menyusun 45 - 50 % bahan kering dari tanaman. Sejak kandungan karbon dioksida meningkat secara global di atmosfer dan dianggap sebagai masalah lingkungan, berbagai ekologi tertarik untuk menghitung jumlah karbon yang tersimpan di hutan.

Karbon dapat ditemukan pada makhluk hidup, baik yang sudah mati ataupun masih hidup. Dalam sebuah ekosistem hutan karbon dapat ditemukan pada pohon (baik yang hidup atau mati), tumbuhan bawah (baik yang hidup atau mati), serasah hutan, dan tanah. Karbon-karbon dapat ditemukan dalam makhluk hidup yang melalui fotosintesis kemudian karbon ini akan bersifat padat. Saat lepas ke udara, karbon (C) akan berikatan dengan oksigen (O) yang kemudian menjadi zat asam arang (CO<sub>2</sub>). Zat asam arang inilah yang berbahaya dan akan merusak gas rumah kaca jika berlebihan (Arupa, 2014). Menurut Hairiah (2007), pada ekosistem daratan karbon tersimpan dalam tiga komponen pokok berikut.

1. Biomassa: masa dari bagian vegetasi yang masih hidup yaitu tajuk pohon, tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim.
2. Nekromasa: masa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon), atau telah tumbang/tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting dan daun-daun gugur (serasah) yang belum terlapuk.
3. Bahan organik tanah: sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan manusia) yang telah mengalami pelapukan baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah. Ukuran partikel biasanya lebih kecil dari 2 mm.

Berdasarkan keberadaannya di alam, ketiga komponen karbon tersebut dapat dibedakan menjadi 2 kelompok (Hairiah, 2007) yaitu.

1. Karbon di atas permukaan tanah, meliputi:
  - a) biomassa pohon. Proporsi terbesar penyimpanan C (karbon) di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan. Untuk mengurangi tindakan perusakan selama pengukuran, biomassa pohon dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan alometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang,
  - b) biomassa tumbuhan bawah. Tumbuhan bawah meliputi semak belukar yang berdiameter batang  $< 5$  cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomassa tumbuhan bawah dilakukan dengan mengambil bagian tanaman (melibatkan perusakan),
  - c) nekromasa. Batang pohon mati baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah, yang merupakan komponen penting dari C dan harus diukur pula agar diperoleh estimasi penyimpanan C yang akurat, dan
  - d) seresah. Seresah meliputi bagian tanaman yang telah gugur berupa daun dan ranting-ranting yang terletak di permukaan tanah.
2. Karbon di dalam tanah, meliputi:
  - a) biomassa akar. Akar mentransfer C dalam jumlah besar langsung ke dalam tanah, dan keberadaannya dalam tanah bisa cukup lama. Pada tanah hutan biomassa akar lebih didominasi oleh akar-akar besar (diameter  $>2$  mm), sedangkan pada tanah pertanian lebih didominasi oleh akar-akar halus yang lebih pendek daur hidupnya. Biomassa akar dapat pula diestimasi berdasarkan diameter akar proksimal, sama dengan cara untuk mengestimasi biomassa pohon yang didasarkan pada diameter batang, dan
  - b) bahan organik tanah. Sisa tanaman, hewan dan manusia yang ada di permukaan dan di dalam tanah, sebagian atau seluruhnya dirombak oleh organisme tanah, sehingga melapuk dan menyatu dengan tanah, dinamakan bahan organik tanah.

#### **d. Perhitungan Karbon Tersimpan**

Secara alami, ekosistem hutan mengambil karbon (C) dalam bentuk CO, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari atmosfer yang dihasilkan dari aktivitas antropogenik dan aktivitas respirasi makhluk hidup (Denmann dalam Adi, 2013). Nilai karbon tersimpan ditentukan dengan pengukuran biomassa pohon, dimana karbon tersimpan merupakan 46% dari biomassa pohon yang diukur. Stok karbon yang merujuk pada jumlah karbon tersimpan dalam komponen ekosistem seperti biomassa tumbuhan dan tanah, menjadi fokus utama dalam upaya mitigasi perubahan iklim global. Perubahan tutupan lahan, terutama akibat aktivitas manusia, memiliki dampak signifikan terhadap dinamika stok karbon. ICLEI (*International Council for Local Environmental Initiatives*), sebagai organisasi global yang berfokus pada keberlanjutan di tingkat lokal, menawarkan pendekatan sistematis dalam perhitungan stok karbon. Metodologi ICLEI untuk perhitungan stok karbon umumnya melibatkan inventarisasi komprehensif sumber dan penyerap karbon di wilayah tertentu, dengan mempertimbangkan berbagai tipe tutupan lahan. Pendekatan ini mengintegrasikan data penggunaan lahan, perubahan tutupan lahan, dan faktor emisi spesifik untuk setiap jenis ekosistem. ICLEI menekankan penggunaan metode yang konsisten dengan pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), yang mencakup estimasi biomassa di atas tanah, biomassa bawah tanah, kayu mati, serasah, dan karbon organik tanah.

#### **e. Perubahan Tutupan Lahan Hutan**

Tutupan lahan adalah karakteristik fisik dan biologis yang menutupi permukaan bumi, baik yang terbentuk secara alami maupun hasil aktivitas manusia. Ini mencakup vegetasi (seperti hutan, padang rumput, lahan pertanian), badan air (sungai, danau, laut), permukaan tanah terbuka, es dan salju, serta struktur buatan manusia (seperti bangunan, jalan, dan infrastruktur lainnya).

Perubahan tutupan lahan sebagai transformasi fisik permukaan bumi, yang mencakup konversi dari satu kategori tutupan lahan ke kategori lainnya. perubahan ini dapat disebabkan oleh faktor alami maupun antropogenik,

dengan aktivitas manusia menjadi pendorong utama. Menurut Yani (2018) perubahan penutupan lahan dipengaruhi oleh aktivitas manusia baik dalam skala kecil maupun besar, yang berkaitan dengan aspek ekonomi, sosial, dan budaya sehari-hari. Secara umum, pola perubahan di kawasan perkotaan dan sekitarnya cenderung serupa, dimana lahan yang sebelumnya memiliki fungsi lain beralih menjadi pemukiman dan industri. Sementara itu, perubahan tutupan lahan juga terjadi ketika lahan dibuka untuk pertanian atau perkebunan. Sebagai contoh, area hutan, semak belukar, atau lahan alang-alang dapat berubah fungsi menjadi kebun atau ladang.

Faktor utama penyebab terjadinya perubahan tutupan lahan adalah kombinasi dari berbagai aspek yang saling terkait, didominasi oleh aktivitas manusia dan proses alami. Pertumbuhan populasi dan urbanisasi menjadi pendorong utama, menciptakan kebutuhan akan lahan untuk pemukiman, infrastruktur, dan produksi pangan yang meningkat. Perkembangan ekonomi dan industrialisasi juga berperan signifikan, mengubah lanskap untuk memenuhi tuntutan produksi dan konsumsi yang terus bertambah. Kebijakan pemerintah, baik dalam hal perencanaan tata ruang maupun insentif ekonomi, memiliki dampak langsung pada pola penggunaan lahan. Rustiadi (2007) menjelaskan bahwa perubahan tutupan lahan merupakan proses dinamis yang kompleks, melibatkan interaksi antara faktor biofisik dan sosial-ekonomi. Beberapa faktor yang diduga menjadi penyebab perubahan tutupan lahan, antara lain.

1. Tingginya permintaan atas lahan sebagai akibat dari peningkatan jumlah penduduk.
2. *Market failure*: alih profesi bagi petani yang kemudian petani tersebut menjual sawahnya, sebagai akibat dari pergeseran struktur dalam perekonomian dan dinamika pembangunan.
3. *Government failure*: kebijakan pemerintah, misalnya memberikan peluang investasi di sektor industri namun tidak diikuti dengan kebijakan konversi lahan.

#### **f. Penginderaan Jauh**

Menurut Syah (2010) penginderaan jauh yaitu penggunaan sensor radiasi elektromagnetik untuk merekam gambar lingkungan bumi yang dapat diinterpretasikan, sehingga menghasilkan informasi yang berguna. Penginderaan jauh pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek atau fenomena oleh sebuah alat yang tidak secara fisik melakukan kontak dengan objek tersebut atau pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek atau fenomena oleh sebuah alat dari jarak jauh, (misalnya dari pesawat, pesawat luar angkasa, satelit, kapal atau alat lain) (Lukiawan, 2019). Dari pengambilan gambar oleh wahana tersebut kemudian dilakukan kajian terhadap gambar yang telah diperoleh. Adapun hasil yang diperoleh dari penginderaan jauh disebut dengan foto udara atau citra (Insyani, 2020).

#### **g. Sistem Informasi Geografis**

Menurut Ahyani (2013) perkembangan pemanfaatan data spasial dalam beberapa belakangan ini meningkat dengan sangat drastis. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) semakin meluas seiring dengan kemajuan teknologi dalam pengumpulan, perekaman, dan perolehan data spasial. Saat ini, sistem informasi dan data berbasis keruangan menjadi komponen penting berfungsi sebagai dasar atau landasan untuk berbagai aplikasi pendukung.

Sistem Informasi Geografis (SIG) berkembang menjadi sebuah sistem komputer yang digunakan untuk mengelola dan memproses data geografi. Bernhardsen (2002) menjelaskan bahwa Sistem ini juga mencakup penggunaan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) komputer yang memiliki beragam fungsi. Fungsi-fungsi tersebut mencakup verifikasi, kompilasi, penyimpanan, akuisisi, modifikasi, dan pembaruan data. Selain itu, sistem ini digunakan untuk pemanggilan dan presentasi data, manajemen dan pertukaran data, manipulasi data, serta analisis data.

Tyogi (2022) Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi pemetaan berbasis komputer yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis, dan

menghasilkan data berefrensi geografis atau data geospital untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pelayanan umum lainnya.

### **1.5.2 Penelitian Sebelumnya**

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayah (2023) mengenai estimasi stok karbon pada tutupan lahan hutan, pemukiman dan lahan terbuka di Desa Mandiangin Barat. Hasil menunjukkan karbon pada lahan pemukiman terbesar karena tumbuhan didominasi oleh tingkat pancang dan tiang yang memiliki diameter besar, sehingga mampu menyimpan cadangan karbon besar [1]. Penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2023) mengenai perubahan tutupan lahan dan pengaruhnya terhadap stok karbon permukaan di DAS Blega tahun 1990-2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stok karbon di DAS Blega mengalami penurunan sebesar 25,98% [2]. Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawati (2021) mengenai dampak perubahan penggunaan lahan terhadap besaran stok karbon di Kota Surabaya. Hasil menunjukkan bahwa jenis penggunaan lahan yang mengalami penurunan terbesar dalam stok karbon adalah hutan tanaman [3]. Penelitian yang dilakukan oleh Mayuftia (2013) penelitian ini mengenai tingkat kerusakan dan karbon mangrove dengan pendekatan data satelit NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) di Desa Sidodadi Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Hasil menunjukkan bahwa hubungan antara biomassa mangrove dengan nilai NDVI memiliki hubungan yang kuat, namun hubungan pohon mangrove dengan nilai NDVI memiliki nilai hubungan yang rendah [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Nuraini (2021) yaitu menganalisis dan menduga total simpanan karbon dan serapan CO<sub>2</sub> pada tegakan mangrove di Pulau Nyamuk dan Pulau Parang. Hasil serapan CO<sub>2</sub> di Pulau Nyamuk dan Pulau Parang memiliki perbedaan yang cukup signifikan, hasil berbeda ketika kerapatan mangrove dalam induvidu per satuan area dikelompokkan menjadi satu, sehingga akan terlihat perbedaan yang jelas pada stasiun yang memiliki kerapatan lebat, hal ini dipengaruhi dari tutupan kanopi mangrove yang ada di stasiun tersebut [5]. Penelitian yang dilakukan oleh Kristiyanti (2021) mengenai komposisi, struktur vegetasi mangrove dan keadaan biomasa dan potensi cadangan karbon mangrove di Tahura Ngurah Rai Denpasar. Hasil analisis menunjukkan bahwa mangrove di kawasan tersebut memiliki potensi

besar dalam menyimpan karbon di dalam tanah dan biomasa vegetasinya [6]. Tabel 1.1 menunjukkan ringkasan penelitian sebelumnya

Tabel 1.1 Ringkasan Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Elda Nastitie Hidayah (2023)	Estimasi Stok Karbon pada Tutupan Lahan Hutan, Pemukiman dan Lahan Terbuka di Desa Mandiangin Barat	Menganalisis besaran karbon di tutupan lahan hutan, pemukiman dan lahan terbuka di Desa Mandiangin Barat dan juga untuk menghitung nilai ekonomi cadangan karbon	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Non destructive</i> dan <i>destructive</i> (untuk serasah dan tumbuhan bawah)</li> <li>2. Persamaan allometrik untuk pengukuran biomassa dan nilai perhitungan karbon sesuai dengan BSN (2011)</li> <li>3. Metode <i>purposive sampling</i> untuk penentuan plot di berbagai tutupan lahan</li> </ol>	Jumlah karbon yang terdapat pada tutupan lahan di Desa Mandiangin Barat adalah 158.282,539 ton. Hutan menyimpan bagian terbesar, yakni 157.392,434 ton karbon. Sementara itu, area pemukiman menyimpan 741,879 ton dan lahan terbuka menyumbang 148,226 ton. Meskipun bukan penyimpan karbon terbesar secara keseluruhan, lahan pemukiman memiliki kandungan karbon tertinggi per satuan luas. Hal ini disebabkan oleh dominasi vegetasi tingkat pancang dan tiang yang berdiameter besar, sehingga mampu menyimpan cadangan karbon dalam jumlah besar.

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Metode</b>	<b>Hasil</b>
Fahmi Arief Rahman (2023)	Perubahan Tutupan Lahan dan stok karbon Permukaan di daerah Aliran sungai (DAS) Blega	Untuk melihat perubahan tutupan lahan dan pengaruhnya terhadap stok karbon permukaan di DAS Blega tahun 1990-2020.	1. <i>Maximum Likelihood</i> , metode yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan 2. Pendekatan kalkulator ICLEI, untuk menghitung stok karbon masing-masing tutupan lahan	Selama periode 1990-2020, stok karbon di DAS Blega mengalami penurunan sebesar 25,98%. Penurunan sebesar 19,41% pada periode 1990-2000, diikuti oleh penurunan 1,55% pada periode 2000-2010, dan penurunan 5,02% pada periode 2010-2020. Penurunan stok karbon ini menunjukkan bahwa selama 30 tahun terakhir, total stok karbon di DAS Blega terus menurun akibat perubahan penggunaan lahan yang terjadi.
Ummi Fadlilah Kurniawati (2021)	Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Besaran Stok	1. Mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2000 dan 2020	Kalkulator GRK yang dikembangkan oleh ICLEI, untuk menghitung stok karbon berdasarkan luas tutupan lahan	Jenis penggunaan lahan dengan peningkatan terbesar dalam volume total stok karbon adalah permukiman berkepadatan rendah, yang meningkat sebanyak 16.539,2 ton (18,7%) antara tahun 2000-2020. Sementara jenis

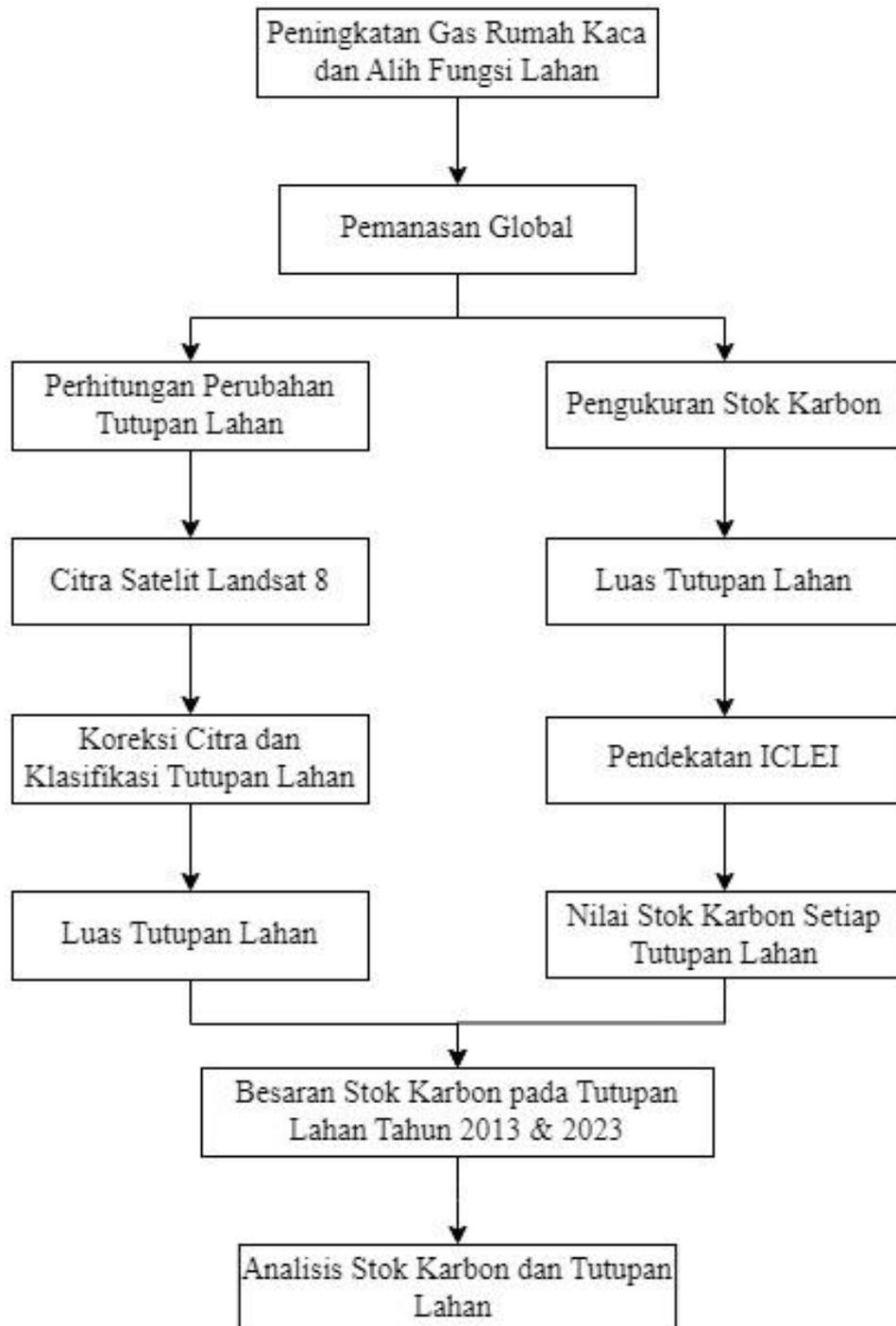
<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Metode</b>	<b>Hasil</b>
	Karbon di Kota Surabaya	2. Menganalisa nilai stok karbon berdasarkan perubahan penggunaan lahan tahun 2000 dan 2020.		penggunaan lahan yang mengalami penurunan terbesar dalam volume total stok karbon adalah Hutan Tanaman, yang menurun sebesar 16.689,2 ton (-17,7%) dalam periode yang sama.
Rimty Mayuftia (2013)	Tingkat Kerusakan dan Karbon Mangrove Dengan Pendekatan Data Satelit NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) di Desa Sidodadi Kabupaten	Mengetahui biomassa karbon yang terkandung pada vegetasi mangrove, tingkat kerusakan ekosistem mangrove berdasarkan kriteria nilai NDVI dan menganalisa adanya hubungan antara biomassa karbon dan nilai NDVI	1. <i>Purposive Sampling</i> untuk pengambilan sampel di lapangan 2. <i>Non destruktif</i> untuk pengambilan data biomassa karbon vegetasi mangrove 3. NDVI untuk menganalisis hubungan kerusakan mangrove dengan nilai NDVI	Biomassa karbon mangrove yang terdapat pada vegetasi mangrove di Pesisir Lampung, Desa Sidodadi, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung adalah 10.694.870,18 kg/ha. Analisis menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara biomassa mangrove dan nilai NDVI, sementara hubungan antara pohon mangrove dan nilai NDVI cenderung rendah

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Metode</b>	<b>Hasil</b>
	Pesawaran Provinsi Lampung			
Ria Azizah Tri Nuraini (2021)	Stok Karbon pada Tegakan Vegetasi Mangrove di Pulau Karimunjawa	Menganalisis dan menduga total simpanan karbon dan serapan CO <sub>2</sub> pada tegakan mangrove di Pulau Nyamuk dan Pulau Parang	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Purposive Sampling</i>, metode pengambilan sampel dengan melakukan pemilihan lokasi sesuai dengan ciri – ciri spesifik dan karakteristik tertentu</li> <li>2. Survei lapangan, dilakukan untuk menentukan diameter pohon, suhu, pH, dan salinitas</li> <li>3. <i>Non destructive</i>, metode pengukuran biomassa</li> <li>4. Rumus allometrik, digunakan untuk menduga simpanan karbon.</li> </ol>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpanan total karbon pada tegakan mangrove di Pulau Nyamuk adalah 1.176,48 ton/ha, sementara di Pulau Parang mencapai 2.009,031 ton/ha. Jumlah CO <sub>2</sub> yang terserap ini tercermin dari simpanan karbon pada tegakan dan kepadatan daun yang tumbuh, yang dipengaruhi oleh luas tutupan kanopi di setiap lokasi penelitian.
Ni Nyoman Ely Kristiyanti (2021)	Komposisi, Struktur Vegetasi Serta Potensi Serapan Karbon	1. Mengetahui komposisi, struktur vegetasi mangrove pada areal hutan	1. <i>Purposive sampling</i> , untuk menentukan lokasi pengambilan sampel karbon yang akan dilakukan pada tiap-tiap zonasi	Hasil Analisis vegetasi di kawasan Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar mengidentifikasi 8 jenis mangrove. Simpanan karbon di tiga

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
	Hutan Mangrove di Kawasan Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar	mangrove di taman hutan raya Ngurah Rai Denpasar 2. Mengetahui keadaan biomasa dan potensi cadangan karbon mangrove di Tahura Ngurah Rai Denpasar	yang meliputi zonasi depan, zonasi tengah dan zonasi belakang 2. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode non-destruktif 3. Persamaan allometrik untuk menduga potensi karbon pada hutan mangrove	stasiun penelitian di area tersebut mencapai 551,900 ton C/ha, dengan Stasiun III mencatat total simpanan tertinggi sebesar 325,296 ton C/ha. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa mangrove di kawasan ini memiliki potensi besar dalam menyimpan karbon baik di dalam tanah maupun dalam biomasa vegetasinya.

## **1.6 Kerangka Penelitian**

Alih fungsi lahan berpengaruh terhadap peningkatan gas rumah kaca yang berakibat pada pemanasan global. Perubahan tutupan lahan menjadi faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Tutupan lahan dengan vegetasi yang lebat memiliki potensi biomassa tinggi, yang berperan penting dalam menyerap karbon atmosfer melalui proses fotosintesis. Perubahan tutupan lahan terutama yang mengurangi area bervegetasi, memiliki dampak langsung terhadap peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Permasalahan tersebut memicu penelitian ini untuk mengkaji potensi simpanan karbon pada setiap tutupan lahan dan dampak alih fungsi lahan. Dengan menggunakan metode penginderaan jauh dengan memanfaatkan citra satelit berguna untuk mengetahui luas tutupan lahan serta penyebab dan dampak terjadinya perubahan tutupan lahan. Melalui perhitungan stok karbon dengan pendekatan ICLEI maka diperoleh nilai stok karbon dari masing-masing tutupan lahan. Dari perhitungan stok karbon yang dihasilkan dari luas tutupan lahan yang dikalikan dengan konstanta stok karbon, maka diperoleh nilai stok karbon pada setiap tutupan lahan di Kabupaten Grobogan pada tahun 2013 dan 2023, sehingga dapat digunakan untuk menganalisis stok karbon dan tutupan lahan di Kabupaten Grobogan. Kerangka berpikir dalam penelitian ini dirangkai dalam bagan berikut ini.



Gambar 1.2 Kerangka Penelitian

## **BATASAN OPERASIONAL**

1. Tutupan Lahan: tutupan lahan merupakan tutupan fisik dan biologis permukaan bumi baik yang terbentuk secara alamiah seperti rawa, sungai, perbukitan maupun buatan manusia seperti sawah, kebun, hutan dan bangunan (Prasetyo, 2023).
2. Stok Karbon: stok karbon adalah kandungan karbon absolut dalam biomassa (tumbuhan) pada waktu tertentu (Maulida, 2018).
3. Kalkulator GRK dengan pendekatan ICLEI: digunakan untuk menghitung dan mengestimasi stok karbon (Kurniawati, 2021).