

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Efek rumah kaca merupakan masalah iklim yang mempengaruhi seluruh dunia serta faktor utama munculnya fenomena pemanasan global (Suwedi, 2005). Pemanasan global dapat berdampak buruk pada berbagai aspek kehidupan termasuk lingkungan seperti peningkatan laju penguapan air permukaan sehingga mengurangi jumlah air baku dipermukaan bumi (Zhou dkk., 2020). Pemanasan global juga menyebabkan naiknya permukaan laut akibat penguapan yang meningkat di bagian kutub bumi sehingga menyebabkan mencairnya es, radiasi ultraviolet (UV-B) juga ikut terdampak akibat pemanasan global, dimana peningkatan radiasi dapat menyebabkan masalah pada kulit manusia. Salah satu faktor pendorong meningkatnya pemanasan global adalah tingginya emisi karbon di atmosfer dalam kaitannya dengan siklus karbon. Siklus karbon telah mendapatkan perhatian besar selama beberapa dekade terakhir dari para ilmuwan (Gomez dkk., 2019). Hal ini disebabkan perubahan besar tutupan dan penggunaan lahan kawasan pemukiman yang menjadi salah satu penyumbang penting dari emisi. Perubahan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan AMDAL serta penebangan hutan dalam skala besar menyebabkan berkurangnya proses penyerapan dan penyimpanan stok karbon oleh tumbuhan.

Stok karbon merupakan salah satu eksternalitas yang diperhatikan pada pembangunan kawasan dalam rangka pencegahan dan pengendalian pemanasan global. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi stok karbon adalah ketersediaan kawasan vegetasi (Zhou dkk., 2020). Vegetasi berperan sebagai penyerap emisi karbon yang ada di udara untuk digunakan dalam proses fotosintesis dan menghasilkan residu berupa oksigen (O_2). Karena itulah, sangat penting bagi Indonesia untuk mengkaji berapa besar kemampuan alam maupun berbagai aktivitas sektoral di Indonesia dalam menyumbang (*source*) maupun menyerap (*sink*) karbon. Sebagai langkah awal berbagai tindakan mitigasi emisi karbon dan pemanasan global, perlu adanya kajian penelitian mengenai kemampuan penyerapan dan penyimpanan stok karbon di suatu kawasan dengan harapan adanya kajian penelitian tersebut dapat menjadi referensi tingkat ketersediaan kawasan

penyerapan dan penyimpanan stok karbon di kawasan pemukiman maupun perkotaan yang saat ini sedang berkembang. Oleh sebab itu, perlu adanya kajian terhadap kandungan stok karbon sebagai sebagai salah satu pilar pengendalian emisi karbon dan pemanasan global. Seiring perkembangan teknologi, kandungan stok karbon dapat diprediksi dan dihitung menggunakan penginderaan jauh. Penginderaan jauh memiliki keunggulan dibandingkan metode konvensional seperti area jangkauan yang lebih luas, waktu akuisisi dan analisis data yang lebih cepat, serta analisis yang kompleks sehingga interpretasi menjadi lebih detail (Dewa dkk., 2022).

Penelitian ini mengkaji tentang pendugaan kelimpahan stok karbon hutan kota di Kota Ungaran. Studi kasus wilayah studi ini adalah Hutan Penggaron yang terletak di Kota Ungaran, Kabupaten Ungaran Provinsi Jawa Tengah. Berbagai metode estimasi stok karbon telah dikembangkan saat ini salah satunya menggunakan pemodelan *light use efficiency* (LUE). Pemodelan LUE memanfaatkan penginderaan jauh berbasis citra satelit untuk memperkirakan kandungan *gross primary production* (GPP) hingga stok karbon di sebuah kawasan terutama kawasan dengan kerapatan vegetasi yang tinggi seperti hutan. Stok karbon akan diestimasi menggunakan teknik penginderaan jauh untuk mendapat nilai simpanan GPP dari vegetasi hutan kemudian digunakan dalam perhitungan stok karbon. Simpanan GPP dapat diperkirakan dengan memperhatikan faktor yang berkaitan erat dengan proses fotosintesis pada tumbuhan. Dalam estimasi stok karbon menggunakan penginderaan jauh ini parameter yang diperhitungkan antara lain adalah fraksi radiasi aktif fotosintesis (fPAR) yang dimodelkan menggunakan indeks tingkat kerapatan vegetasi, efisiensi penggunaan cahaya matahari, serta *photosynthetically active radiation* (PAR) (Pei dkk., 2022).

Tingkat kerapatan vegetasi akan dihitung dengan metode NDVI dengan mengklasifikasikan tingkat kerapatan sesuai Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.12/Menhut-I/2012 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.32/Menhut-I/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTk RHL-DAS). Efisiensi radiasi matahari (LUE) dihitung dengan metode *red green ratio index* (RGRI) yang menunjukkan hubungan antara pigmen *antosianin*

daun terhadap zat klorofil pada daun (Harris Geospatial, 2017). Sementara PAR adalah nilai radiasi aktif fotosintesis pada tumbuhan per waktu (Liu dkk., 2018). Data PAR didapat melalui situs NASA POWER yang disediakan oleh NASA. Data ini bersifat terbuka dan memiliki beragam jenis data dengan berbagai parameter dan waktu yang dapat diunduh sesuai keinginan. Ketiga data tersebut selanjutnya digunakan dalam menghitung nilai GPP hutan Kota Ungaran dan selanjutnya divalidasi menggunakan pengukuran dan perhitungan stok karbon secara konvensional menggunakan rumus allometrik.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan jawaban seberapa besar stok karbon yang disimpan vegetasi Hutan Penggaron, serta pengaruh hutan tersebut terhadap penyerapan emisi karbon di Kota Ungaran. Adanya kajian mengenai estimasi stok karbon yang mampu diserap dan disimpan Hutan Penggaron dapat membantu memperkirakan jumlah emisi karbon yang mampu diserap Hutan Penggaron sehingga hal ini dapat membantu mengatasi pemanasan global serta menjaga iklim di Kota Ungaran.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil klasifikasi kerapatan vegetasi menggunakan metode NDVI di Hutan Penggaron?
2. Bagaimana hasil estimasi stok karbon di Hutan Penggaron?
3. Bagaimana tingkat akurasi perhitungan stok karbon menggunakan metode LUE dengan hasil pengukuran lapangan di Hutan Penggaron?
4. Bagaimana hasil uji korelasi antara pemodelan stok karbon dengan hasil NDVI Hutan Penggaron?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat kerapatan vegetasi di Hutan Penggaron.
2. Mengetahui pendugaan estimasi biomassa dan stok karbon di Hutan Penggaron.
3. Mengetahui tingkat akurasi antara hasil perhitungan stok karbon menggunakan metode LUE dengan hasil pengukuran lapangan di Hutan Penggaron.

4. Mengetahui tingkat korelasi antara hasil pemodelan stok karbon menggunakan metode LUE dengan fPAR yang dimodelkan menggunakan NDVI.

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Bidang keilmuan

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui estimasi stok karbon hutan kota di Kota Ungaran sehingga dapat digunakan untuk penelitian yang berkaitan dengan stok karbon, emisi karbon udara maupun bidang kajian lainnya.

2. Bidang Lingkungan

Hasil penelitian ini dapat digunakan dalam analisis dampak lingkungan (AMDAL) yang berkaitan dengan emisi karbon, reboisasi, pengurangan gas rumah kaca (GRK) dan kajian lingkungan lainnya.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya melakukan estimasi stok karbon di Hutan Penggaron tanpa mengkaji emisi karbon di Hutan Penggaron.
2. Perhitungan biomassa vegetasi menggunakan 3 parameter antara lain fraksi radiasi fotosintesis yang dimodelkan dengan NDVI, faktor efisiensi penggunaan cahaya matahari, dan radiasi aktif fotosintesis tumbuhan.
3. Kandungan stok karbon yang dikaji dan divalidasi pada penelitian ini adalah stok karbon yang terkandung pada batang pohon mengacu pada SNI No.7724 tahun 2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon.
4. Uji validasi dilakukan dengan menghitung nilai RMSE antara nilai stok karbon yang diperoleh dari metode LUE dengan nilai stok karbon yang dihitung secara konvensional menggunakan persamaan allometrik Brown.
5. Uji korelasi menggunakan korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan antara tingkat kerapatan vegetasi dengan kandungan biomassa. Uji korelasi hanya dilakukan pada 1 parameter disebabkan pada dua parameter lainnya PAR merupakan nilai konstanta dan LUE maksimum merupakan parameter tambahan sehingga tidak perlu dilakukan uji korelasi.
6. Data PAR menggunakan data resolusi rendah dari Citra Satelit MODIS yang dapat diakses melalui situs NASA Power. Data yang digunakan merupakan

daily PAR dengan menyamakan antara tanggal akuisisi PAR dengan tanggal perekaman citra.

7. Uji validasi dilakukan dengan mengambil sampel pengukuran diameter batang. Penentuan sampel menggunakan metode *random purposive sampling* dengan jumlah sampling mengacu pada hasil perhitungan jumlah minimal sampel menggunakan rumus choncran.
8. Titik pengambilan sampel di lapangan dilakukan dengan jarak antar sampel berbentuk plot persegi minimal 400 m² mengacu pada SNI 7724 tahun 2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon.
9. Hutan Penggaron merupakan jenis hutan alam sekunder sehingga bersifat heterogen dan memiliki beragam jenis pohon. Pada penelitian ini pengambilan sampel serta uji validasi dibatasi hanya pada 3 jenis pohon dominan di Hutan Penggaron yakni Pohon Mahoni, Pohon Pinus dan Pohon Puspa.
10. Pohon yang digunakan sebagai sampling mengacu pada SNI 7724 tahun 2011 tentang Pengukuran dan Perhitungan Karbon dengan pohon besar dengan diameter minimal 20 cm.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian, terdapat beberapa ruang lingkup yang menjadi subyek maupun objek dari penelitian. Adapun ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut :

I.5.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah hutan Penggaron yang terletak di Kota Ungaran.



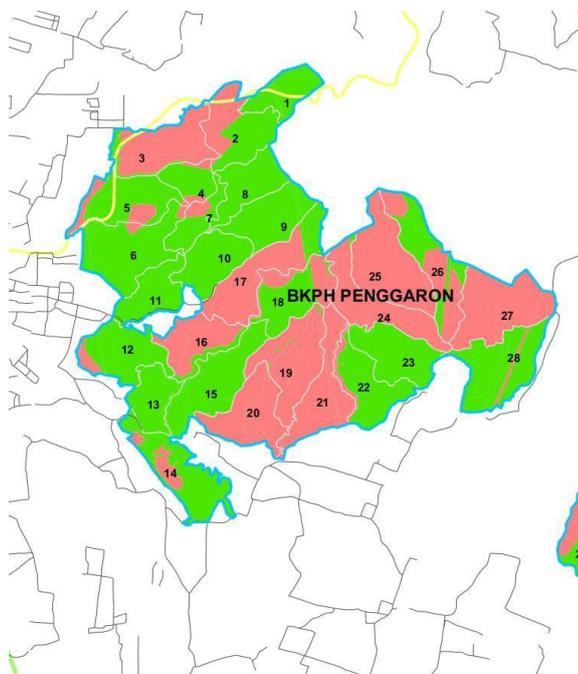
Gambar I.1 Lokasi Penelitian

Hutan Penggaron merupakan sebuah hutan alam sekunder yang terletak di Desa Susukan, Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang Jawa Tengah. Hutan Penggaron merupakan jenis hutan yang berfungsi sebagai lokasi rekreasi, pendidikan, penelitian serta konservasi flora dan fauna (Utami dan Murningsih, 2018). Hutan Penggaron merupakan tempat tinggal bagi lebih dari 90 spesies fauna seperti Burung Elang Ular Bido, Merak Hijau, Kadalan Birah serta ratusan spesies flora seperti Puspa, Pinus, Mahoni, Jati, Paku dan lainnya. Wana Wisata Penggaron dikola oleh Kesatuan Bisnis Mandiri Wisata Benih dan Usaha Lain (KBM WBU I) Perum Perhutani Unit 1 Jawa Tengah. Hutan Penggaron memiliki wilayah seluas 500 ha dengan ketinggian antara 100 – 350 mdpl dan kondisi hutan yang masih terjaga (Abadiyah, Wahidah dan Hariz, 2019).



Gambar I.2 Kenampakan Alam Hutan Penggaron

Kawasan Hutan Penggaron dibagi menjadi 3 zona berdasarkan tingkat kelerengannya, yaitu zona I (0-8%), zona II (8-13%) dan zona III (>13%) (Abadiyah, Wahidah dan Hariz, 2019). Sementara secara administrative, Hutan Penggaron dibagi menjadi 28 wilayah yang disebut petak. Masing-masing petak memiliki pengawas dan pengelola tersendiri dengan diawasi oleh Perum Perhutani sebagai induk pengelola hutan.



Gambar I.3 Wilayah BKPH Hutan Penggaron

I.5.2 Alat dan Data

1. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Perangkat Keras

1. Laptop berfungsi sebagai alat *input, processing, output* serta penyimpanan data penelitian dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe Komputer : ASUS A456U

Sistem Operasi : Windows 10

Tipe Sistem : 64-bit operating system, x64-based processor

Tipe Processor : Intel(R) Core (TM) i5-7200U CPU @ 3.18 Hz

Kapasitas RAM : 4.00Gb

2. Meteran berfungsi sebagai alat ukur keliling dan diameter batang vegetasi.
3. Buku Tulis sebagai alat catat hasil pengukuran keliling dan diameter batang vegetasi.
4. Pulpen sebagai alat catat hasil pengukuran keliling dan diameter batang vegetasi.
5. Android sebagai alat pelacak lokasi koordinat sampel dan dokumentasi.

b. Perangkat Lunak

1. QGIS berfungsi sebagai alat pengolah data raster dan vektor mulai dari *pre-processing* hingga *layouting* peta.
2. Microsoft Excel sebagai perangkat perhitungan biomassa dan stok karbon serta uji statistik data validasi.
3. Gap Light Analyze App (GLA) sebagai alat validasi analisis tingkat kerapatan dan kerapatan vegetasi di lapangan
4. SW Map sebagai alat perekam koordinat sampel.
5. Avenza Map sebagai aplikasi navigator dalam pengambilan sampel.

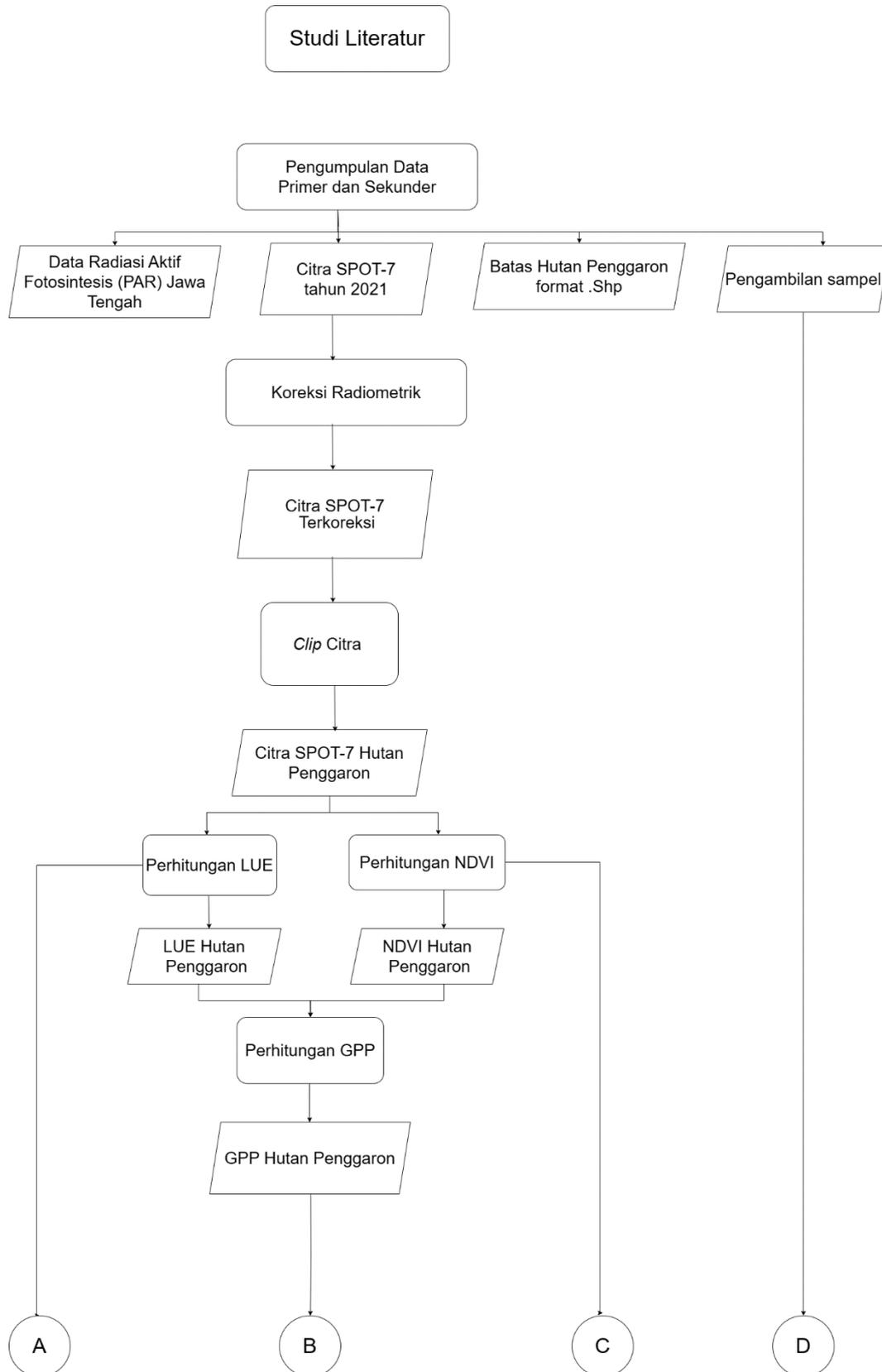
2. Data Penelitian

Data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah :

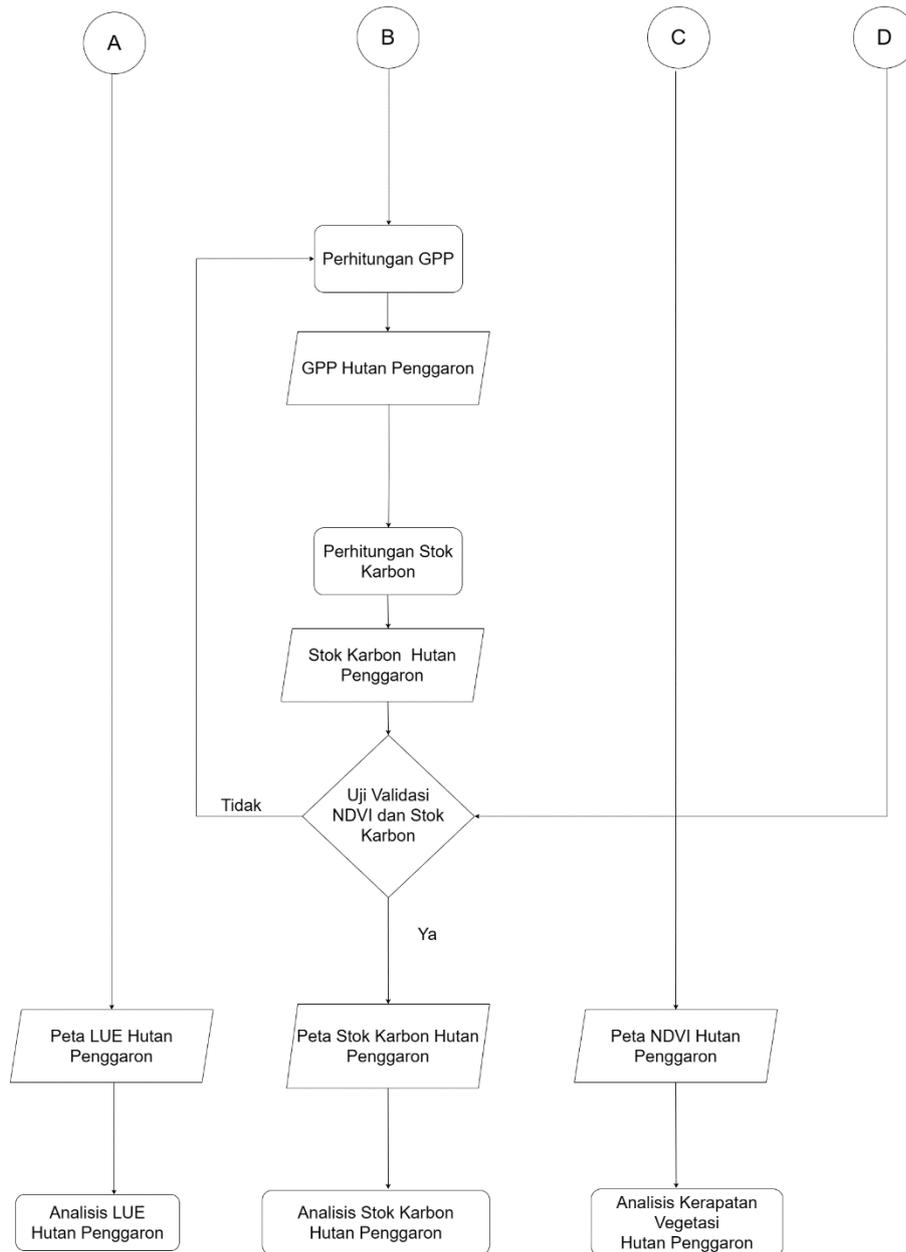
Tabel I.1 Data Penelitian

No	Nama Data	Tahun	Unit Data	Jenis Data	Sumber Data
1	Citra Satelit SPOT-7	2021	Raster (.jp2)	Sekunder	BRIN
2	Batas wilayah Hutan Penggaron	2022	<i>Shapefile</i> (.shp)	Sekunder	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
3	Keliling Batang Vegetasi	2023	Satuan (cm)	Primer	Pengukuran Lapangan
4	PAR	2021	Konstanta	Sekunder	NASA Power (power.larc.nasa.gov)

I.5.3 Diagram Alir



Gambar I.4 Diagram Alir



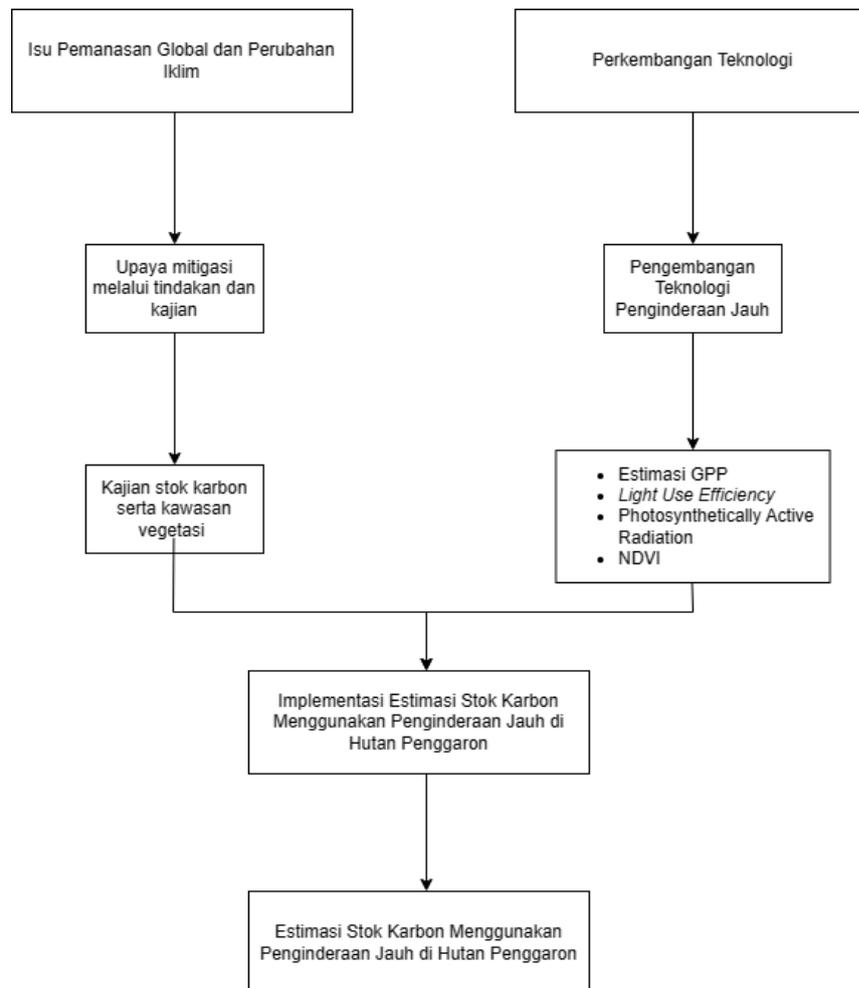
Gambar I.5 Diagram Alir (Lanjutan)

I.6 Kerangka Berfikir Penelitian

Penelitian ini bermula dari isu lingkungan yang semakin memburuk akibat adanya emisi GRK yang menyebabkan pemanasan global. Dampak negatif yang dirasakan masyarakat seperti tingginya intensitas bencana banjir, longsor, badai, perubahan iklim menyebabkan adanya perhatian serius dari pemerintah untuk mengatasi berbagai isu yang terjadi. Upaya mitigasi dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah kajian terhadap kawasan vegetasi hutan dan kemampuannya dalam menyerap emisi GRK seperti karbon. Dengan adanya kajian dan analisis mengenai kemampuan dan efisiensi kawasan vegetasi terutama hutan dalam

menyerap karbon dapat membantu memperkirakan emisi yang mampu diserap dan masih tersisa di atmosfer sehingga langkah mitigasi dapat dilakukan secara efektif, efisien dan tepat.

Untuk memahami mengenai bagaimana penelitian diangkat, berikut adalah alur berfikir yang dapat dilihat pada **Gambar I.5**.



Gambar I.6 Alur Kerangka Berfikir

I.7 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan struktur laporan agar lebih jelas dan terarah. Adapun sistematika penulisannya adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, metodologi penelitian sampai sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan mengenai teori-teori yang mendukung dalam penelitian ini. Digunakan sebagai upaya mempertajam literatur bagi pembaca. Beberapa topik yang diambil seperti Penelitian Terdahulu, *Gross Primary Production*, Biomassa, Penginderaan Jauh, *Light Use Efficiency*, *Fraction of Absorbed* (Fpar), *Photosynthetically Active Radiation* (PAR), Uji Normalitas, *Root Mean Square Error*, dan Uji Korelasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan-tahapan akuisisi data sampai proses pengolahan data yang nantinya akan mendapatkan estimasi stok karbon Hutan Penggaron.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai analisis dari hasil yang diperoleh berdasarkan tahapan pengolahan yang sudah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan penelitian dan saran bagi penelitian selanjutnya.