

**PENDUGAAN STOK KARBON ATAS PERMUKAAN TANAH  
MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH PADA LANSKAP  
REPONG DAMAR DI KABUPATEN PESISIR BARAT**

**(Skripsi)**

Oleh

**Oktavian Rizky Risnanda  
2114151025**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## **ABSTRAK**

### **PENDUGAAN STOK KARBON ATAS PERMUKAAN TANAH MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH PADA LANSKAP REPONG DAMAR DI KABUPATEN PESISIR BARAT**

**Oleh**

**OKTAVIAN RIZKY RISNANDA**

Repong damar merupakan sistem agroforestri tradisional yang berpotensi besar dalam menyimpan karbon dan mendukung mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menduga stok karbon pada tiga jenis tutupan lahan, yaitu repong damar, hutan alam, dan kebun campuran di Kabupaten Pesisir Barat, serta menganalisis hubungan antara data lapangan dan indeks vegetasi berbasis penginderaan jauh. Data dikumpulkan melalui pengukuran vegetasi di 42 plot menggunakan parameter diameter, tinggi pohon, dan kerapatan kayu, yang kemudian dihitung biomassa dengan pendekatan persamaan alometrik. Biomassa lapangan dikonversi menjadi stok karbon dengan faktor konversi 0,47 sesuai pedoman IPCC dan SNI 7724:2011. Citra satelit Landsat 9 digunakan untuk menghitung indeks vegetasi (NDVI, GNDVI, NDMI, ARVI, SAVI), yang kemudian dianalisis korelasinya dengan data stok karbon menggunakan analisis regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa repong damar memiliki rata-rata stok karbon tertinggi yakni sebesar 269,74 tC/ha, diikuti hutan alam sebesar 167,01 tC/ha, dan kebun campuran sebesar 96,61 tC/ha. Indeks vegetasi memiliki hubungan yang signifikan terhadap stok karbon dimana NDMI menunjukkan korelasi terkuat. Penelitian ini membuktikan bahwa teknologi penginderaan jauh dapat digunakan secara efektif untuk menduga dan memetakan stok karbon di berbagai jenis tutupan lahan, serta mendukung pemantauan mitigasi perubahan iklim skala bentang lahan.

Kata kunci : stok karbon, penginderaan jauh, indeks vegetasi, repong damar

## **ABSTRACT**

### **ESTIMATION OF ABOVE GROUND CARBON STOCKS USING REMOTE SENSING ON REPONG DAMAR LANDSCAPE IN PESISIR BARAT REGENCY**

**By**

**OKTAVIAN RIZKY RISNANDA**

Repong damar is a traditional agroforestry system that has great potential in storing carbon and supporting climate change mitigation. This study aims to estimate carbon stocks in three types of land cover, namely repong damar, natural forest, and mixed gardens in Pesisir Barat Regency, and to analyze the relationship between field data and remote sensing-based vegetation indices. Data were collected through vegetation measurements in 42 plots using diameter, tree height, and wood density parameters, which were then calculated for biomass using an allometric equation approach. Field biomass was converted to carbon stock with a conversion factor of 0.47 according to IPCC guidelines and SNI 7724:2011. Landsat 9 satellite imagery was used to calculate vegetation indices (NDVI, GNDVI, NDMI, ARVI, SAVI), which were then analyzed for correlation with carbon stock data using regression analysis. The results showed that repong damar had the highest average carbon stock of 269,74 tC/ha, followed by natural forest of 167,01 tC/ha, and mixed garden of 96,61 tC/ha. Vegetation index had a significant relationship to carbon stock where NDMI showed the strongest correlation. This study proves that remote sensing technology can be used effectively to estimate and map carbon stocks in various types of land cover, as well as support monitoring of climate change mitigation at the landscape scale.

**Keywords :** carbon stock, remote sensing, vegetation index, repong damar

**PENDUGAAN STOK KARBON ATAS PERMUKAAN TANAH  
MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH PADA LANSKAP  
REPONG DAMAR DI KABUPATEN PESISIR BARAT**

**Oleh**

**Oktavian Rizky Risnanda**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA KEHUTANAN**

**Pada**

**Jurusan Kehutanan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul Penelitian

: **PENDUGAAN STOK KARBON ATAS  
PERMUKAAN TANAH MENGGUNAKAN  
PENGINDERAAN JAUH PADA LANSKAP  
REPONG DAMAR DI KABUPATEN PESISIR  
BARAT**

Nama

: **Oktavian Rizky Risnanda**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114151025

Program Studi

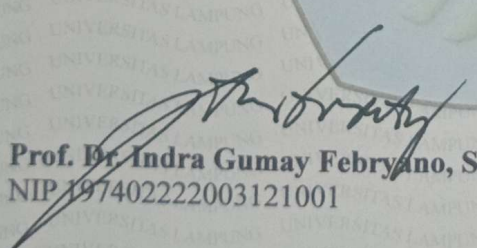
: Kehutanan

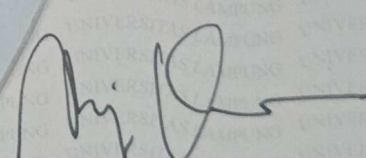
Fakultas

: Pertanian

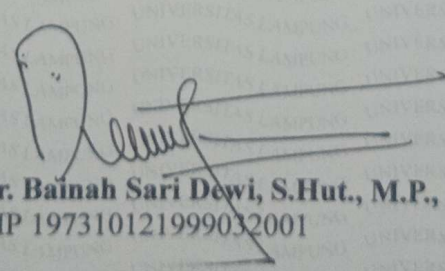


1. Komisi Pembimbing

  
**Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.**  
NIP 197402222003121001

  
**Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.**  
NIP 197907012008011009

2. Ketua Jurusan Kehutanan

  
**Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM.**  
NIP 197310121999032001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.

Sekretaris : Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.

Anggota : Dr. Rudi Hilamanto, S.Hut., M.Si.

### 2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.  
NIP.196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Juni 2025

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Oktavian Rizky Risnanda  
NPM : 2114151025  
Jurusan : Kehutanan  
Alamat : Jln. Sukamanah 1 No.21, Kelurahan Sukasari, Kecamatan  
Rumah Tangerang, Kota Tangerang

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sungguh-sungguh, bahwa skripsi saya yang berjudul:

**“PENDUGAAN STOK KARBON ATAS PERMUKAAN TANAH  
MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH PADA LANSKAP REPONG  
DAMAR DI KABUPATEN PESISIR BARAT”**

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 19 Juni 2025  
Yang membuat pernyataan



**Oktavian Rizky Risnanda**  
NPM 2114151025

## RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Oktavian Rizky Risnanda, akrab dengan panggilan Okta. Lahir di Kota Tangerang, Provinsi Banten, 01 Oktober 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Usep Sukanda dan Ibu Herni Yusnita. Penulis menempuh pendidikan di TK Al-Istiqomah, Kota Tangerang tahun 2007-2009, SDN Sukasari 4, Kota Tangerang tahun 2009-2015, SMPN 1 Tangerang, Kota Tangerang tahun 2015-2018, dan SMAN 2 Tangerang, Kota Tangerang tahun 2018-2021. Selama masa pendidikan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi. Penulis tergabung dalam Organisasi Siswa Intra Sekolah (OSIS) SMPN 1 Tangerang pada tahun 2016-2018. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi Purna Paskibraka Indonesia (PPI) Kota Tangerang sejak tahun 2019, dan pernah menjalankan tugas dalam pengibaran bendera pada upacara peringatan Hari Kemerdekaan di Alun-Alun Kota Tangerang. Tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi. Penulis aktif organisasi di dalam kampus yaitu Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Koperasi Mahasiswa (KOPMA) periode tahun 2022-2023, serta aktif sebagai anggota dari Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) periode tahun 2021-2023. Selain itu, penulis juga aktif sebagai asisten dosen pada mata kuliah Inventarisasi Hutan, Pemetaan dan Geomatika Kehutanan, Penginderaan Jauh, dan Ekologi Lanskap. Kegiatan akademik yang pernah diikuti penulis adalah Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Pakuan Sakti, Kecamatan Pakuan Ratu, Kabupaten Way Kanan. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) selama 20 hari di Hutan Pendidikan Universitas Gadjah Mada (UGM) yaitu KHDTK Getas

Kecamatan Kradenan, Blora, Jawa Tengah dan KHDTK Wanagama, Jawa Tengah. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan kegiatan magang selama 30 hari di Taman Nasional Way Kambas. Penulis juga menjadi enumerator dalam tema “Dinamika Penurunan Produksi Tumbuhan Repong Damar di Kabupaten Pesisir Barat (Riset Lanjutan Tahun ke-20)”.

## SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan skripsi yang berjudul “Pendugaan Stok Karbon Atas Permukaan Tanah Menggunakan Penginderaan Jauh Pada Lanskap Repong Damar di Kabupaten Pesisir Barat” dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan, petunjuk, serta dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan rasa hormat dan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut, M.Si. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran kepada penulis serta motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasihat serta motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si. selaku dosen penguji, yang telah memberikan kritik, arahan, saran, serta dorongan motivasi kepada penulis.
7. Bapak Prof. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si. selaku pembimbing akademik, yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan kepada penulis selama masa studi.

8. Segenap dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberikan wawasan dan ilmu pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan dan Staff administrasi Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
9. BBTNBBBS yang telah memberikan pengetahuan, pendampingan serta data penelitian kepada penulis.
10. Segenap pihak masyarakat yang terlibat dalam pengambilan data di Desa Pahmungan yang telah memberikan pengetahuan dan dampingan kepada penulis dalam proses penelitian.
11. Orang tua penulis yaitu Bapak Usep Sukanda dan Ibu Herni Yusnita yang selalu memberikan doa, kasih sayang, perhatian, nasihat, arahan, semangat, serta dukungan moril maupun materil sehingga penulis mampu mencapai tahap ini. Terima kasih Bapak dan Ibu karena telah menjadi alasan penulis ingin segera menyelesaikan perkuliahan.
12. Kepada Saudari Novita Wibowo yang senantiasa hadir, memberi semangat, serta tulus mendampingi penulis dalam perjalanan perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
13. Tim TNBBS 2025 (Naek Oktafianus Pakpahan dan Dika Haidar Al Ashabi) yang telah menemani dan memberikan bantuan kepada penulis selama pengambilan data penelitian.
14. Teman seperbimbingan (Novita Wibowo, Elsa Nadia Almaidah, Fauzan Ridwan Pratama, Naek Oktafianus Pakpahan, Dika Haidar Al-ashabi, Tegar Wirayuda, M. Pahlevi Fadhlurrazzaq, Ahmad Fauzan, Fadil Utama Wijaya, Latifah Khairunisa, dan Dinda Demay Vebriana) yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama penyusunan skripsi.
15. Teman dekat penulis (Faldo, Erico, dan Faiz) yang memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dari awal perantauan hingga lulus bersama.
16. Saudara seperjuangan angkatan 2021 (LABORIOSA) dan keluarga besar Himasyilva Universitas Lampung.
17. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah banyak membantu penulis selama melakukan perkuliahan dan proses skripsi ini.

18. Terima kasih kepada diri saya sendiri yang telah bertahan hingga saat ini, bertanggung jawab, bekerja keras untuk melewati dan menikmati proses panjang skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca.

Bandar Lampung,  
Penulis

Oktavian Rizky Risnanda

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Karya ini kutulis jauh dari rumah, dengan rindu yang tak pernah usai.  
Untuk papah dan mamah, dua nama yang selalu kusebut dalam doa malam.  
"Jaga diri baik-baik", saat melepas langkahku di tanah rantau.  
Kini, kupersembahkan hasil dari setiap peluh dan doa itu,  
sebagai bukti bahwa nasihat kepada anak pertama kalian tak pernah sia-sia.*

## DAFTAR ISI

|                                                                     | Halaman    |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                             | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                          | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                           | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                        | <b>v</b>   |
| <br>                                                                |            |
| <b>I. PENDAHULUAN .....</b>                                         | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang dan Masalah .....                                | 1          |
| 1.2 Tujuan Penelitian .....                                         | 5          |
| 1.3 Kerangka Pikiran .....                                          | 5          |
| <br>                                                                |            |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                   | <b>7</b>   |
| 2.1 Gambaran Lokasi Penelitian .....                                | 7          |
| 2.2 Repong Damar .....                                              | 8          |
| 2.3 Potensi Karbon .....                                            | 9          |
| 2.4 Pengukuran Stok Karbon .....                                    | 10         |
| 2.5 Penginderaan Jauh .....                                         | 11         |
| 2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG) .....                          | 11         |
| 2.7 Indeks Vegetasi .....                                           | 13         |
| <br>                                                                |            |
| <b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                             | <b>16</b>  |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....                                          | 16         |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                                            | 16         |
| 3.3 Jenis Data .....                                                | 17         |
| 3.4 Pengumpulan Data .....                                          | 17         |
| 3.5 Penentuan Sampel .....                                          | 17         |
| 3.6 Metode Analisis Data .....                                      | 19         |
| 3.6.1 Analisis Vegetasi .....                                       | 19         |
| 3.6.2 Perhitungan Biomassa Atas Permukaan .....                     | 20         |
| 3.6.3 Perhitungan Stok Karbon .....                                 | 21         |
| 3.6.4 Analisis Statistik Nilai Ketidakpastian Cadangan Karbon ..... | 22         |
| 3.6.5 Transformasi Indeks Vegetasi .....                            | 22         |
| 3.6.6 Analisis Hubungan Indeks Vegetasi dan Stok Karbon Lapangan .. | 24         |
| <br>                                                                |            |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                               | <b>26</b>  |
| 4.1 Komposisi dan Karakteristik Tegakan .....                       | 26         |
| 4.2 Stok Karbon di Atas Permukaan Tanah .....                       | 32         |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1 Stok Karbon pada Lahan Repong Damar .....                     | 34        |
| 4.2.2 Stok Karbon pada Lahan Hutan Alam .....                       | 36        |
| 4.2.3 Stok Karbon pada Lahan Kebun Campuran .....                   | 37        |
| 4.2.4 Analisis Statistik Nilai Ketidakpastian Cadangan Karbon ..... | 39        |
| 4.3 Hubungan Stok Karbon dengan Indeks Vegetasi .....               | 40        |
| 4.3.1 Hubungan Stok Karbon dengan NDVI.....                         | 43        |
| 4.3.2 Hubungan Stok Karbon dengan GNDVI.....                        | 44        |
| 4.3.3 Hubungan Stok Karbon dengan NDMI .....                        | 45        |
| 4.3.4 Hubungan Stok Karbon dengan ARVI.....                         | 45        |
| 4.3.5 Hubungan Stok Karbon dengan SAVI.....                         | 46        |
| 4.4 Sebaran Spasial Stok Karbon berdasarkan Indeks Vegetasi.....    | 47        |
| <b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                   | <b>50</b> |
| 5.1 Simpulan.....                                                   | 50        |
| 5.2 Saran.....                                                      | 50        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                          | <b>52</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                | <b>62</b> |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                 | Halaman |
|------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Kerangka Pemikiran.....                                             | 6       |
| 2. Peta Lokasi Penelitian.....                                         | 16      |
| 3. Peletakan Plot Sampel.....                                          | 19      |
| 4. Prosedur Pengukuran DBH Pada Batang.....                            | 20      |
| 5. Plot Pengambilan Sampel .....                                       | 20      |
| 6. KBD terhadap sebaran stok karbon di atas permukaan tanah.....       | 30      |
| 7.Perbandingan Stok Karbon antar Tutupan Lahan .....                   | 33      |
| 8.Diagram Pencar Regresi Transformasi NDVI dengan Stok Karbon.....     | 43      |
| 9. Diagram Pencar Regresi Transformasi GNDVI dengan Stok Karbon.....   | 44      |
| 10. Diagram Pencar Regresi Transformasi NDMI dengan Stok Karbon .....  | 45      |
| 11. Diagram Pencar Regresi Transformasi ARVI dengan Stok Karbon .....  | 46      |
| 12. Diagram Pencar Regresi Transformasi SAVI dengan Stok Karbon.....   | 47      |
| 13. Peta Sebaran Stok Karbon berdasarkan Indeks Vegetasi Terbaik ..... | 48      |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                            | Halaman |
|------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Analisis Statistik Nilai Ketidakpastian Cadangan Karbon.....  | 22      |
| 2. Komposisi Vegetasi.....                                       | 26      |
| 3. Jenis Tumbuhan di Lahan Repong Damar .....                    | 27      |
| 4. Jenis Tumbuhan di Lahan Hutan Alam .....                      | 28      |
| 5. Jenis Tumbuhan di Lahan Kebun Campuran .....                  | 28      |
| 6. Perhitungan Biomassa dan Stok Karbon Atas Permukaan .....     | 32      |
| 7. Perhitungan Stok Karbon Repong Damar.....                     | 34      |
| 8. Perhitungan Stok Karbon Hutan Alam.....                       | 36      |
| 9. Perhitungan Stok Karbon Kebun Campuran.....                   | 38      |
| 10. Analisis Statistik Nilai Ketidakpastian Cadangan Karbon..... | 39      |
| 11. Korelasi antara Stok Karbon dengan Indeks Vegetasi .....     | 41      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran                                        | Halaman |
|-------------------------------------------------|---------|
| 1. Surat Izin Masuk Kawasan Konservasi .....    | 63      |
| 2. Dokumentasi Penelitian .....                 | 64      |
| 3. Peta Transformasi Indeks Vegetasi NDVI.....  | 67      |
| 4. Peta Transformasi Indeks Vegetasi GNDVI..... | 67      |
| 5. Peta Transformasi Indeks Vegetasi NDMI.....  | 68      |
| 6. Peta Transformasi Indeks Vegetasi ARVI ..... | 68      |
| 7. Peta Transformasi Indeks Vegetasi SAVI.....  | 69      |
| 8. Transformasi Indeks Vegetasi .....           | 70      |
| 9. Analisis Regresi Berganda .....              | 72      |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pemanasan global adalah salah satu perhatian utama dalam lingkungan saat ini, dimana efek rumah kaca menyebabkan energi matahari diserap sebagai panas dan dipantulkan kembali ke atmosfer. Hal ini mengakibatkan perubahan iklim global, termasuk peningkatan suhu udara, laut, dan permukaan. Kerusakan hutan merupakan salah satu faktor penyebabnya karena berkurangnya penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) atmosfer oleh pohon melalui fotosintesis (Putri *et al.*, 2015). Hutan memiliki peran yang vital dalam siklus karbon global dan diakui secara universal atas kontribusinya yang berharga bagi masyarakat (Pan *et al.*, 2011). Struktur hutan merupakan sebuah sistem yang terus berubah secara dinamis, bervariasi dalam ruang dan waktu. Perubahan struktur hutan mempengaruhi dinamika biomassa hutan di atas permukaan tanah serta peranannya dalam mitigasi perubahan iklim (Puliti *et al.*, 2021). Hutan memiliki beragam fungsi sebagai sumber daya alam, termasuk sebagai penyerap karbon dari udara melalui proses fotosintesis oleh vegetasi, yang kemudian disimpan dalam bentuk biomasa pohon pada tegakan hutan. (Bhaskara *et al.*, 2018).

Proses fotosintesis pada tumbuhan melibatkan penyerapan CO<sub>2</sub> yang kemudian diubah menjadi karbon organik dan tersimpan dalam bentuk biomassa. Jumlah karbon yang terkandung dalam biomassa pada waktu tertentu disebut sebagai stok karbon (Ulumuddin *et al.*, 2005). Pohon memiliki kemampuan untuk menyimpan karbon dalam jumlah yang besar di setiap bagian strukturnya, termasuk batang, akar, cabang, dan daun. Jumlah karbon yang disimpan akan meningkat seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan pohon tersebut (Yuningsih *et al.*, 2018). Kandungan karbon dalam pohon dipengaruhi oleh kemampuan pohon tersebut untuk menyerap karbon dari lingkungan melalui proses fotosintesis yang

dikenal sebagai *sequestration carbon* (Pratama, 2019). Karbon sebagai penyumbang gas rumah kaca paling signifikan dalam atmosfer, perlu untuk diawasi dan dikurangi agar emisi karbon dapat ditekan demi menjaga keberlangsungan bumi saat ini dan di masa depan (Situmorang *et al.*, 2020). Untuk mengatasi masalah emisi karbon yang dihasilkan dari peningkatan gas rumah kaca, seperti yang diserap dan disimpan oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa, diperlukan langkah-langkah strategis yang lebih luas. Salah satunya adalah melalui mekanisme global *Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+) (Lady, 2018).

Dalam menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kritis, mekanisme REDD+ diperkenalkan pada *Conference of the Parties* (COP) 2005 di Montreal, Kanada. Program ini memberikan insentif kepada negara-negara berkembang untuk melestarikan hutan mereka. Skema REDD+ mendukung pemilik hutan, termasuk di Indonesia dalam upaya menjaga kelestarian hutan (Chayani *et al.*, 2020). Sebagai bagian dari regulasi yang dikembangkan oleh *United Nations framework convention on climate change* (UNFCCC), REDD+ menyediakan mekanisme kerja sama internasional yang berfokus pada pemberian insentif kepada negara-negara berkembang untuk mengurangi emisi karbon (Satwika, 2020). REDD+ kemudian diimplementasikan di Indonesia dengan nama REDD+-I, atau *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Indonesia*, yang melibatkan Aliansi Iklim Hutan Indonesia. Aliansi ini adalah kelompok studi yang dipimpin oleh Departemen Kehutanan Indonesia dan mencakup peneliti dari berbagai lembaga nasional dan internasional yang berkontribusi dalam pembentukan skema REDD+. Oleh karena itu, Indonesia dianggap terlibat secara langsung dalam mekanisme REDD+ sejak awal program ini diluncurkan, terutama dalam pengelolaan hutan untuk mencapai tujuan pengurangan emisi (Ikhtiarin *et al.*, 2023).

Upaya untuk mengurangi dampak perubahan iklim di Indonesia membutuhkan informasi dari kegiatan inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) yang mengawasi penurunan emisi. Penurunan emisi didukung melalui program peningkatan kapasitas penyerapan karbon di sektor kehutanan dan penggunaan lahan lainnya yang ditargetkan pada tahun 2030 dikenal sebagai *Indonesia's Forestry and Other Land Use Net Sink 2030* (*Indonesia's FOLU Net Sink 2030*).

Target ini dirancang untuk dicapai melalui kebijakan dan upaya yang terfokus pada sektor energi, limbah, *industrial process and product use* (IPPU), serta pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan lainnya (Boreel *et al.*, 2030). *Forestry and Other Land Use* (FOLU) memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan iklim dan pembangunan rendah karbon, dengan sektor kehutanan menjadi salah satu kunci keberhasilannya. Berdasarkan dokumen *Nationally Defined Contribution* (NDC) dan rencana FOLU terbaru. Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> dapat ditekan dengan menjaga fungsi ekosistem, khususnya sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Dalam program FOLU Net Sink 2030, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah menyusun kebijakan untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% tanpa bantuan internasional dan hingga 41% dengan dukungan luar negeri (Asdak, 2023). Saat ini, pelaksanaan program FOLU mengacu pada prosedur operasional standar yang berfokus pada estimasi kuantitatif penyimpanan karbon melalui pengukuran biomassa hutan (Hartoyo *et al.*, 2022).

Biomassa merupakan jumlah total berat atau volume organisme yang terdapat dalam suatu wilayah atau volume tertentu (Cahyo *et al.*, 2022). Biomassa pada vegetasi hutan sebagian besar tersusun atas unsur karbon, dengan sekitar 50% dari total biomassa terdiri dari karbon (Brown, 1997). Oleh karena itu, estimasi karbon dilakukan dengan mengkonversi setengah dari jumlah biomassa yang terukur. Pengukuran jumlah karbon yang tersimpan dalam tubuh tanaman hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat memberikan gambaran banyaknya CO<sub>2</sub> di atmosfer yang diserap oleh tanaman (Keruku *et al.*, 2020). Estimasi kandungan biomassa dan karbon dapat menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh melalui analisis regresi yang berhubungan dengan jumlah biomassa aktual di hutan. (Simarmata *et al.*, 2019). Observasi di lapangan secara tradisional untuk pengukuran biomassa dapat akurat, tetapi seringkali memakan waktu, biaya, dan memiliki dampak lingkungan yang signifikan, terutama pada hutan yang sudah tua (Huynh *et al.*, 2021). Kemajuan teknologi *remote sensing*, bersama dengan sensor satelit, kini memungkinkan pengumpulan data yang luas secara global, dengan berbagai resolusi spasial, spektral, dan temporal. Sebagai hasilnya, data *remote sensing* telah menjadi opsi yang lebih baik untuk estimasi biomassa hutan yang cepat dan ekonomis, khususnya dalam penilaian biomassa di atas tanah (Lu *et al.*, 2016).

Karbon yang tersimpan terkait erat dengan jumlah biomassa yang diperoleh dari pohon. Memetakan jumlah biomassa hutan penting dalam memahami bagaimana struktur hutan berubah dan dampaknya terhadap simpanan karbon (Noor *et al.*, 2015). Dalam situasi ini, penggunaan pemetaan karbon secara geospasial menjadi sesuatu yang penting untuk mengestimasi jumlah karbon yang disimpan dalam hutan dan kontribusinya terhadap upaya mitigasi perubahan iklim (Harris *et al.*, 2021). Meskipun penilaian biomassa di atas tanah melalui studi lapangan memberikan hasil yang paling akurat, tetapi membutuhkan waktu dan sumber daya yang besar, terutama dalam skala yang luas (Shen *et al.*, 2016). Jumlah biomassa dalam suatu area hutan ditentukan oleh produksi dan kerapatan biomassa yang diestimasi dari pengukuran diameter, tinggi, dan densitas jenis pohon. Biomassa dan kapasitas penyerapan karbon dalam hutan tropis merupakan salah satu manfaat hutan disamping potensi biologis lainnya, dimana kemampuan besar biomassa hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon merupakan kontribusi penting dalam mengurangi kadar CO<sub>2</sub> di udara (Rachmawati *et al.*, 2014). Area hutan memiliki komposisi vegetasi yang kompleks, salah satunya ialah repong damar. Repong damar sebagai agroforestri yang menyerupai hutan alam, memiliki potensi dalam menyerap karbon karena komposisinya yang unik mampu menyerap CO<sub>2</sub> dengan baik (Brown *et al.*, 2013).

Repong damar merupakan sistem pengelolaan lahan yang mengintegrasikan tanaman perkebunan dan kehutanan yang secara fisik menyerupai hutan alami (Hariyanto *et al.*, 2021). Jenis tanaman yang terdapat di lahan tersebut terdiri dari buah-buahan, kayu-kayuan dan rotan, serta didominasi oleh tanaman damar yang membentuk struktur yang kompleks. (Wardah, 2005). Keragaman jenis tanaman dalam tutupan lahan repong damar mempengaruhi kapasitas penyerapan dan cadangan karbon. Pohon damar sebagai spesies utama yang dapat hidup hingga 150 tahun memiliki kontribusi besar terhadap potensi stok karbon di area tersebut (Casson, 2005). Penelitian Laura *et al.* (2020) menunjukkan bahwa rata-rata stok karbon di repong damar sebesar 318 tC/ha. Namun, penelitian tersebut belum mencakup potensi vegetasi lain dalam menyimpan karbon, sehingga perhitungan stok karbon pada hutan alam dan kebun campuran di Kabupaten Pesisir Barat dilakukan sebagai pembanding potensi penyimpanan karbon di repong damar.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah yang terjadi di lokasi, yaitu:

1. Berapa nilai stok karbon pada repong damar, hutan alam, dan kebun campuran di Kabupaten Pesisir Barat?
2. Bagaimana korelasi data lapangan dengan indeks vegetasi?
3. Bagaimana sebaran stok karbon pada repong damar, hutan alam, dan kebun campuran berdasarkan indeks vegetasi?

## **1.2 Tujuan Penelitian**

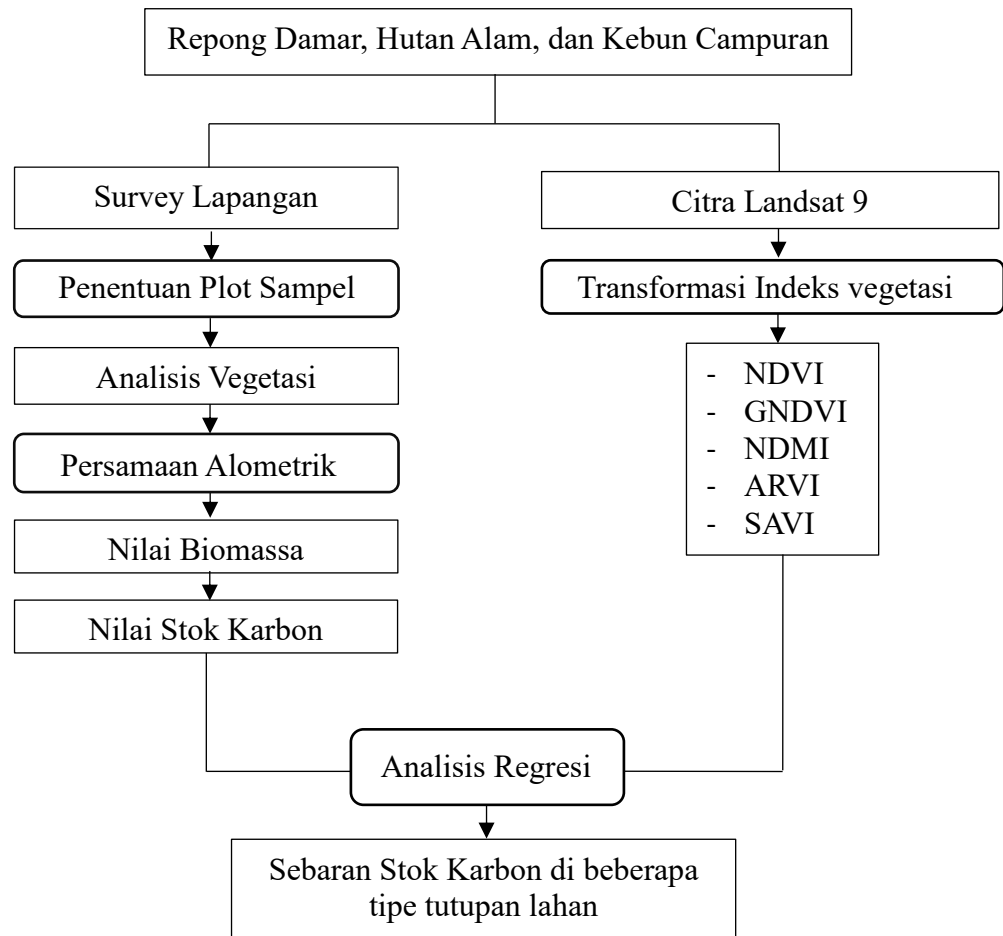
Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai stok karbon pada repong damar, hutan alam, dan kebun campuran di Kabupaten Pesisir Barat
2. Mengetahui korelasi data lapangan dengan indeks vegetasi
3. Mengetahui sebaran stok karbon pada repong damar, hutan alam, dan kebun campuran berdasarkan indeks vegetasi.

## **1.3 Kerangka Pikiran**

Pemanasan global yang terus meningkat seiring berjalannya waktu, mengakibatkan perubahan iklim di bumi. Hutan memiliki peran penting sebagai penyerap karbon dari udara melalui proses fotosintesis oleh vegetasi, kemudian disimpan dalam bentuk biomasa pohon pada tegakan hutan. Pendugaan kandungan stok karbon dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh yang dikombinasikan dengan pengambilan data jenis, diameter dan tinggi pohon di lapangan melalui sampel plot melalui analisis regresi yang berhubungan dengan jumlah biomassa aktual di hutan. Penelitian ini menghitung stok karbon di repong damar, hutan alam, dan kebun campuran untuk memahami kontribusi tiap tutupan lahan terhadap mitigasi perubahan iklim. Stok karbon di repong damar penting dianalisis karena area ini dikelola dengan dominasi vegetasi damar berumur panjang yang mampu menyerap karbon dalam jangka panjang. Sebagai pembanding, hutan alam dihitung karena memiliki struktur ekosistem yang lebih beragam. Selain itu, analisis pada kebun campuran mengevaluasi kemampuan

sistem agroforestri lain dalam menyimpan karbon. Uraian-uraian di atas disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Gambaran Lokasi Penelitian**

Kabupaten Pesisir Barat merupakan daerah dataran rendah dan diapit oleh Pegunungan Bukit Barisan dan samudra Hindia. Wilayah ini memiliki ketinggian 15m diatas permukaan laut dan dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu dataran berombak 25%, berombak sampai berbukit 10%, dan berbukit sampai bergunung 65%. Sebagian besar lahan pada kabupaten Pesisir Barat dimanfaatkan sebagai pertanian dan perkebunan, yaitu pertanian di daerah dataran rendah pinggir pantai dan perkebunan pohon damar di daerah dataran tinggi yang saat ini cukup terkenal di wilayah Pesisir Barat karena menghasilkan kualitas terbaik. Hal ini didukung dengan adanya beberapa sungai yang mengalir dan digunakan sebagai pengembangan irigasi, seperti sungai Way Tenumbung, Way La'ay, Melaya, Way Meleson. Iklim kabupaten Pesisir Barat juga memiliki curah hujan rata-rata 4 bulan dengan musim hujan dan kemarau yang berganti setiap tahun dan temperaturnya rata-rata mencapai 31°C.

Secara astronomis, kabupaten Pesisir Barat terletak 5°21'52"-5°28'62" LS dan 105°48'20"- 105°48'24" BT, serta terletak di Provinsi Lampung. Lokasi kabupaten Pesisir Barat berada di sepanjang pesisir provinsi Lampung bagian barat. Selain dikelilingi pantai sepanjang 210 km, Kabupaten Pesisir Barat juga dikelilingi hutan tropis yang saat ini dikenal sebagai Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. Kabupaten Pesisir Barat dibentuk tahun 2012 dan ditetapkan oleh UU no.22 tahun 2012 tentang Pembentukan Daerah Otonom Baru (DOB) dengan Krui sebagai ibukota Kabupaten, karena Krui termasuk kota tertua yang terbentuk sejak ratusan tahun silam di Teluk Stabas. Kabupaten Pesisir Barat memiliki luas  $\pm 2.907,23 \text{ km}^2$  atau 8.39% dari luas wilayah provinsi Lampung dan terdiri dari 11 kecamatan dengan 116 Pekon/ desa dan 2 kelurahan. Kabupaten Pesisir Barat merupakan salah

satu dari lima belas kabupaten di wilayah provinsi Lampung. Berdasarkan UU No. 22 tahun 2012 tentang Daerah Otonom Baru (DOB), Kabupaten Pesisir Barat berbatasan dengan :

- Bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Kaur, Provinsi Bengkulu.
- Bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Lampung Barat
- Bagian selatan berbaratsan dengan Kabupaten Tanggamus
- Bagian barat bersebelahan dengan Samudra Hindia

## 2.2 Repong Damar

Repong Damar merupakan sistem pengelolaan perkebunan yang ditanam dan dikelola oleh masyarakat Lampung Krui (Firdaus *et al.*, 2014). Masyarakat Krui menyebut sistem agroforestri berbentuk hamparan kebun campuran sebagai "Repong Damar" (Susanti *et al.*, 2018). Agroforestri menawarkan sebuah model produksi yang menarik baik untuk kayu maupun bahan non-kayu. Dalam pengembangan sektor pertanian, sistem agroforestri menyediakan model-model pertanian yang komersial, menguntungkan, berkelanjutan, dan sesuai dengan kebutuhan petani, seperti halnya di Pesisir Krui, repong damar menggabungkan tanaman hutan seperti damar (*Shorea javanica*) dengan tanaman pertanian seperti buah-buahan (Lensari *et al.*, 2018). Repong damar merupakan hasil gabungan yang padu antara pertanian (*agriculture*) dan kehutanan (*silviculture*) (Hariyanto *et al.*, 2021). Jenis vegetasi pada repong damar yang terdiri dari campuran tegakan, dengan jenis pohon utama damar mata kucing (*Shorea javanica*) yang mendominasi sekitar 65% dari jenis pohon lainnya (Bhaskara *et al.*, 2018).

Repong Damar memiliki peran strategis dalam mendukung pengelolaan hutan berbasis masyarakat, sekaligus menjadikannya sebagai areal hutan yang ikonik karena berhasil terjaga dari ancaman kepunahan (Oktarina *et al.*, 2022). Hal ini sejalan dengan penelitian Wibowo *et al.* (2024), dimana dalam pengelolaan repong damar, masyarakat mengandalkan pengetahuan yang diwariskan dari generasi ke generasi. Pengetahuan ini berasal dari nenek moyang mereka dan bertujuan untuk memastikan pengelolaan repong damar dilakukan dengan cara yang tepat. Selain itu, repong damar juga berperan sebagai zona penyangga bagi Taman Nasional Bukit Bagian Selatan (Wijayanto, 2022). Berdasarkan data dari

Dinas Kehutanan Provinsi Lampung menunjukkan bahwa luas repong damar di Krui mencapai 29.000 hektar. Repong damar tersebar di sebagian besar wilayah Pesisir Barat, termasuk di Kecamatan Lemong, Pahmungan, Pesisir Utara, Karya Penggawa, Pesisir Tengah, Pesisir Selatan, Ngambur, Bengkumat, dan Bengkumat Belimbing, dimana hutan damar dapat ditemukan (Anasis *et al.*, 2015).

### 2.3 Potensi Karbon

Karbon merupakan unsur utama dalam pembentukan materi organik dan menjadi bagian penting dalam struktur semua makhluk hidup. Keberadaannya yang melimpah di bumi, baik di daratan maupun lautan, menjadikan sebagian besar organisme mengandung karbon dalam jumlah besar, dibandingkan dengan kandungan karbon di atmosfer. Unsur karbon dilambangkan dengan "C" dan memiliki nomor atom 6. Pada tumbuhan, kandungan karbon mencerminkan kemampuannya dalam menyerap CO<sub>2</sub> dari udara. Sebagian karbon dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menjalankan fungsi-fungsi fisiologis, sedangkan sisanya tersimpan dalam struktur tanaman seperti batang, akar, cabang, dan daun dalam bentuk senyawa seperti selulosa (Akbar *et al.*, 2019). Penyerapan karbon dioksida berhubungan erat dengan jumlah biomassa yang dimiliki oleh pohon. Pohon dapat menyerap CO<sub>2</sub> melalui proses fotosintesis dan mengubahnya menjadi karbon organik, seperti karbohidrat, yang kemudian disimpan dalam biomassa tubuhnya (Rifandi, 2020).

Tanaman atau pohon di hutan dianggap sebagai tempat akumulasi atau penyimpanan karbon. Jumlah karbon dan biomassa dalam pohon bervariasi tergantung pada bagian tanaman yang diukur, tahap pertumbuhan, jenis tanaman, dan kondisi lingkungannya. Mengukur jumlah karbon dalam biomassa suatu area dapat mencerminkan seberapa banyak CO<sub>2</sub> di atmosfer yang diserap oleh tanaman. Melalui proses fotosintesis, tanaman menyerap CO<sub>2</sub> dan mengubahnya menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa. Kandungan absolut karbon dalam biomassa pada waktu tertentu disebut sebagai cadangan karbon (Windusari *et al.*, 2012). Selain itu, seiring berjalannya waktu, pertumbuhan tanaman juga menyebabkan peningkatan tinggi dan diameter batang. Hal ini pastinya akan mempengaruhi biomassa, kandungan karbon, dan penyerapan CO<sub>2</sub>. Dengan

mengetahui nilai biomassa dan potensi cadangan karbon, kita dapat mengetahui seberapa besar penyerapan CO<sub>2</sub> yang terjadi (Siregar *et al.*, 2023).

Kandungan karbon utama di hutan terdiri dari biomasa tanaman hidup, biomasa tanaman mati, tanah, dan produk-produk kayu. Secara umum, karbon membentuk sekitar 45-50% dari berat kering bahan tanaman (Iswandar *et al.*, 2017). Perhitungan potensi karbon diperlukan dalam perdagangan karbon, dimana negara-negara maju akan memberikan bantuan keuangan dan teknologi kepada negara-negara berkembang yang dapat menunjukkan penurunan emisi gas karbonnya melalui mekanisme yang dapat diukur, dilaporkan, dan diverifikasi. Hutan memiliki peran dalam mengurangi emisi karbon berlebihan di atmosfer dan menyimpannya dalam berbagai kompartemen seperti tumbuhan, serasah, dan bahan organik tanah. Karbon, yang biasanya ditemukan dalam bentuk karbon dioksida di atmosfer, dapat diserap oleh tumbuhan dan disimpan di dalamnya, sehingga mengurangi konsentrasi karbon dioksida di udara (Sadjati *et al.*, 2023).

## 2.4 Pengukuran Stok Karbon

Pengukuran stok karbon merupakan langkah penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim dikarenakan hutan sebagai penyerap karbon. Stok karbon diukur melalui estimasi biomassa pohon, yang dapat dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu metode destruktif dan non-destruktif. Metode destruktif melibatkan penebangan pohon untuk menentukan berat biomassa secara langsung, sementara metode non-destruktif menggunakan pengukuran lapangan seperti diameter pohon dan tinggi pohon, yang kemudian dikonversi menjadi biomassa melalui model allometrik (Astriani *et al.*, 2017).

Karbon tersimpan dalam biomassa pohon berasal dari proses fotosintesis, yang mencakup biomassa di atas permukaan tanah (seperti pohon, semak, dan epifit) serta di bawah permukaan tanah (meliputi akar dan tanah). Selain itu, karbon juga dapat tersimpan dalam bahan organik mati, seperti kayu, baik yang masih berada di permukaan tanah maupun yang sudah tertimbun (Purnobasuki, 2012). Simpanan karbon adalah jumlah karbon dalam suatu *pool* (Masripatin *et al.*, 2010). Inventarisasi karbon di hutan mencakup lima kantong utama, yaitu biomassa di atas permukaan tanah, biomassa di bawah permukaan tanah, kayu mati, serasah, dan

karbon organik tanah. Perhitungan total cadangan karbon hutan didasarkan pada kandungan biomasa dan bahan organik dalam lima kolam karbon tersebut, yang meliputi biomassa di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah, kayu mati, serasah, serta bahan organik tanah. Metode ini mengikuti pedoman yang ditetapkan oleh IPCC (2006), dalam pengukuran dan menginventarisasi stok karbon dalam ekosistem hutan.

## **2.5 Penginderaan Jauh**

Penginderaan jauh adalah metode untuk memperoleh data tentang objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa melakukan kontak fisik (Faridah *et al.*, 2014). Penginderaan jauh adalah teknik yang dikembangkan untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi tentang bumi. Informasi tersebut berupa radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi. Penginderaan jauh melibatkan pengukuran dan pencatatan energi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi dan atmosfer dari suatu lokasi tertentu di permukaan bumi (Mather, 1989).

Menurut Lillesand *et al.* (2004) penginderaan jauh sebagai ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa melakukan kontak langsung. Berdasarkan konsep tersebut, dapat disimpulkan bahwa penginderaan jauh adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan data tentang permukaan bumi menggunakan satelit atau pesawat terbang. Salah satu jenis data yang dihasilkan dari penginderaan jauh adalah citra, yang merupakan rekaman visual dari objek atau area tertentu. Citra memiliki beberapa keunggulan, termasuk kemampuannya untuk memberikan gambaran yang mirip dengan objek di permukaan bumi, cakupan area yang luas dan kemungkinan untuk menghasilkan representasi tiga dimensi melalui pengamatan stereoskopis (Somantri, 2008).

## **2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sebuah sistem atau teknologi komputer yang dibuat untuk tujuan mengumpulkan, menyimpan, memproses, menganalisis, dan menyajikan data dan informasi mengenai objek atau fenomena

yang terkait dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi (Andes *et al.*, 2019). Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk memproses data spasial yang terkait dengan lokasi atau georeferensi dan disimpan dalam basis data, terkait dengan situasi dunia nyata. Secara umum, SIG terdiri dari lima komponen utama: data, perangkat lunak, perangkat keras, pengguna, dan aplikasi.

- 1) Data: Komponen penting dalam SIG adalah data. SIG bekerja dengan dua model data geografis utama: model data vektor dan model data raster.
- 2) Perangkat Lunak: Perangkat lunak SIG harus menyediakan fungsi dan alat yang dapat digunakan untuk menyimpan data, menganalisis, dan menampilkan informasi geografis.
- 3) Perangkat Keras: SIG memerlukan perangkat keras yang memiliki spesifikasi yang lebih tinggi daripada sistem informasi lainnya, termasuk kapasitas memori (RAM), hard disk, prosesor, dan kartu grafis. Ini disebabkan oleh kebutuhan penyimpanan data yang besar serta proses analisis yang memerlukan memori dan prosesor yang besar.
- 4) Pengguna: Teknologi SIG tidak akan bermanfaat tanpa adanya manusia yang mengelola sistem dan merancang perencanaan yang dapat diterapkan dalam situasi dunia nyata. Pengguna SIG memiliki berbagai tingkatan, mulai dari spesialis teknis yang merancang dan merawat sistem hingga pengguna yang menggunakan SIG untuk membantu pekerjaan sehari-hari mereka.
- 5) Aplikasi: SIG yang baik harus cocok dengan desain rencana dan kondisi dunia nyata, di mana metode, model, dan implementasi akan bervariasi tergantung pada masalah yang dihadapi (Masykur, 2014).

Pemanfaatan teknologi SIG (Sistem Informasi Geografis) merupakan salah satu pendekatan fundamental yang dapat mendukung perencanaan program pemetaan hutan. SIG adalah sistem informasi geografis yang menghasilkan data komputer untuk memberikan informasi tentang lingkungan tertentu dan menunjukkan potensi suatu area hutan. Ini dapat membantu dalam merencanakan pemetaan hutan dengan fokus pada alokasi sebagai hutan produktif dan wilayah hutan yang dilindungi, serta memantau pertumbuhannya secara berkelanjutan.

Sistem Informasi Geografis (SIG) menyediakan informasi mengenai kejadian alami di permukaan bumi baik dalam bentuk spasial maupun non-spasial. Data vektor dalam SIG memberikan informasi mengenai lokasi atau posisi suatu objek (Munthe *et al.*, 2021). Sistem Informasi Geografis memiliki peran penting dalam membantu berbagai pihak mengatur informasi yang diperlukan, serta memberikan akses lebih banyak kepada informasi-informasi seperti jarak antar daerah, lokasi, fasilitas, dan sumber daya alam yang dibutuhkan. SIG juga diperlukan untuk berbagai keperluan seperti penelitian, perencanaan, dan memenuhi kebutuhan informasi lainnya. Hal ini dikarenakan SIG merupakan perangkat lunak yang berkembang seiring dengan perkembangan sistem informasi, didukung oleh kemajuan internet yang semakin penting (Fatimatusahra *et al.*, 2023).

## 2.7 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi adalah algoritma yang diterapkan pada citra satelit untuk mempertegas aspek kerapatan vegetasi atau aspek terkait lainnya, seperti biomassa, indeks luas daun *Leaf Area Indeks* (LAI), dan konsentrasi klorofil (Simarmata *et al.*, 2021). Sedangkan, menurut Nugroho *et al.* (2016), Indeks ini merupakan metode pengukuran kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui nilai biomassa dan kesehatan vegetasi, yang dilakukan dengan mengombinasikan berbagai kanal spektral melalui operasi seperti penjumlahan, pembagian, atau perkalian antar kanal. Nilai indeks vegetasi yang tinggi menunjukkan bahwa area yang diamati memiliki tingkat kehijauan yang besar, seperti hutan yang rapat dan lebat. Sebaliknya, nilai indeks vegetasi yang rendah menandakan bahwa area tersebut memiliki tingkat kehijauan yang rendah, yaitu lahan dengan vegetasi yang jarang atau bukan merupakan area vegetasi (Arhatin, 2007).

Indeks vegetasi merupakan nilai yang diperoleh dari kombinasi beberapa band spektral tertentu pada citra penginderaan jauh dan digunakan untuk mengukur jumlah serta keberadaan tanaman. Indeks ini didasarkan pada perbedaan sifat pantulan antara vegetasi dan tanah, di mana area bervegetasi menunjukkan pantulan yang tinggi pada band inframerah dekat dan pantulan yang rendah pada band merah. Setiap tanaman memiliki pola unik dalam memancarkan dan menyerap gelombang,

sehingga pola ini memungkinkan identifikasi vegetasi sekaligus membedakannya dari objek non-vegetasi pada citra penginderaan jauh. (Sulistyo, 2011).

**a. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)***

NDVI adalah metode yang umum digunakan dalam menghitung dan menentukan indeks vegetasi berdasarkan data citra satelit (Kawamuna *et al.*, 2017). Metode ini berfungsi sebagai transformasi citra untuk memperjelas spektral, sehingga membantu analisis yang berkaitan dengan vegetasi (Putra, 2011). NDVI pada dasarnya menghitung seberapa besar penyerapan radiasi matahari oleh tanaman terutama bagian daun (Freddy *et al.*, 2015). Nilai NDVI mempunyai rentang antara -1 (minus) hingga 1 (positif). Nilai yang mewakili vegetasi berada pada rentang 0,1 hingga 0,7, jika nilai NDVI di atas nilai ini menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik (Prahasta, 2008). NDVI dihitung berdasarkan per-piksel dari selisih normalisasi antara kanal merah dan inframerah dekat pada citra.

**b. *Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)***

GNDVI merupakan hasil modifikasi dari NDVI yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan penggunaan pita merah dalam mendeteksi kondisi vegetasi. Berbeda dari NDVI yang menggunakan kombinasi pita merah dan inframerah dekat (NIR), GNDVI menggantikan pita merah dengan pita hijau. Pendekatan ini meningkatkan sensitivitas terhadap kandungan klorofil dan nitrogen daun, sehingga GNDVI lebih efektif digunakan untuk memantau tanaman yang sedang mengalami pelayuan, penuaan, atau berada pada tahap kematangan. Indeks ini juga berguna ketika pita merah ekstrem tidak tersedia, serta cocok diterapkan pada area dengan vegetasi berkanopi lebat (Sari *et al.*, 2022).

**c. *Normalized Difference Moisture Index (NDMI)***

NDMI merupakan indeks vegetasi yang digunakan untuk mendeteksi kandungan kelembaban dalam vegetasi, khususnya kadar air dalam daun. Indeks ini dihitung berdasarkan rasio perbedaan antara reflektansi pita *Near-Infrared* (NIR) dan *Shortwave Infrared* (SWIR), di mana NIR sensitif terhadap struktur vegetasi dan SWIR terhadap kandungan air. Semakin tinggi nilai NDMI, semakin

tinggi pula kandungan air dalam vegetasi, yang menunjukkan kondisi tanaman yang sehat dan tidak mengalami stres air. (Usmadi *et al.*, 2016).

**d. *Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)***

ARVI adalah transformasi indeks vegetasi yang dirancang untuk mengurangi efek atmosfer pada citra vegetasi. Suprayogi *et al.* (2018) menjelaskan bahwa ARVI memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap gangguan atmosfer dibandingkan dengan NDVI, dikarenakan mekanisme koreksi otomatis pada band merah. Koreksi ini dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan radian antara band merah dan biru, dimana band biru digunakan untuk mengurangi pengaruh atmosfer pada band merah. Hasil dari indeks ARVI berupa nilai yang berkisar antara -1 hingga +1, dengan nilai piksel yang lebih tinggi menandakan vegetasi yang lebih hijau dan sehat.

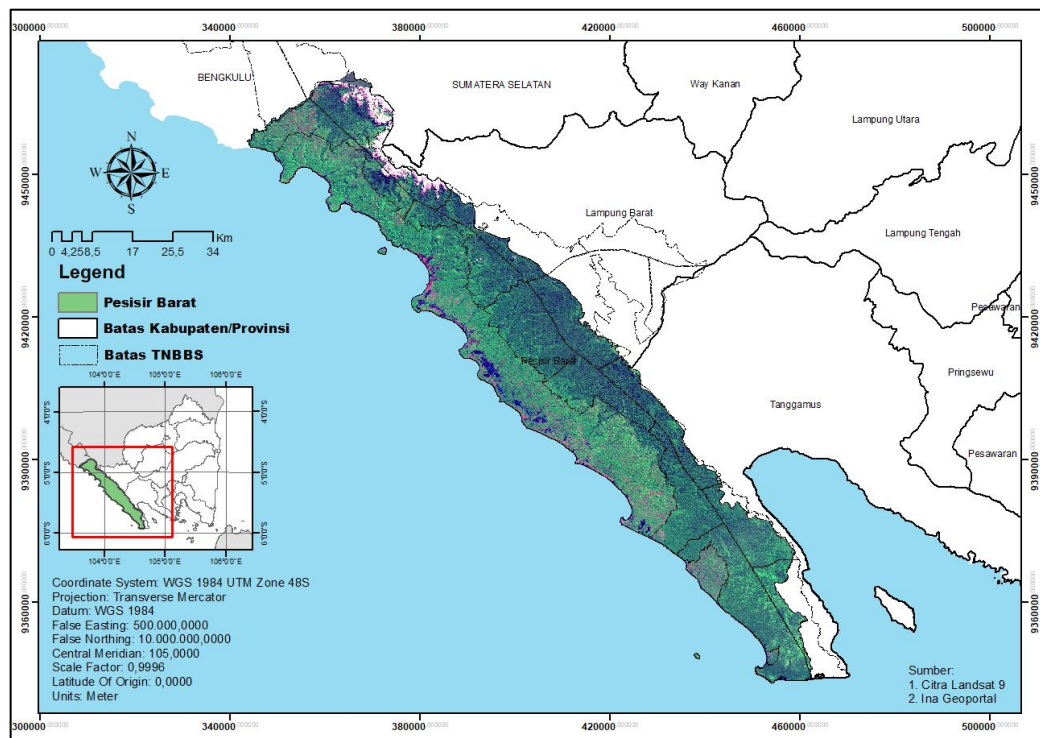
**e. *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)***

SAVI adalah indeks vegetasi yang dikembangkan untuk mengurangi pengaruh gangguan tanah dalam pengukuran kondisi vegetasi, terutama pada daerah dengan tutupan vegetasi yang jarang atau sedang. Indeks ini menggunakan pita *Near-Infrared* (NIR) dan pita merah (Red) serupa dengan NDVI, namun ditambahkan faktor koreksi tanah yang disebut L untuk mengkompensasi efek latar belakang tanah. Nilai L umumnya dipilih sebesar 0,5 untuk kondisi vegetasi sedang. Dengan adanya koreksi ini, SAVI mampu memberikan hasil yang lebih akurat dibanding NDVI pada area yang memiliki campuran antara vegetasi dan tanah terbuka. SAVI sangat bermanfaat dalam studi vegetasi di lahan kering, pertanian, dan daerah transisi, di mana pantulan dari permukaan tanah dapat mempengaruhi interpretasi kondisi tutupan lahan secara keseluruhan. (Lintang *et al.*, 2017).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari - Februari 2025. Lokasi penelitian ini akan dilaksanakan di Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung. Lokasi pada penelitian ini disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa kamera digital, *roll meter*, pita meter, *haga meter*, *Global Positioning System* (GPS), alat tulis, *tallysheet*, dan alat pendukung lain yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat laptop yang dilengkapi dengan perangkat lunak (*software*) berupa *Mirosoft Office*, dan *ArcGIS 10.8*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu data citra satelit Landsat 9,

peta batas administrasi Kabupaten Pesisir Barat, peta rupa bumi Indonesia, dan data analisis vegetasi di Pesisir Barat.

### 3.3 Jenis Data

Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan meliputi data analisis vegetasi dan data spasial. Data analisis vegetasi adalah data tegakan pada tiga tutupan lahan yang terdiri atas repong damar, hutan alam, dan kebun campuran. Data analisis vegetasi dikumpulkan dengan melakukan pencatatan nama pohon, nama ilmiah serta pengukuran tinggi, dan diameter pada plot sampel. Data spasial yang digunakan berupa data citra satelit Landsat 9 untuk menganalisis sebaran nilai stok karbon di Kabupaten Pesisir Barat. Data sekunder berupa studi literatur, hasil penelitian terdahulu, dan dokumen pelengkap lainnya yang menunjang penelitian ini.

### 3.4 Pengumpulan Data

Data analisis vegetasi didapatkan melalui inventarisasi di lokasi penelitian dalam beberapa sampel plot yang telah ditentukan. Data spasial didapatkan dengan mengunduh data citra satelit Landsat 9 melalui *website* <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Data sekunder didapatkan dengan mengunduh berbagai publikasi ilmiah secara *online* seperti *Google Scholar* dan *ScienceDirect*, serta pengumpulan data *wood density* yang dilakukan dengan cara mengunjungi *website database The World Agroforestry Center (ICRAF)* yaitu <https://www.cgiar.org/research/center/world-agroforestry-centre/>.

### 3.5 Penentuan Sampel

Pengambilan titik sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel secara sengaja berdasarkan kriteria tertentu yang dianggap sesuai dengan kebutuhan penelitian. Jenis tutupan lahan yang dijadikan sampel meliputi repong damar, hutan alam, dan kebun campuran yang memiliki karakteristik yang beragam dan dianggap mewakili potensi stok karbon.

Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa data yang diperoleh relevan dan sesuai dengan fokus penelitian.

Berdasarkan penelitian Laura (2019), luas repong damar di Kabupaten Pesisir Barat sebesar 99.693 hektar. Sementara itu, data dari *Wildlife Conservation Society* (WCS) mencatat bahwa luas hutan alam atau Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) di Kabupaten Pesisir Barat mencapai 280.300 hektar, dan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan luas kebun campuran di Kabupaten Pesisir Barat sebesar 24.499 hektar. Jumlah plot sampel dihitung menggunakan rumus Cochran (1977) dengan *margin error* 15% pada luas areal penelitian sebesar 404.492 hektar. Intensitas *sampling* adalah nilai relatif yang mengacu pada proporsi area yang diambil sebagai sampel. Rumus *cochran* yaitu sebagai berikut:

$$n = \frac{\frac{t^2 \times p \times q}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left( \left( \frac{t^2 \times p \times q}{d^2} \right) - 1 \right)}$$

Keterangan :

n = Jumlah sampel yang diperlukan

N = Jumlah populasi (luas hutan (ha) dibagi luas plot sampel (ha))

t = Tingkat kepercayaan (digunakan 0,95 sehingga nilai t = 1,96)

d = Taraf kekeliruan (*Margin of error*, digunakan 15%)

p = Proporsi dari karakteristik tertentu (golongan) sebesar 50% (0,5)

q = 1 – p

1 = Bilangan konstan

Perhitungan rumus *cochran* pada penelitian untuk menentukan jumlah plot sampel, yaitu.

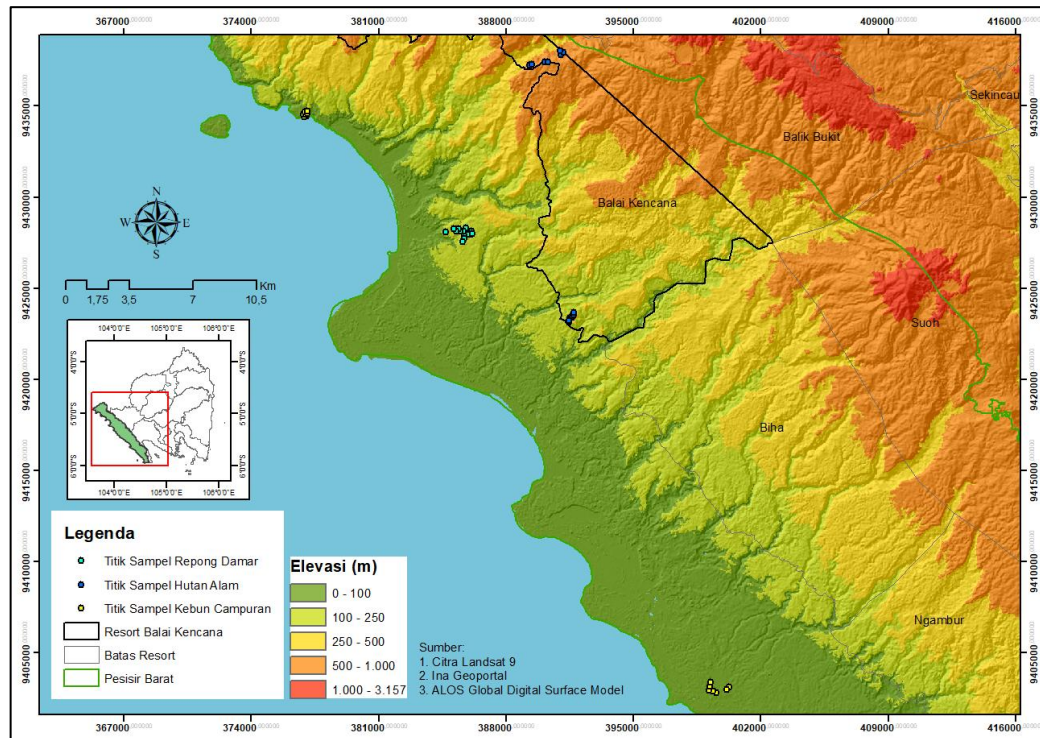
$$n = \frac{\frac{t^2 \times p \times q}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left( \left( \frac{t^2 \times p \times q}{d^2} \right) - 1 \right)}$$

$$n = \frac{\frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,15^2}}{1 + \frac{1}{4044920} \left( \left( \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,15^2} \right) - 1 \right)}$$

$$n = \frac{42,6844}{1,0000103}$$

$$n = 42$$

Berdasarkan hasil perhitungan sampel menggunakan rumus Cochran, diperoleh diperoleh jumlah plot sampel sebanyak 42 plot dari total luas areal penelitian sebesar 404.492 hektar. Plot-plot tersebut kemudian didistribusikan secara merata ke dalam tiga tutupan lahan, dengan masing-masing 14 plot sampel. Peletakkan titik sampel dilakukan dengan menggunakan *software arcmap* seperti pada gambar 3.

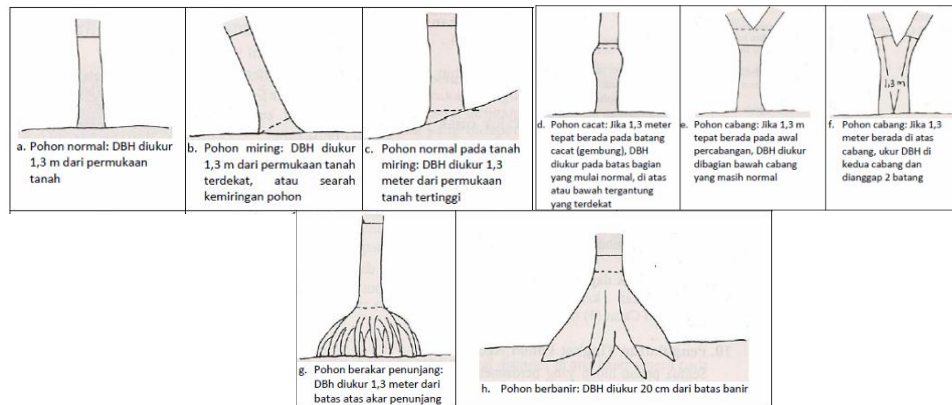


Gambar 3. Peletakan Plot Sampel

### 3.6 Metode Analisis Data

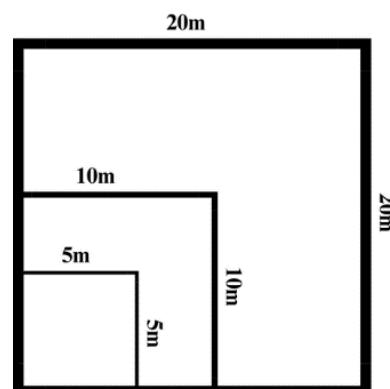
#### 3.6.1 Analisis Vegetasi

Analisis vegetasi dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai jenis pohon, tinggi pohon, diameter pohon (DBH), dan kerapatan kayu (*wood density*) di setiap titik sampel. Pengukuran DBH pada penelitian ini diukur sesuai dengan kondisi tumbuhnya vegetasi tersebut. Prosedur pengukuran DBH merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2011, pengukuran dan penghitungan cadangan karbon - pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Prosedur Pengukuran DBH Pada Batang

Pemilihan ukuran plot seluas 20x20 m yang mengacu pada Nanjaya *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa ukuran plot optimal untuk inventarisasi hutan khususnya untuk menduga peubah tegakan (luas bidang dasar dan biomassa) adalah 0,40 ha. Pengukuran dilakukan pada tegakan fase pohon, fase tiang, dan fase pancang. Desain plot pengukuran tegakan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Plot Pengambilan Sampel

Plot sampel bersarang dibuat di lapangan, seperti terlihat pada gambar 5. Tegakan dengan diameter batang setinggi dada (dbh) 5,0–9,9 cm atau fase pancang diukur dalam sub-plot berukuran 5 × 5 m atau 25 m<sup>2</sup>. Tegakan dengan dbh 10,0–19,9 cm atau fase tiang diukur dalam sub-plot berukuran 10 × 10 m atau 100 m<sup>2</sup>. Sementara itu, tegakan dengan dbh di atas 20 cm atau fase pohon diukur dalam plot utama berukuran 20 × 20 m atau 400 m<sup>2</sup>.

### 3.6.2 Perhitungan Biomassa Atas Permukaan

Biomassa pada penelitian adalah biomassa atas permukaan tanah dengan metode *non destruktive* yaitu tanpa melakukan penebangan pada setiap pohon.

Hasil pengukuran kemudian dianalisis menggunakan rumus persamaan alometrik untuk mendapatkan nilai biomassa. Menurut Manuri (2017), rumus biomassa pohon ialah sebagai berikut.

$$AGB = 0,206 \times (DBH^{2,56} \times WD^{0,889})$$

Keterangan:

AGB = Biomassa di atas tanah

DBH = Diameter setinggi dada (*Diameter at Breast Height*)

WD = Kerapatan Kayu (*Wood Density*)

### 3.6.3 Perhitungan Stok Karbon

Nilai stok karbon dapat diestimasi menggunakan pendekatan kandungan biomassa yang dikembangkan oleh BSN (2011), dimana faktor konversi karbon yang digunakan adalah 47% dari total biomassa. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan nilai biomassa dengan faktor konversi karbon. Konversi nilai karbon dilakukan pada tiap tegakan vegetasi di seluruh plot. Nilai stok karbon diperoleh dalam satuan kilogram dikonversi menjadi satuan tonC/ha sesuai SNI Standar Pengukuran dan Penghitungan Karbon

$$C = B \times 0,47$$

Keterangan:

C = Cadangan Karbon (tC)

B = Biomassa (kg)

0,47 = Faktor konversi standar internasional untuk estimasi karbon.

Nilai total estimasi simpanan karbon diperoleh dengan menggunakan rumus BSN (2011):

$$C_{total} = \left( \frac{\sum C_{plot}}{n_{plot}} \right) \times \text{luas area}$$

Keterangan:

$\sum C_{plot}$  = jumlah total karbon pada seluruh petak plot

n plot = jumlah petak plot

### 3.6.4 Analisis Statistik Nilai Ketidakpastian Cadangan Karbon

Analisis statistik digunakan untuk mengukur kesalahan sampling (*sampling error*) dalam penelitian yang dilakukan dengan metode sampling. Analisis ini berfokus pada nilai karbon dan bertujuan untuk menghitung besar kesalahan sampling. Perhitungan tersebut menggunakan rumus statistik yang diadaptasi dari Darmawan *et al.* (2020), yang juga dimanfaatkan untuk menentukan rentang interval estimasi simpanan karbon. Analisis statistik dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Statistik Nilai Ketidakpastian Cadangan Karbon

| Forest<br>Cover type | Statistical Analysis          |                                                 |                     |                                   |                                |                |                |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------|
|                      | Mean ( $Mj$ )                 | Standard<br>deviation (SD)                      | Sample<br>Count (n) | <i>t</i> -statistic at<br>95% (t) | Confidence<br>Interval         | Lower<br>Bound | Upper<br>Bound |
| Forest<br>type-j     | $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Mi$ | $\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Mi + Mj)^2}$ | 3                   | 4,30                              | $\frac{SD \times t}{\sqrt{n}}$ | $Mj - CI$      | $Mj + CI$      |
|                      |                               |                                                 | 5                   | 2,78                              |                                |                |                |
|                      |                               |                                                 | 8                   | 2,37                              |                                |                |                |
|                      |                               |                                                 | 10                  | 2,26                              |                                |                |                |
|                      |                               |                                                 | 50                  | 2,01                              |                                |                |                |
|                      |                               |                                                 | 100                 | 1,98                              |                                |                |                |
|                      |                               |                                                 | $\infty$            | 1,96                              |                                |                |                |

Keterangan:

Mi = Jumlah stok karbon (dalam tC/ha) dari plot-i dalam jenis tutupan hutan-j

n = Jumlah plot dalam jenis tutupan hutan-j

### 3.6.5 Transformasi Indeks Vegetasi

Transformasi indeks vegetasi ini bertujuan untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi pada setiap piksel yang nantinya akan digunakan sebagai variabel bebas dalam analisis regresi dengan data biomassa dari hasil pengukuran lapangan. Indeks vegetasi pada penelitian ini menggunakan lima algoritma indeks vegetasi, yaitu NDVI, GNDVI, NDMI, ARVI, dan, SAVI. Pengelolaan citra pada metode indeks vegetasi ini menggunakan software ArcGIS dengan *tools raster calculator*.

#### a. NDVI

Rumus NDVI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Indeks*

NIR = Reflektans Spektral Infrared

RED = Reflektans Pita Merah

## b. GNDVI

Rumus GNDVI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{GNDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Green}}{\text{NIR} + \text{Green}}$$

Keterangan:

GNDVI = *Green Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Reflektans Spektral Infrared

GREEN = Reflektans Pita Hijau

## c. NDMI

Rumus NDMI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{NDMI} = \frac{\text{NIR} - \text{Swir}}{\text{NIR} + \text{Swir}}$$

Keterangan:

NDMI = *Normalized Difference Moisture Index*

NIR = Reflektans Spektral Infrared

SWIR = Reflektans pita inframerah gelombang pendek

## d. ARVI

Rumus ARVI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{ARVI} = \frac{\text{NIR} - (\text{RED} - (\text{BLUE} - \text{RED}))}{\text{NIR} + (\text{RED} + (\text{BLUE} + \text{RED}))}$$

Keterangan:

ARVI = *Atmospherically Resistant Vegetation Index*

NIR = Reflektans Spektral Infrared

RED = Reflektans Pita Merah

BLUE = Reflektans Pita Biru

## e. SAVI

Rumus SAVI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{SAVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red} + L} (1 + L)$$

Keterangan:

SAVI = *Soil Adjusted Vegetation Index*

NIR = Reflektans Spektral Infrared

RED = Reflektans Pita Merah

L = Faktor koreksi tanah biasanya bernilai 0,5 untuk vegetasi sedang.

### 3.6.6 Analisis Hubungan Indeks Vegetasi dan Stok Karbon Lapangan

Analisis korelasi antara indeks vegetasi dan stok karbon dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas (indeks vegetasi) dan variabel terikat (stok karbon). Korelasi ini dihitung menggunakan koefisien *Pearson* ( $r$ ), yang menunjukkan derajat keterkaitan antara dua variabel dengan rentang nilai antara -1 hingga 1. Nilai koefisien mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat, nilai 0 menunjukkan tidak adanya hubungan linier, sedangkan nilai mendekati 1 mengindikasikan hubungan positif yang kuat (Adler *et al.*, 2021). Setelah mengetahui korelasi antar variabel, langkah berikutnya adalah melakukan evaluasi melalui visualisasi *scatterplot* dan penghitungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Nilai  $R^2$  digunakan untuk menilai seberapa besar proporsi variasi stok karbon yang dapat dijelaskan oleh variasi indeks vegetasi. Semakin mendekati nilai 1, maka hubungan antara kedua variabel dianggap semakin kuat, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan bahwa hubungan tersebut lemah (Leni, 2023).

Analisis regresi digunakan untuk meningkatkan korelasi antara variabel satelit dan biomassa di atas permukaan tanah. Hubungan kedua variabel atau lebih antara variabel bebas (X) dengan variabel tidak bebas/terikat (Y). Penelitian ini terdiri dari data indeks vegetasi sebagai variabel bebas, dan nilai stok karbon sebagai variabel terikat. Model regresi linier berganda adalah pengembangan dari model regresi linier sederhana. Pada regresi linier sederhana, terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, sedangkan pada regresi linier berganda, terdapat lebih dari satu variabel bebas dengan tetap mempertahankan satu variabel terikat (Padilah *et al.*, 2019). Penambahan variabel bebas ini memungkinkan persamaan umum regresi linier berganda yang melibatkan dua atau lebih variabel bebas yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \dots + \beta_nx_n + \epsilon$$

Keterangan:

|                                                |                                                             |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| $Y$                                            | = Stok karbon (variabel dependen)                           |
| $\beta_0$                                      | = Konstanta regresi (intersep)                              |
| $\beta_1, \beta_2, \beta_3, + \dots + \beta_n$ | = Koefisien regresi untuk masing-masing variabel independen |
| $x_1, x_2, x_3 + \dots + x_n$                  | = Indeks vegetasi (NDVI, GNDVI, NDMI, ARVI, SAVI)           |
| $\epsilon$                                     | = Kesalahan residual atau <i>error</i> .                    |

Metode ini dipilih karena dapat mengukur pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat secara bersamaan, sehingga menghasilkan model prediksi yang lebih tepat. Dengan model tersebut, estimasi stok karbon dapat dilakukan berdasarkan nilai indeks vegetasi yang dihasilkan dari citra satelit, memungkinkan pemetaan stok karbon secara efisien dan skala besar tanpa mengandalkan pengukuran lapangan manual di seluruh wilayah. Langkah pertama dalam analisis ini adalah mengumpulkan data indeks vegetasi dari transformasi spektral citra satelit dan data stok karbon dari pengukuran lapangan. Selanjutnya, model regresi linier berganda dibuat untuk mendapatkan hubungan matematis antara variabel bebas dan variabel terikat, dengan nilai  $r^2$  sebagai indikator kekuatan model. Terakhir, model diuji menggunakan data validasi untuk memastikan akurasi prediksi, dan model terbaik digunakan untuk memetakan distribusi stok karbon di seluruh area studi.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Simpulan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Rata-rata total stok karbon tertinggi terdapat pada lahan repong damar sebesar 269,74 tC/ha, diikuti oleh lahan hutan alam sebesar 167,01 tC/ha, dan yang terendah pada lahan kebun campuran sebesar 96,61 tC/ha. Hal ini mencerminkan bahwa sistem agroforestri seperti repong damar yang dikelola masyarakat secara tradisional berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon.
2. Korelasi antara data stok karbon hasil pengukuran lapangan dengan indeks vegetasi menunjukkan hubungan yang positif. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tertinggi diperoleh pada indeks vegetasi NDMI sebesar 0,54. Oleh karena itu, NDMI dapat dianggap sebagai indeks vegetasi terbaik dalam penelitian ini untuk mengestimasi stok karbon di atas permukaan tanah dibandingkan indeks vegetasi lainnya.
3. Sebaran stok karbon pada lahan repong damar, hutan alam, dan kebun campuran dapat dipetakan melalui algoritma transformasi indeks vegetasi dengan ketelitian 54%. Area dengan indeks vegetasi yang tinggi umumnya memiliki kandungan karbon yang lebih besar. Meskipun demikian, indeks vegetasi belum sepenuhnya mampu merepresentasikan variasi stok karbon secara akurat pada seluruh tipe tutupan lahan.

### **5.2 Saran**

Disarankan agar pengelolaan repong damar terus dipertahankan dan diperkuat karena terbukti memiliki kemampuan tinggi dalam menyimpan karbon. Praktik tradisional masyarakat Krui, seperti larangan menebang pohon muda dan

pemeliharaan damar secara turun-temurun, perlu dilestarikan dan mendapat dukungan melalui kebijakan pemerintah serta insentif berbasis jasa lingkungan. Selain itu, penting untuk mendorong regenerasi pohon damar dan menjaga struktur tegakan agar repong damar tetap berfungsi sebagai sistem agroforestri yang berkelanjutan dan berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adler, J., Parmryd, I. 2021. Quantifying colocalization: the case for discarding the manders overlap coefficient. *Cytometry*. 99(9): 910-920.
- Akbar, C., Arsepta, Y., Dewiyanti, I., Bahri, S. 2019. Dugaan serapan karbon pada vegetasi mangrove, di kawasan mangrove Desa Beureunut, Kecamatan Seulimum, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal La'ot Ilmu Kelautan*. 2(2): 67-78.
- Anasis, A. M., Sari, M. Y. A. R. 2015. Perlindungan indikasi geografis terhadap damar mata kucing (*Shorea javanica*) sebagai upaya pelestarian hutan (studi di Kabupaten Pesisir Barat Propinsi Lampung). *Jurnal Hukum Ius Quia Iustum*. 22(4): 566-593.
- Andes, A., Hermawan, E. 2019. Sistem Informasi Geografis perkebunan dan kehutanan Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Inovatif: Inovasi Teknologi Informasi dan Informatika*. 2(2): 139-146.
- Andana, E.K. 2015. Pengembangan data citra satelit landsat-8 untuk pemetaan area tanaman hortikultura dengan berbagai metode algoritma indeks vegetasi (studi kasus: Kabupaten Malang dan sekitarnya). *J. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*. 15:1-10.
- Arhatin, R.E. 2007. *Pengkajian Algoritma Indeks Vegetasi dan Metode Klasifikasi Mangrove Dari Data Satelit Landsat-5 dan Landsat7 ETM+ (studi kasus di Kabupaten Berau, Kaltim)*. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Asdak, C. 2023. Sustainable forest management from hydrology and climate change mitigatio perspectives. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 17(1). 1–10.
- Astriani, H., Santoso, K. B., Arifatha, N., Prasetya, R., Utomo, S. D., Juniandari, V. C., Kamal, M. 2017. Perbandingan citra landsat 8 oli dan sentinel 2-A untuk estimasi stok karbon kelapa sawit (*Elais guineensis* Jacq) di Wilayah PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Rejosari, Natar, Kabupaten Lampung Selatan. *Seminar Nasional Geomatika*. 20017: 21-28.

- Azhari, R. M., Jauhari, A., Udiansyah, U. 2023. Analisis korelasi enhanced vegetation index dengan normalized difference moisture index di KHDTK Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Sylva Scienteeae*. 6(6): 984-992.
- Bhaskara, D. R., Qurniati, R., Duryat, D., Banuwa, I. S. 2018. Karbon tersimpan pada repong damar Pekon Pahmungan, Kecamatan Pesisir Tengah, Kabupaten Pesisir Barat (*Carbon stock in repong damar agroforest at Pahmungan Village, Pesisir Tengah Sub-District, Pesisir Barat Regency*). *Jurnal Sylva Lestari*. 6(2): 32-40
- Boreel, A., Silaya, T. M., Parera, L. R., Latupeirissa, Y. A. 2024. Perubahan penutupan lahan spatio-temporal landscape hutan dan dampaknya terhadap stock carbon sebagai aksi mitigasi menuju net sink 2030 di Negeri Hutumuri. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 8(1): 61-71.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. *FAO Forestry Paper*. 134.
- Brown, S. Zarin, D. 2013. What does zero deforestation mean?. *Journal Science*. 342:805-807.
- BSN. 2011. *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon: Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Cahyo, A. T., Darmawan, A., Iswandar, D., Setiawan, A. 2022. Pendugaan karbon stok di atas permukaan tanah pada hutan mangrove di Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Hutan Tropis*. 10(3): 268-276.
- Casson, A. 2005. *Cat's Eye Forests: The Krui Damar Gardens*. Exemplary forest management in Asia and the Pacific. 93.
- Chanan, M. 2012. Pendugaan cadangan karbon (c) tersimpan di atas permukaan tanah pada vegetasi hutan tanaman jati (*Tectona grandis* linn. F) di RPH Sengguruh BKPH Sengguruh KPH Malang Perum Perhutani II Jawa Timur. *Jurnal Gamma*. 7(2): 61-73.
- Chayani, I. S. P., Hapsari, R. D. 2022. Faktor penghambat kerjasama Indonesia-Norwegia dalam Implementasi REDD+ tahun 2011-2016. *Global and Policy Journal of International Relations*. 10(2): 68-79.
- Cochran, W. G. 1977. *Sampling Techniques*. Wiley.
- Danial, D., Ilham, W., Asy'ari, M. 2020. Pendugaan karbon tersimpan pada permukaan tanah di berbagai jalur hijau Kecamatan Banjarbaru Utara Kota Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scienteeae*. 2(4): 667-674.

- Darmawan, A., Warta, Z., Molidena, E., Valla, A., Firdaus, M. I., Firdaus, Winarno, G. D., Winarno, B., Rusolono, T., Tsuyuki, S. 2020. Aboveground forest carbon stock in protected area: a case study of Bukit Tigapuluh National Park, Indonesia. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 7(1):1-17.
- Fachrul M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta
- Faridah, S. A. N., Krisbiantoro, A. 2014. Analisis distribusi temperatur permukaan tanah wilayah potensi panas bumi menggunakan teknik penginderaan jauh di Gunung Lamongan, Tiris-Probolinggo, Jawa Timur. *Berkala Fisika*. 17(2): 67-72.
- Fatimatuzahra, D. T., Somantri, S. 2023. Perancangan *Web Geographic Information System (WebGIS)* kehutanan pada wilayah Sukabumi. *Jurnal Tekno Kompak*. 17(1): 184-195.
- Firdaus, A. B., Setiawan, A., Rustiati, E. L. 2014. keanekaragaman spesies burung di repong damar pekon pahmungan kecamatan pesisir tengah krui kabupaten Lampung Barat. *Sylva Lestari*. 2(2): 1-8.
- Foroughbackh, R., Pinero, J.H., Alvarado, M.A., Avila, L.C. 2009. *Use of Multipurpose Trees and Shrubs in Forestry and Agroforestry Systems in Northeastern Mexico*. In: Handbook on Agroforestry: Management Practices and Environmental Impact. Nova Science Publishers. New York, USA.
- Freddy SW, Marwan, Nizamuddin. 2015. Klasifikasi Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Spot-6 di Kabupaten Aceh Barat Daya dan Aceh Besar. *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*. 102-107.
- Hambali, M. R., Ichsan, A. C., Valentino, N., Prasetyo, A. R. 2023. Estimasi simpanan karbon tegakan menggunakan citra sentinel-2A pada kawasan mangrove labuan tereng Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*. 9(4): 723-738.
- Hariyanto, S. P., Rusita, R., Febryano, I. G., Dewi, B. S., Ayuningtyas, C. M., Handayani, T., Gunawan, R. 2022. Penyuluhan kepada masyarakat Pekon Pahmungan dalam pelestarian repong damar di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung. *Repong Damar: Jurnal Pengabdian Kehutanan dan Lingkungan*. 1(1): 43-53.
- Harris, N. L., Gibbs, D. A., Baccini, A., Birdsey, R. A., De Bruin, S., Farina, M., Tyukavina, A. 2021. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nature Climate Change*. 11(3): 234-240.

- Hartoyo, A. P. P., Azis, S. N., Ramadhi, A., Khairunnisa, S., Mudzaky, R. H., Pamoengkas, P., Ruliandi, A. 2023. Vegetation cover changes and species composition: preliminary results from agroforestry system in Gunung Halimun Salak National Park, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1145(1): 012011.
- Hernawati, K. 2017. Implementasi cipher viginere pada kode ASCII dengan memanfaatkan digit desimal bilangan euler. *Jurnal FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta*. 1-9.
- Himamussofi, K., Anggara, O. C., Purwaningrum, S. I. 2024. Estimasi penyerapan karbondioksida pada tegakan vegetasi di Universitas Bojonegoro. *Jurnal Transformasi Humaniora*. 7(8): 186-194.
- Huynh, T., Lee, D. J., Applegate, G., Lewis, T. 2021. Field methods for above and belowground biomass estimation in plantation forests. *MethodsX*. 8: 101192.
- Ikhtiarin, A. D., Agustin, V. M., Nethan, A., Yuel, M. V. D. B., Wiratma, H. D., Subandi, Y. 2023. Dinamika kerja sama Indonesia–Norwegia di bidang lingkungan hidup melalui program *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+) tahun 2017-2021. *Jurnal Ilmiah Dinamika Sosial*. 7(1): 56-65.
- Insusanty, E., Ikhwan, M., Sadjati, E. 2017. Kontribusi agroforestri dalam mitigasi gas rumah kaca melalui penyerapan karbon. *Jurnal Hutan Tropis*. 5(3): 181-187.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IGES. Japan.
- Irundu, D., Idris, A. I., Sudiatmoko, P. 2023. Biomassa dan karbon tersimpan diatas tanah pada hutan rakyat agroforestri di Kecamatan Bulu Kabupaten Polman. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 15(1): 32-41.
- Iswandar, M., Dewiyanti, I., Kurnianda, V. 2017. Dugaan serapan karbon pada vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove Gampong Iboih, Kecamatan Sukakarya, Kota Sabang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*. 2(4): 512-518.
- Jaya, L. M. G., Masse, D. C. A., Saleh, F. 2019. Studi cadangan karbon vegetasi mangrove dalam Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai Sulawesi Tenggara. *Physical and Social Geography Research Journal*. 1(1): 45-52.
- Karmila, D., Jauhari, A., Kanti, R. 2020. Estimasi nilai cadangan karbon menggunakan analisis NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) di KHDTK Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Sylva Scientiae*. 3(3): 451-459.

- Karuru, S. S., Rasyid, B., Millang, S. 2020. Analisis keterkaitan cadangan karbon dengan penyerapan CO<sub>2</sub> dan pelepasan O<sub>2</sub> pada tutupan lahan hutan sekunder dan kelapa sawit di Kabupaten Luwu Timur. *Jurnal Ecosolum*. 9(2): 51-60.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., Wijaya, A. P. 2017. Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada citra Sentinel-2 (Studi kasus: Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1): 277-284.
- Lady, N. 2018. Kerjasama Indonesia Norwegia melalui skema *Reducing Emissions From Deforestation And Forest Degradation* (REDD+) dalam upaya penyelamatan hutan Indonesia. *Global Political Studies Journal*. 2(1): 24-40.
- Laura, C. T., Darmawan, A., Hilmanto, R. 2019. Deteksi penutupan repong damar di Pesisir Barat Lampung menggunakan citra satelit penginderaan jauh. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(3): 247-260.
- Laura, C. T., Darmawan, A. 2020. Monitoring agroforestry for REDD+ implementation using remote sensing data and geographic information system: a case study of repong damar, Pesisir Barat Lampung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 538(1): 012015.
- Leni, D. 2023. Analisis heatmap korelasi dan scatterplot untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pelabelan ac efisiensi energi. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*. 6(1): 41-47.
- Lensari, D., Yuningsih, L. 2018. Kontribusi agroforesti repong damar terhadap pendapatan masyarakat. *Sylva: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kehutanan*. 6(1): 30-34.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W. 2004. *Remote sensing and image interpretation*. Remote sensing and image interpretation, Wisconsin.
- Lintang, N. C., Sanjoto, T. B., Tjahjono, H. 2017. Kajian kerapatan vegetasi hutan lindung gunung ungaran Jawa Tengah tahun 2016 menggunakan metode indeks vegetasi. *Geo-Image Journal*, 6(1): 1-7.
- Lu, D., Chen, Q., Wang, G., Liu, L., Li, G., Moran, E. 2016. A survey of remote sensing-based aboveground biomass estimation methods in forest ecosystems. *International Journal of Digital Earth*. 9(1): 63-105.
- Manuri, S., Brack, C., Rusolono, T., Noor'an, F., Verchot, L., Maulana, S. I., ..., Soraya, E. 2017. Effect of species grouping and site variables on aboveground biomass models for lowland tropical forests of the Indo-Malay region. *Annals of Forest Science*. 74(23): 1-14.

- Manuri, S., Putra, C. A. S., Saputra, A. D. 2011. *Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan*. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation–GIZ. Palembang.
- Masripatin, N., Ginoga, K., Pari, G., Darmawan, W. S., Siregar, K. A., Wibowo, A., Puspasari, D., Utomo, A. S., Sakuntaladewi, N., Lugina, M., Indartik, Wulandari, W., Darmawan, S., Heryansah, I., Heriyanto, N. M., Seringoringo, H. H., Damayanti, R., Anggraeni, D., Krisnawati, H., Maryani, R., Apriyanto, D., Subekti B. 2010. *Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Kampus Balitbang Kehutanan, Bogor. 43.
- Masykur, F. 2014. Implementasi sistem informasi geografis menggunakan *Google Maps Api* dalam pemetaan asal mahasiswa. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*. 5(2): 181-186.
- Mather, P. M. 1989. Teaching remote sensing: The role of geography departments in remote sensing education in the UK. *Journal of Geography in Higher Education*. 13(2): 216-220.
- McCoy, R.M. 2005. *Field Methods in Remote Sensing*. Guilford Press. New York.
- Munthe, I. R., Wardana, E. W., Yanris, G. J. 2021. Rancang bangun sistem informasi geografis pemetaan hutan pada Kabupaten Labuhan-Batu. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*. 6(2): 77-82.
- Naharuddin, N. 2018. Komposisi dan struktur vegetasi dalam potensinya sebagai parameter hidrologi dan erosi. *Jurnal Hutan Tropis*. 5(2): 134-142.
- Nanjaya, E. K., Rusolono, T., Tiryana, T. 2020. Penentuan ukuran plot contoh optimal untuk pendugaan luas bidang dasar dan biomassa tegakan. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 17(1): 65-77.
- Noor, R. F., Jaya, I. N. S., Puspaningsih, N. 2015. Pendugaan perubahan stok karbon di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Media Konservasi*. 20(2): 177-186.
- Norgrove, L., Beck, J. 2016. Biodiversity function and resilience in tropical agroforestry systems including shifting cultivation. *Current Forestry Reports*. 2(1): 62–80.
- Nugroho, S. A., Wijaya, A. P., Sukmono, A. 2016. Analisis pengaruh perubahan vegetasi terhadap suhu permukaan di wilayah Kabupaten Semarang menggunakan metode penginderaan jauh. *Jurnal Geodesi Undip*. 5(1): 253-263.

- Oktarina, N., Nopianti, H., Himawati, I. P. 2022. Kearifan lokal dalam pengelolaan Repong Damar Pekon Pahmungan Kecamatan Pesisir Tengah Kabupaten Pesisir Barat Lampung. *Satwika: Kajian Ilmu Budaya dan Perubahan Sosial*. 6(1): 73-91.
- Padilah, T. N., Adam, R. I. 2019. Analisis regresi linier berganda dalam estimasi produktivitas tanaman padi di Kabupaten Karawang. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*. 5(2): 117-128.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... Hayes, D. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*. 333(6045): 988-993.
- Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Buku Informatika. Bandung.
- Pratama, R. 2019. Efek rumah kaca terhadap bumi. *Buletin Utama Teknik*. 14(2): 120-126.
- Puliti, S., Breidenbach, J., Schumacher, J., Hauglin, M., Klingenberg, T. F., Astrup, R. 2021. Above-ground biomass change estimation using national forest inventory data with Sentinel-2 and Landsat. *Remote sensing of environment*. 265: 112644.
- Purnobasuki, H. 2012. Pemanfaatan hutan mangrove sebagai penyimpan karbon. *Buletin PSL Universitas Surabaya*. 28(3): 1-6.
- Purwanto, A. D., Wikantika, K., Deliar, A., Darmawan, S., Harto, A. B., Khomarudin, M. R., Ardli, E. R. 2024. Improving the accuracy of mangrove forest mapping using sentinel image and developed classification algorithm based on machine learning. *Journal of Spatial Science*. 69(3): 1019-1045.
- Putra, E.H. 2011. *Penginderaan Jauh dengan ERMMapper*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Putri, A. H. M., Wulandari, C. 2015. Potensi penyerapan karbon pada tegakan damar mata kucing (*Shorea javanica*) di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 13-20.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., Hilmi, E. 2014. Potensi estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove di wilayah pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*. 10(2): 85-91.
- Rawung, D.T. 2020. *Model Penarikan Sampel*. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Pusat Statistik RI. Jakarta.

- Rifandi, R. A. 2020. Estimasi stok karbon dan serapan karbon pada tegakan pohon mangrove di Hutan Mangrove Trimulyo, Genuk, Semarang. *Journal of Enviromental Science Sustainable*. 1(2):11-18.
- Rosadi, H., Hatta, G. M., & Soendjoto, M. A. Kesesuaian ruang terbuka hijau dengan pendekatan analisis penginderaan jauh wilayah Kota Banjarbaru. *Jurnal Hutan Tropis*. 12(2): 163-170.
- Rozalina, R. 2019. Profil kebun campuran di Desa Karacak Kecamatan Leuwiliang Kabupaten Bogor. *Akar*. 1(1): 72-82.
- Sadjati, E., Sulisty, J., Azwin, A. 2023. Potensi karbon pada tegakan hutan adat imbo putui Desa Petapahan Kabupaten Kampar. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*. 3(1): 90-94.
- Sari, D. N., Sasmito, B., Hadi, F., Kurniawan, A. 2022. Estimasi produktivitas kopi dengan indeks vegetasi menggunakan citra spot-7. elipsoida: jurnal geodesi dan geomatika. 5(2): 44-52.
- Satwika, W. F., Putranti, I. R. 2020. Komitmen Indonesia dalam mematuhi perjanjian kerjasama REDD+ Indonesia-Norwegia terhadap upaya penanganan deforestasi dan degradasi hutan di Indonesia. *Journal of International Relations Diponegoro*. 6(2): 288-298.
- Seran, W. 2019. Struktur dan komposisi tegakan mangrove di Pantai Paradiso, Kelurahan Oesapa Barat, Kecamatan Kelapa Lima, Kota Kupang, NTT. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*. 12(1): 34-42.
- Shen, W., Li, M., Huang, C., Wei, A. 2016. Quantifying live aboveground biomass and forest disturbance of mountainous natural and plantation forests in Northern Guangdong, China, based on multi-temporal Landsat, PALSAR and field plot data. *Remote sensing*. 8(7): 595.
- Simarmata, N., Elyza, F., Vatiady, R. 2019. Kajian citra satelit spot-7 untuk estimasi *standing carbon stock* hutan mangrove dalam upaya mitigasi perubahan iklim (*climate changes*) di Lampung Selatan. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. 16(1): 1-8.
- Simarmata, N., Wikantika, K., Tarigan, T. A., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A., Purnama, Y. 2021. Analisis transformasi indeks NDVI, NDWI dan SAVI untuk identifikasi kerapatan vegetasi mangrove menggunakan citra sentinel di Pesisir Timur Provinsi Lampung. *Jurnal Geografi*: 19(2): 69-79.
- Siregar, C. A., Dharmawan. I. W. S. 2009. *Sintesa Hasil-Hasil Penelitian Jasa Hutan Sebagai Penyerap Karbon*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Siregar, Z., Defira, C. N. 2023. Biomassa, potensi cadangan karbon dan serapan karbon pada hutan kota. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 12(2): 439-445.

- Situmorang, A. D. L., Anurogo, W. 2020. Pendugaan pencadangan karbon permukaan hutan di Pulau Batam menggunakan data penginderaan jauh. *Jurnal Swarnabhumi: Jurnal Geografi dan Pembelajaran Geografi*. 5(1): 46-53.
- Somantri, L. 2008. Pemanfaatan teknik penginderaan jauh untuk mengidentifikasi kerentanan dan risiko banjir. *Jurnal Geografi Gea*. 8(2): 1-9.
- Steinfeld, J. P., J.J.A. Bianchi, F., Luiz Locatelli, J., Rizzo, R., Eduarda Bispo De Resende, M., Ramos Ballester, M. V., Cerri, C. E. P., Bernardi, A. C. C., Creamer, R. E. 2023. Increasing complexity of agroforestry systems benefits nutrient cycling and mineral-associated organic carbon storage, in south-eastern Brazil. *Geoderma*. 440: 116726.
- Sulistyo, B. 2011. Pengaruh erosivitas hujan yang diperoleh dari rumus yang berbeda terhadap pemodelan erosi berbasis raster (studi kasus di DAS Merawu, Banjarnegara, Jawa Tengah). *Agritech*. 31(3).
- Suryandari, P., Astiani, D., Dewantara, I. 2019. Pendugaan karbon tersimpan pada tegakan di Kawasan Arboretum Sylva Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*. 7(1): 114–122.
- Suryanto, P., Tohari, T., Sabarnurdin, M. S. 2005. Dinamika sistem berbagi sumberdaya (resources sharing) dalam agroforestri: dasar pertimbangan penyusunan strategi silvikultur. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*. 12(2): 165-178.
- Susanti, A. D., Wijayanto, N., Hikmat, A. 2018. Keanekaragaman jenis tumbuhan obat di agroforestri repong damar Krui, Provinsi Lampung. *Media Konservasi*. 23(2): 162-168.
- Ulumuddin, Y. I., Sulistyawati, E., Hakim, D. M., Harto, A. B. 2005. *Korelasi stok karbon dengan karakteristik spektral citra landsat: studi kasus Gunung Papandayan*. Presented on Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV, “Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa”. Surabaya.
- Usmadi, D., Hikmat, A., Witono, J. R., Prasetyo, L. B. 2016. Populasi dan Kesesuaian Habitat Langkap (*Arenga obtusifolia* Mart.) di Cagar Alam Leuweung Sancang, Jawa Barat. *Jurnal Biologi Indonesia*. 11(2): 205-214.
- Wardah, W. 2005. Keanekaragaman jenis tumbuhan di kawasan hutan Krui, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Lampung Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 6(3): 477- 484.

- Wibowo, N., Harianto, S. P., Dewi, B. S., Febryano, I. G. 2024. Integrasi teknologi lokal dalam pemanenan resin damar: studi kasus budaya pemanenan di Desa Pahmungan, Lampung. *Makila*. 18(2): 325-337.
- Wijayanto, N. 2002. Analisis strategis sistem pengelolaan repong damar di Pesisir Krui, Lampung. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 8(1): 39-49.
- Windusari, Y., Sari, N. A., Yustian, I., Zulkifli, H. 2012. Dugaan cadangan karbon biomassa tumbuhan bawah dan serasah di kawasan suksesi alami pada area pengendapan tailing PT Freeport Indonesia. *Biospecies*. 5(1): 22-28.
- Wu, C. D., Chen, Y. C., Pan, W. C., Zeng, Y. T., Chen, M. J., Guo, Y. L., Lung, S. C. C. 2017. Land-use regression with long-term satellite-based greenness index and culture-specific sources to model PM<sub>2.5</sub> spatial-temporal variability. *Environmental Pollution*. 224: 148-157.
- Yang, X., Lo, C. P. 2002. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *International Journal of Remote Sensing*. 23(9): 1775-1798.
- Yuningsih, L., Lensari, D., Milantara, N. 2018. Perhitungan simpanan karbon atas permukaan di Hutan Lindung KPHP Meranti untuk Mendukung program Redd+. *Jurnal Silva Tropika*. 2(3): 77-83.
- Zul, F. L. P., Widartono, B. S. 2019. Pemanfaatan foto udara format kecil (Fufk) inframerah berwarna untuk identifikasi usia tanam dan kemasakan tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) di sebagian Kecamatan Gamping, Godean dan Prambanan. *Jurnal Bumi Indonesia*. 8(3): 1-10.