

KAJIAN PERUBAHAN SPASIAL LAHAN VEGETASI DAN CADANGAN KARBON TERSIMPAN

Rahma Anisa¹⁾, Citra Dewi²⁾, Romi Fadly³⁾

^{1), 2), 3)} Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145
Email : rahmanisaaa@gmail.com¹⁾, citra.dewi@eng.unila.ac.id²⁾, romi.fadly@eng.unila.ac.id³⁾

ABSTRACT

The University of Lampung, commonly referred to as Unila, is known as a green campus with open green spaces featuring various types of vegetation, such as shrubs, trees, and grasslands. The university consists of several faculties, including the Faculty of Engineering. However, in recent years, land use changes have occurred within the Faculty of Engineering, where vegetated areas have been converted into built-up areas, such as the construction of retention ponds and new buildings. This change has impacted the available carbon stock. The reduction in vegetated land is directly proportional to the decrease in carbon reserves stored in plants, which contributes to climate change. In relation to climate change caused by deforestation and land degradation, it is necessary to conserve and manage vegetated lands, as well as enhance carbon reserves, to measure the extent of changes (reduction in carbon emissions) resulting from land conservation efforts (Hairiah et al., 2007). The more abundant the carbon stored in plant biomass; the more CO₂ is absorbed by the plants. Biomass measurement can be conducted in two ways: non-destructively and destructively. The non-destructive method is considered effective because it requires less time, cost, and effort. One technology that can be used for biomass measurement is aerial photography using unmanned aerial vehicles (UAVs) or drones, which tend to be effective and efficient. The Object-Based Image Analysis (OBIA) approach is an object-based method that has high accuracy in determining the available carbon stock due to dynamic changes in the extent of vegetated land in the Faculty of Engineering area at Unila between 2019 and 2024. The vegetated area on the OBIA-processed map in 2019 was 6.9886 hectares. In 2024, the vegetated area on the OBIA-processed map was 6.6652 hectares. The change in vegetated land between 2019 and 2024 was 0.3234 hectares, indicating a reduction in vegetated land due to infrastructure development in the Faculty of Engineering area. The calculation of stored carbon stock, based on field measurements, was 197.129764 tons of carbon per hectare.

Keywords : Universitas Lampung, Vegetation, UAV, Carbon , OBIA

ABSTRAK

*Universitas Lampung atau disebut dengan Unila merupakan universitas yang dikenal sebagai kampus hijau (green campus) yang memiliki ruang terbuka hijau dengan vegetasi berupa semak belukar, pepohonan serta padang rumput. Universitas Lampung terdiri dari beberapa fakultas, salah satunya fakultas teknik. Namun, belakangan tahun terakhir terjadinya alih fungsi lahan di fakultas teknik dari lahan vegetasi menjadi lahan terbangun seperti dibangunnya embung, serta gedung-gedung baru. Hal tersebut mempengaruhi jumlah cadangan karbon yang tersedia. Pengurangan area vegetasi secara langsung berhubungan dengan penurunan cadangan karbon yang terdapat pada tanaman, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap perubahan iklim. Dalam konteks perubahan iklim yang disebabkan oleh deforestasi dan degradasi lahan, sangat penting untuk melaksanakan upaya konservasi serta pengelolaan lahan vegetasi, sekaligus meningkatkan cadangan karbon. Hal ini bertujuan untuk memahami sejauh mana perubahan (penurunan emisi karbon) terjadi akibat kegiatan konservasi tersebut (Hairiah dkk., 2007). Jumlah karbon yang tersimpan dalam biomassa tanaman merupakan indikator dari seberapa banyak CO₂ yang dapat diserap. Terdapat dua metode untuk mengukur biomassa, yaitu metode **non-destruktif** dan **destruktif**. Metode non-destruktif lebih disukai karena efisiensinya dalam hal waktu, biaya, dan tenaga. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pengukuran biomassa adalah pemotretan udara dengan menggunakan drone (UAV), yang menunjukkan efektivitas dan efisiensinya. Pendekatan **Object Based Image Analysis (OBIA)** adalah metode berbasis objek yang menawarkan akurasi tinggi dalam menentukan cadangan karbon yang tersedia akibat perubahan luas lahan vegetasi di Fakultas Teknik Unila antara tahun 2019 dan 2024. Luasan vegetasi pada peta hasil pengolahan OBIA tahun 2019 luas vegetasi sebesar 6.9886 Ha. Dan untuk luasan vegetasi pada peta hasil pengolahan OBIA tahun 2024 luas vegetasi sebesar 6.6652 Ha. Hasil perubahan lahan vegetasi antara tahun 2019 dan 2024 sebesar 0.3234 Ha artinya terdapat pengurangan lahan vegetasi karena adanya pembangunan infrastruktur di area Fakultas Teknik. Perhitungan cadangan karbon tersimpan diperoleh berdasarkan pengukuran di lapangan sebesar 197.129764 Ton-C/ha*

Kata Kunci : Universitas lampung, Vegetasi, Karbon, UAV, OBIA.

1. Pendahuluan

Universitas Lampung, dikenal juga sebagai Unila, adalah institusi yang terkenal sebagai "kampus hijau" karena memiliki banyak ruang terbuka hijau dengan beragam vegetasi seperti semak belukar, pepohonan, dan padang rumput. Fakultas Teknik Unila khususnya dikenal dengan kepadatan vegetasinya, di mana terdapat banyak pohon dari berbagai ukuran yang memberikan suasana sejuk dan teduh. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, terjadi konversi lahan di Fakultas Teknik dari vegetasi menjadi bangunan seperti embung dan gedung-gedung baru. Perubahan ini mempengaruhi jumlah cadangan karbon, karena berkurangnya area vegetasi sejalan dengan penurunan cadangan karbon tanaman, yang berkontribusi pada perubahan iklim. Perubahan iklim yang berlangsung cepat disebabkan oleh aktivitas manusia yang menghasilkan sejumlah besar gas karbon dioksida (CO₂) di atmosfer. berdasarkan informasi dari IPCC (2007) mengenai CO₂ adalah penyumbang utama gas rumah kaca, berkontribusi sekitar 55% dari total emisi yang dihasilkan oleh kegiatan manusia. Mengingat dampak perubahan iklim akibat deforestasi dan degradasi lahan, sangat penting untuk melakukan Fotogrametri.

Fotogrametri adalah kombinasi seni, ilmu pengetahuan, dan teknologi yang bertujuan untuk mendapatkan informasi yang tepat mengenai objek fisik dan lingkungan melalui analisis gambar fotografi serta pola radiasi dari energi elektromagnetik (Wolf, 1993). Menurut Wolf (1983), mosaik foto udara terbentuk dari penggabungan dua atau lebih foto udara yang saling tumpang tindih, menciptakan gambar yang utuh dan mencakup area yang lebih luas. Foto udara juga dapat digunakan secara temporal untuk mempelajari perubahan yang terjadi di suatu wilayah (Putra dkk., 2017). Proses perancangan jalur penerbangan, serta *takeoff* dan landing pesawat tanpa awak dilakukan di bawah pengawasan pilot dan operator yang terlatih. Kontrol manual pada *drone* lebih efektif jika mempertahankan arah (*bearing*) daripada langsung mengarahkan ke titik tujuan (*waypoint*) (Rokhmana, 2014).

Selain metode berbasis piksel, terdapat metode lain yang sedang berkembang dalam penginderaan jauh, yaitu klasifikasi berbasis objek (OBIA) (Alimudi dkk., 2018). Klasifikasi berbasis objek lebih sesuai untuk digunakan pada citra beresolusi tinggi dan data UAV dibandingkan dengan klasifikasi berbasis piksel, yang lebih tepat digunakan untuk citra dengan resolusi menengah atau rendah (Sitompul dkk., 2019). Selain itu, pengambilan sampel pada klasifikasi berbasis objek lebih mudah karena poligon untuk area sampel sudah tersedia. Namun, kekurangan dari metode berbasis objek adalah memerlukan lebih banyak sampel per kelas, sehingga proses pengambilan sampel memakan waktu lebih lama dibandingkan klasifikasi berbasis piksel.

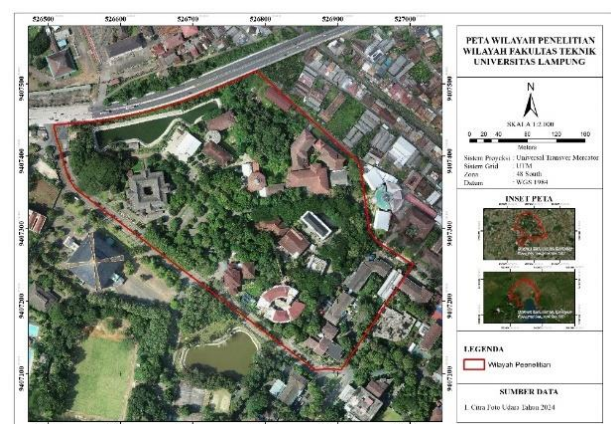
Vegetasi mencakup keseluruhan flora yang terdapat disuatu kawasan dan berperan sebagai penutup permukaan tanah. Keberadaan vegetasi memberikan kontribusi yang signifikan terhadap lingkungan, termasuk dalam mengurangi aliran air permukaan, mencegah

terjadinya erosi dan banjir, serta berfungsi dalam pengaturan suhu tanah dan lingkungan sekitarnya (Maryantika dkk., 2011). Namun, luas lahan yang ditumbuhi vegetasi semakin berkurang akibat perubahan penggunaan lahan (Margaretha dkk., 2013). Padahal, vegetasi memiliki berbagai peran penting, seperti menjaga kestabilan suhu permukaan, menjadi sumber makanan dalam rantai ekosistem, menyimpan karbon, dan memproduksi oksigen.

Karbon adalah total berat atau volume organisme yang terdapat dalam suatu area atau volume tertentu (Sutaryo, 2009 dalam Cahyo dkk., 2022). Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), konsentrasi karbon rata-rata berkisar sekitar 46% dari total biomassa. Biomassa itu sendiri didefinisikan sebagai jumlah total massa kering dari spesies hewan atau tumbuhan yang ada dalam suatu rantai makanan atau jaring makanan. Oleh karena itu, perhitungan biomassa sangat penting sebelum menghitung cadangan karbon (C). Terdapat empat metode utama untuk menghitung biomassa: (i) pengambilan sampel dengan cara pemanenan langsung di lapangan (*destruktif*); (ii) pengambilan sampel tanpa pemanenan (*non-destruktif*) menggunakan data inventarisasi hutan secara *in situ*; (iii) estimasi melalui penginderaan jauh; dan (iv) penerapan model. Persamaan alometrik digunakan untuk menerapkan hasil data sampel ke area yang lebih luas. Namun, penggunaan persamaan alometrik standar sering kali mengakibatkan ketidakakuratan dalam estimasi biomassa vegetasi, karena koefisien dalam persamaan tersebut dapat bervariasi tergantung pada lokasi dan spesies yang dianalisis (Heiskanen, 2006; *Australian Greenhouse Office*, 1999 dalam Sutaryo, 2009).

2. Pembahasan

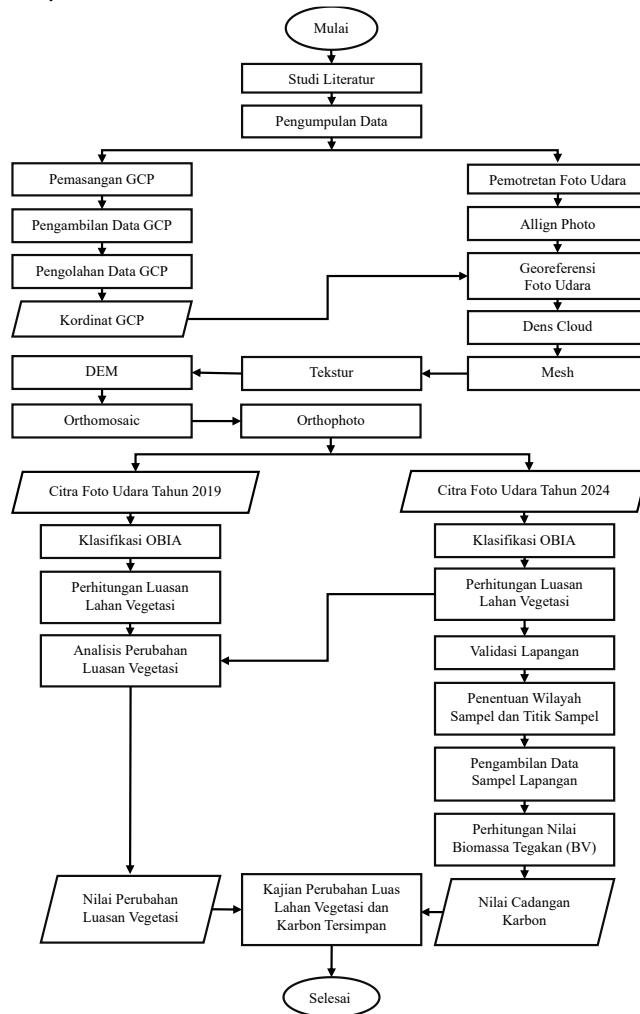
Penelitian ini berlokasi di Fakultas Teknik Universitas Lampung, Kota Bandar Lampung yang merupakan salah satu kampus hijau di Provinsi Lampung dan secara geografis terletak antara 5° 21' 43.42" LS dan 105° 14' 30.49" BT. Waktu penelitian dimulai pada bulan Mei 2024 hingga Agustus 2024.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi foto udara (*orthophoto*) dari tahun 2019 dan 2024, serta

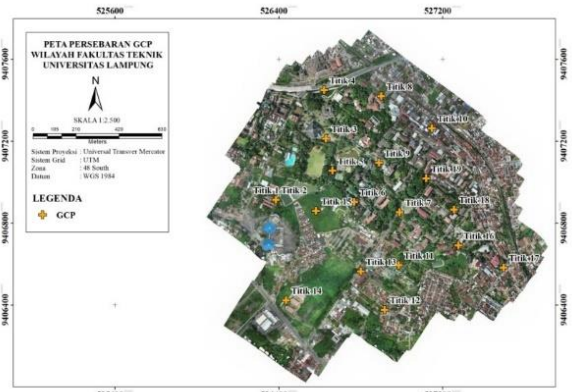
koordinat GCP dan ICP dari foto udara, dan data sampel lapangan seperti tinggi dan diameter pohon. Peralatan yang diperlukan untuk penelitian ini antara lain: *Drone* dengan merek, *GPS Geodetik Premark*, *DJI Phantom 4*, Laptop, perangkat Android, perangkat lunak *DJI Go*, perangkat lunak *PIX 4D Mapper*, *Agisoft Metashape Professional*, *Trimble eCognition*, serta *Microsoft Office*



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Perencanaan jalur penerbangan dilakukan sebelum memulai survei pemotretan udara dengan menggunakan perangkat lunak khusus. Proses ini meliputi penentuan *Area of Interest* (AOI), pembuatan blok kerja, serta penyesuaian jalur terbang sesuai dengan bentuk AOI dan kondisi topografi yang ada.

Perencanaan Titik Kontrol Tanah: Titik kontrol tanah terdiri dari *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP). Distribusi titik kontrol tanah secara merata yang dapat mengakomodir area universitas lampung. Berikut distribusi titik kontrol tanah pada gambar 4.



Gambar 3. Sebaran Titik Kontrol Tanah

Pengukuran Titik Kontrol GCP dan ICP Survei Pendahuluan. Dilaksanakan untuk mengevaluasi keadaan lokasi di sekitar titik kontrol yang telah direncanakan di lapangan. Pemasangan Titik dan Premark: Titik kontrol dipasang di lapangan dalam bentuk premark.



Gambar 4. Pemasangan Titik Kontrol dan Pemasangan Premark Titik Kontrol

Pengukuran Titik Kontrol Tanah. Menggunakan receiver GNSS tipe geodetik untuk mengukur titik kontrol tanah.

Pengolahan Data GNSS pada Titik Kontrol Tanah untuk menentukan koordinat asli di lapangan.

Tahap Akuisisi Foto Udara. Pengukuran Titik Kontrol mencakup penomoran, distribusi titik kontrol, penandaan awal, dan pengukuran menggunakan GNSS. Data yang dikumpulkan akan digunakan dalam proses koreksi geometrik.

Akuisisi Data. Data foto udara diambil dengan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) tipe *DJI Phantom V3*.

Pengolahan Data. Proses ini mencakup pengolahan data foto udara menjadi data orthophoto yang dimana pengolahan ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Agisoft Photoscan*, dimulai dari *alignment photo*, *build dense cloud*, *build mesh*, hingga pembuatan orthomosaic. Selain itu, data hasil pengukuran GNSS dengan *GPS Geodetik* diolah untuk dijadikan titik *Ground Control Point* (GCP) dalam koreksi geometrik dan titik *Independent Control Point* (ICP) untuk uji akurasi geometrik foto udara.

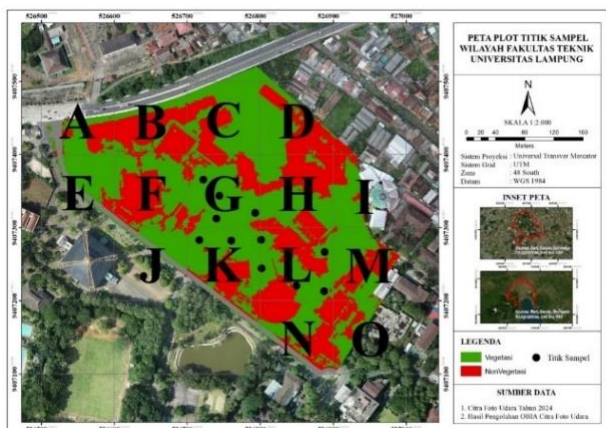
Hasil Orthomosaic. Output akhir dari proses pengolahan data foto udara yang menunjukkan hasil yang baik.

Klasifikasi OBIA Data *orthomosaic* akan diklasifikasikan menjadi dua kategori: lahan vegetasi dan non-vegetasi, untuk citra tahun 2019 dan 2024. Citra yang telah diinput kemudian disegmentasi menggunakan algoritma segmentasi multiresolution, dengan parameter *shape*, *compactness*, dan *scale* yang telah ditentukan. Hasil segmentasi berupa poligon yang menggambarkan setiap objek pada citra tersebut. Poligon-poligon ini akan digunakan sebagai sampel untuk masing-masing kelas dalam klasifikasi foto udara.

Perhitungan cadangan karbon tersimpan sebelum menghitung cadangan karbon di area Fakultas Teknik, hal awal yang dilakukan penentuan plot titik sampel untuk pengambilan data pohon. Fokus penentuan sampel adalah pada area vegetasi utama tahun 2024, yang memiliki luas total 6,6652 hektar. Sampel plot yang diambil adalah 10% dari luas wilayah vegetasi, dengan ukuran petak sampling masing-masing 25m x 25m atau 0,06 Ha. Maka jumlah plot sampel yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah plot sampel} &= 6.6652 \times 10\% \quad \dots (1) \\ &= 0,66652 \text{ ha} \\ &= \frac{0,66652}{0,06} \\ &= 12 \text{ plot sampling} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah plot sampel dan penentuan secara acak wilayah sampel maka persebaran plot sampel dapat dilihat pada peta sebagai berikut pada gambar 5.



Gambar 5. Penentuan Titik Sampel

Data titik sampel yang telah ditentukan kemudian digunakan di lapangan dengan menggunakan koordinat titik sampel sebagai referensi lokasi. Pengukuran diameter pohon dilakukan dengan pita ukur, pada ketinggian sekitar 1,3 meter dari tanah, dengan diameter minimum 20 cm. Sampel plot terdiri dari 12 titik, masing-masing mencakup 2 pohon. Penentuan sampel plot ini berfokus pada vegetasi yang diolah menggunakan metode OBIA di area fakultas teknik. Setiap titik sampel

diletakkan dengan jarak 25 meter antara satu dengan yang lainnya. "Perhitungan cadangan karbon dilakukan menggunakan tinggi pohon dan diameter pohon. Pendekatan model perhitungan biomassa yang digunakan adalah model alometrik volume pohon. Dugaan volume pohon dapat diperoleh Jika data pengukuran ketinggian pohon tersedia, estimasi volume pohon dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan melalui rumus geometrik sebagai berikut:

$$V = 0,25 \pi \times (DBH/100)^2 \times H \times F \quad \dots (2)$$

Sumber : Mardiyatmoko and Suhardiman (2018)
Dimana :

- V adalah volume pohon (m³),
- π adalah 3,14,
- Dbh merupakan diameter pohon setinggi dada (cm),
- H adalah tinggi pohon bebas cabang (m)
- F adalah angka bentuk.

Nilai angka bentuk umumnya 0,6 (Haruni dalam Mardiyatmoko dan Suhardiman, 2018). Rumus dalam pengukuran besaran sampel :

$$BV = \frac{\sum(\text{Volume Pohon} \times \text{Berat Jenis (WD)})}{\text{Luas areal penelitian}} \quad \dots (3)$$

Sumber: Haruni dalam Mardiyatmoko and Suhardiman (2018)

Dimana :

- BV adalah Biomassa yang diperoleh hasil dari volume hasil inventarisasi (ton/ha).

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung biomassa tegakan:

$$\text{Biomassa Tegakan} = BV \times \text{BEF Tegakan} \quad \dots (4)$$

(Sumber: Krisna dalam Mardiyatmoko dan Suhardiman, 2018)

Berdasarkan Pedoman Penggunaan Model Alometrik untuk Estimasi Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia, rumus yang digunakan untuk menghitung stok karbon adalah sebagai berikut.

$$\text{Stok Karbon} = \text{Fraksi Karbon} \times \text{Biomassa} \quad \dots (5)$$

(Sumber: Mardiyatmoko dan Suhardiman, 2018)

Untuk estimasi stok karbon dari biomassa, diperlukan nilai faktor konversi. Proses mengubah biomassa menjadi stok karbon dapat dilakukan dengan merujuk pada nilai standar yang ditetapkan oleh IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), yaitu 0,47. Ini menunjukkan bahwa setiap satuan biomassa yang dianalisis memiliki 47% dari totalnya sebagai kandungan karbon. Dengan demikian, rumus stok karbon adalah sebagai berikut

$$\text{Stok Karbon} = 0,47 \times \text{Biomassa} \quad \dots (6)$$

Sumber: Mardiyatmoko and Suhardiman (2018).

Penentuan nilai stok karbon dilakukan berdasarkan jenis vegetasi. Oleh karena itu, perhitungan cadangan karbon dilakukan berdasarkan luas masing-masing kelas vegetasi. Dengan demikian, nilai stok karbon untuk setiap kelas dapat diketahui sesuai dengan klasifikasi OBIA."Berikut ini merupakan contoh pengambilan data sampel diameter pohon pada gambar 6



Gambar 6. Pengukuran Diameter dan Tinggi Pohon

Didapatkan Diameter, keliling, nama pohon, dan tinggi pohon hasil dari pengukuran lapangan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Diameter dan Tinggi Pohon di Lapangan

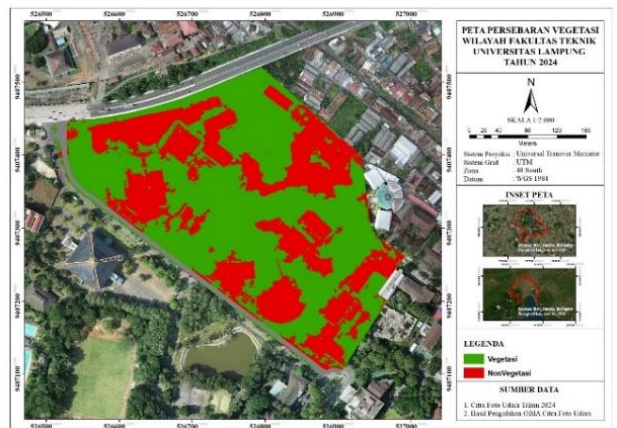
Nomor Plot	Nama Latin	Keliling Pohon (m)	Diameter Pohon (cm)	Tinggi Pohon (cm)
1	Acaciamangium	1.71	85.5822	553
2	Acaciamangium	1.34	67.136	334
3	Acaciamangium	1.05	52.555	308
4	Albatia chinensis	1.844	92.263	209
5	Albatia chinensis	1.3	65.102	153.2
6	Albatia chinensis	1.53	76.523	123
7	Albatia chinensis	0.89	44.507	205
8	ptericartus indious	2.52	126.017	195
9	ptericartus indious	2.42	121.068	130
10	Aliantef altissima	1.504	75.229	750.2
11	artocarpus heterophyllus lank	0.61	30.591	304
12	citrus retialata	1.221	61.057	821
13	citrus retialata	1.262	63.145	806
14	artocarpus heterophyllus lank	0.992	49.6331	352.2
15	gmelina arborea	1.32	66.127	610.7
16	gmelina arborea	1.16	58.107	272.2
17	gmelina arborea	0.77	38.551	352.2
18	Canarium liticum	0.35	17.515	155

1. Peta Persebaran Lahan Vegetasi Tahun 2019



Gambar 7. Peta Persebaran Vegetasi Tahun 2019

2. Peta Persebaran Lahan Vegetasi Tahun 2023



Gambar 8. Peta Persebaran Vegetasi 2024

Peta persebaran vegetasi diperoleh melalui metode OBIA, yang melibatkan pembuatan training sample untuk setiap kelas vegetasi dan non-vegetasi. Proses ini menggunakan kunci interpretasi citra seperti rona, bentuk, dan kriteria lainnya untuk mengidentifikasi dan membedakan objek pada foto udara antara vegetasi dan non-vegetasi.

Setelah pengolahan klasifikasi OBIA selesai, didapatkan data luas lahan untuk tahun 2019 sebagai berikut: luas non-vegetasi adalah 3,3388 hektar, luas vegetasi adalah 6,9886 hektar, dan luas jalan adalah 0,5671 hektar, dengan jalan termasuk dalam kategori non-vegetasi. Untuk tahun 2024, luas jalan sekitar 0,3616 hektar, luas non-vegetasi adalah 3,6881 hektar, luas vegetasi adalah 6,6652 hektar, dan luas embung sekitar 0,5036 hektar. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terdapat pengurangan lahan vegetasi sebesar 0,3234 hektar dari tahun 2019 ke tahun 2024, yang mengindikasikan adanya penurunan area vegetasi akibat pembangunan infrastruktur di Fakultas Teknik.

Perhitungan Karbon Tersimpan Dalam menghitung cadangan karbon yang tersimpan di lapangan, Peta Persebaran Lahan Vegetasi Tahun 2024 digunakan

sebagai referensi. Penelitian ini berfokus pada kelas vegetasi untuk pengambilan titik sampel, yang dibagi menjadi 12 titik sampel plot, masing-masing terdiri dari 2 jenis pohon. Data yang digunakan meliputi diameter pohon dan tinggi pohon; dari data ini, volume pohon pada setiap sampel plot dapat dihitung. Setelah menghitung volume pohon, biomassa masing-masing sampel plot dihitung, kemudian dikalikan dengan nilai BEF untuk menentukan biomassa tegakan. Akhirnya, stok karbon dapat diketahui berdasarkan perhitungan ini. Penentuan nilai stok karbon dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai tipe variasi vegetasi. Adapun hasil stok karbon berdasarkan sampel

Tabel 2. Hasil stok karbon berdasarkan sampel plot

Sample Plot	BV	Biomassa	Stok Carbon
1	30.1949508	50.42556789	23.70001691
2	10.0081305	16.71357801	7.855381666
3	4.14512573	6.922359973	3.253509188
4	12.1703832	20.32453998	9.552533792
5	17.2333781	28.77974142	13.52647847
6	14.1787415	23.67849822	11.12889416
7	17.2912959	28.8764641	13.57193813
8	15.1635163	25.32307228	11.90184397
9	2.47159318	4.127560603	1.939953483
10	60.454206	100.9585241	47.45050631
11	22.0723792	36.86087327	17.32461044
12	45.7688971	76.43405817	35.92400734
		Total	197.129674 Ton-C/ha

Berdasarkan tabel 2. Terdapat 12 sampel plot dimana masing-masing sampel plot terdiri dari 2 pohon yang dihitung jumlah karbonnya berdasarkan data BV yang diperoleh sehingga dapat diketahui biomassa tegakan yang terdapat pada lahan vegetasi di area fakultas teknik. Hasil stok karbon total berdasarkan sampel plot sebesar 197.129674 Ton-C/ha.

3. Kesimpulan

Kajian spasial perubahan lahan vegetasi dilakukan melalui pengolahan klasifikasi OBIA, dengan menggunakan kunci interpretasi citra seperti rona, bentuk, ukuran, dan pola untuk membuat training sample. Klasifikasi OBIA untuk tahun 2019 dan 2024 menghasilkan dua kelas: vegetasi dan non-vegetasi. Fokus perhitungan perubahan spasial lahan vegetasi adalah pada kelas vegetasi untuk tahun 2019 dan 2024."

Penelitian ini berfokus pada kelas vegetasi, Tahun 2019 luas vegetasi diperoleh sebesar 6.9886 Ha. Sedangkan, luas vegetasi pada tahun 2024 luas vegetasi sebesar 6.6652 Ha. Dari hasil perhitungan luasan lahan vegetasi terdapat perubahan luas lahan vegetasi dari Tahun 2019 ke Tahun 2024 sebesar 0.3234 Ha artinya terdapat pengurangan lahan vegetasi karena adanya pembangunan infrastruktur di area Fakultas Teknik. Serta

untuk perhitungan cadangan karbon tersimpan sebesar 197.129674 Ton-C/ha dari total jumlah titik sampel plot yang diukur di lapangan.

Daftar Pustaka

- Alimudi, S., S. B. Susilo, dan J. P. Panjaitan. 2018. Deteksi Perubahan Luasan Mangrove Menggunakan Citra Landsat Berdasarkan Metode Obia Di Teluk Valentine Pulau Buano. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*. 8(2):139–146.
- Cahyo, A. T., A. Darmawan, D. Iswandaru, A. Setiawan, J. Kehutanan, F. Pertanian, U. Lampung, J. Sumantri, G. Meneng, dan B. Lampung. 2022. Pendugaan Karbon Stok Di Atas Permukaan Tanah Pada Hutan Mangrove Di Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Hutan Tropis*. 10(3):268–276.
- Farahdita, W. L., N. Soenardjo, dan C. A. Suryono. 2021. Teknologi Drone Untuk Estimasi Stok Karbon Di Area Mangrove Pulau Kemujan, Karimunjawa. *Journal of Marine Research*. 10(2):281–290.
- Gularso, H., H. Rianasari, dan F. E. S. Silalahi. 2015. Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahana Udara Nir-Awak Dalam Pemetaan Skala Besar (Small Format Aerial Photography Application Using UAV For Large Scale Mapping). *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 21(1):37–44.
- Hairiah K dan Rahayu S. 2007. Petunjuk praktis Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia. ISBN 979-3198-35-4. 77p.
- IPCC (Climate Change). 2007. The Physical Science Basic, Contribution of Working Group I to The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Accessed on August 2 2024 from <http://www.ipp.ch/report/ar4/wg1>
- Margaretha, E. W., P. Danoedoro, dan S. H. Murti. 2013. Estimasi Cadangan Karbon Vegetasi Tegakan Di Kota Yogyakarta Dan Sekitarnya Berbasis Alos Avnir-2. *Prosiding Simposium Nasional Sains Geoinformasi*. (June 2016):431–440.
- Mardiyatmoko, Y. dan Suhardiman, A. 2018. ‘Cadangan Karbon Di Wilayah Perkotaan Tenggara Berdasarkan Metode Klasifikasi Ndzi Pada Citra Sentinel 2-a’, *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 1(2), pp. 174–181. Available at: <https://doi.org/10.32522/ujht.v1i2.899>
- Maryantika, N., L. M. Jaelani, dan A. Setiyoko. 2011. Analisa Perubahan Vegetasi Ditinjau Dari Tingkat Ketinggian Dan Kemiringan Lahan Menggunakan Citra Satelit LANDSAT Dan SPOT 4 (Studi Kasus Kabupaten Pasuruan) Norida. *Geoid Journal Pf Geodesy and Geomatics ITS*. 7(01):94–100.
- Onishi, M. dan T. Ise. 2021. Explainable Identification And Mapping Of Trees Using UAV RGB Image And Deep Learning. *Scientific Reports*. 11(1):1–15.
- Putra, A. S. dan A. Fauzy. 2017. Pemanfaatan Data Foto Udara Untuk Perencanaan Dan Pemetaan Kawasan

- Kampus (Studi Kasus: Akuisisi Data Foto Udara Di Universitas Islam Indonesia, DIY). *Prosiding Seminar Nasional Seri 7 "Menuju Masyarakat Madani Dan Lestari*. 31–39.
- Sitompul, J. R., C. D. Ruswanti, H. Sukandar, A. S. Ganesa, dan H. Siagian. 2019. Klasifikasi Vegetasi Dan Tutupan Lahan Pada Citra UAV Menggunakan Metode Object-Based Image Analysis Di Segara Anakan , Kabupaten Cilacap. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6*. 504–511.
- Sutaryo, D. (2009) ‘Penghitungan Biomassa: Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon’, pp. 1–38.
- Timisela, W. A., G. Mardiatmoko, dan F. Puturuhi. 2020. Analisa Jenis Mangrove Menggunakan Citra Uav Dengan Klasifikasi Obia. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 4(2):132–149.
- Wibowo, T. S. dan Suharyadi. 2009. Object-Based Image Analysis. *International Safeguards and Satellite Imagery: Key Features of the Nuclear Fuel Cycle and Computer-Based Analysis*. 107–111.
- Wolf, P. R. 1993. *Elements of Photogrametry*. Universitas Gajah Mada. 2. *Fakultas Geografi UGM*.
- Xiaoxia, S., Z. Jixian, dan L. Zhengjun. 2004. *A Comparison of Object-Oriented and Pixel-Based Classification Approachs Using Quickbird Imagery*. Beijing, Chine: Chinese Academy of Surveying and Mapping.
- Windari, E. H. 2017. *Klasifikasi Habitat Bentik Menggunakan Pendekatan Citra Berbasis Objek*. (Doctoral dissertation, Bogor Agricultural University (IPB)).