

**ESTIMASI STOK KARBON MANGROVE
DI KAWASAN PERIZINAN BERUSAHA PEMANFAATAN HUTAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

**Estimation of Mangrove Carbon Stocks in Forest Utilization Business Licensing Areas
Lambung Mangkurat University**

Erwin Rif'at Nazari^{1*)}, Syarifuddin Kadir²⁾, Abdul Hadi³⁾, Badaruddin Hamdie²⁾

*¹⁾ Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan,
Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia*

*²⁾ Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat,
Banjarbaru, Indonesia*

*³⁾ Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat,
Banjarbaru, Indonesia*

^{*)}e-mail: erwinrifatn@gmail.com

Abstract

Mangrove ecosystems in the PBPH area of Lambung Mangkurat University, Kotabaru Regency, store substantial blue carbon that is important for climate-mitigation strategies and local sustainable management. This study estimated vegetation carbon stocks and described soil organic carbon characteristics in Block II (Tanjung Tengah and Tanjung Sungkai) using purposive plots guided by Sentinel-2 NDVI classification into sparse, moderate, and dense canopy classes. Nine 10 × 10 m plots were established, tree DBH and height were measured for allometric biomass estimation, and soil samples were collected at 0–30 cm and 30–60 cm to determine %C-organic and *bulk density*. The study area covered approximately 79.18 ha with a total vegetation carbon stock of about 2203.77 t C, while mean vegetation carbon density reached around 162.08 t C/ha; dense stands dominated total carbon contribution due to their large areal extent. Soil measurements showed relatively high organic carbon across plots, with %C-organic ranging from 7.34 to 17.45 and *bulk density* ranging from 0.51 to 1.11 g/cm³. These findings strengthen site-level blue-carbon data and indicate that maintaining the integrity of dense mangrove areas and improving degraded stands can jointly secure vegetation and soil carbon benefits in the PBPH ULM landscape.

Keywords: Blue Carbon; Mangrove; NDVI; Soil Organic Carbon; PBPH ULM

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki ekosistem mangrove terluas di dunia, dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi. Luas ekosistem mangrove di Indonesia mencapai sekitar 3,49 juta hektar atau sekitar 23% dari total luas mangrove global (KLHS RPJMN, 2020–2024). Keunikan ekosistem mangrove Indonesia terlihat dari tingginya

tingkat keragaman jenis flora dan fauna, dengan sebaran utama di wilayah pesisir Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Namun demikian, dalam beberapa dekade terakhir, luas ekosistem mangrove terus mengalami penurunan yang signifikan. Sekitar 30-50% dari kehilangan tutupan mangrove disebabkan oleh aktivitas manusia, sementara sisanya terjadi akibat faktor alam dan dampak tidak langsung dari perubahan iklim (Mulyoto, 2021).

Penurunan luas ekosistem mangrove di Indonesia menjadi perhatian utama karena peran strategisnya dalam mitigasi perubahan iklim global. Komitmen Indonesia dalam menurunkan emisi gas rumah kaca diawali dengan ratifikasi UNFCCC melalui Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994 dan Protokol Kyoto melalui Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2004. Komitmen ini diperkuat dengan terbitnya Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) serta Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Berbagai kebijakan tersebut mendorong optimalisasi fungsi ekosistem mangrove sebagai penyerap karbon sekaligus pengendali dampak perubahan iklim.

Seiring dengan perkembangan kebijakan iklim global, Pemerintah Indonesia kemudian menetapkan Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon (NEK) sebagai dasar hukum pelaksanaan aksi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Peraturan Presiden, 2021). Regulasi ini menargetkan penurunan emisi sebesar 29% dengan upaya nasional dan 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030, dengan menempatkan sektor kehutanan, gambut, dan mangrove (blue carbon) sebagai pilar utama melalui kerangka *Indonesia Forestry and Other Land Use (FOLU) Net Sink 2030*.

Sebagai tindak lanjut, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menerbitkan Permen LHK Nomor 21 Tahun 2022 tentang Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon. Peraturan ini mengatur secara teknis penerapan NEK, termasuk mekanisme perdagangan karbon, pembayaran berbasis kinerja, pungutan karbon, serta peran masyarakat, pelaku usaha, dan pemerintah daerah dalam mendukung pencapaian target Nationally Determined Contribution (NDC) (Septyanun *et al.*, 2023).

Kehadiran regulasi tersebut menegaskan bahwa ekosistem mangrove tidak hanya bernilai ekologis, tetapi juga memiliki nilai ekonomis yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan melalui skema perdagangan karbon. Nilai ekologis mangrove tercermin dari berbagai fungsi pentingnya, seperti penyerapan karbon, perlindungan garis pantai dari abrasi, penahan intrusi air laut, serta penyediaan habitat bagi flora dan fauna pesisir (Abdur Rauf, 2023). Sementara itu, nilai ekonomisnya tampak dari manfaat nyata sebagai sumber kayu, hasil hutan bukan kayu (HHBK), jasa lingkungan, hingga potensi ekowisata berbasis mangrove. Dengan demikian, pengelolaan mangrove dapat berperan ganda yaitu menjaga keseimbangan ekosistem sekaligus menjadi instrumen ekonomi yang mendukung kesejahteraan masyarakat pesisir.

Provinsi Kalimantan Selatan memiliki potensi ekosistem mangrove yang cukup luas, mencapai ± 84.532 hektar (Peta Mangrove Nasional, 2021). Kawasan mangrove ini tersebar baik di dalam kawasan hutan maupun di Area Penggunaan Lain (APL). Di dalam kawasan hutan, sekitar ± 3.203 hektar berada di Hutan Produksi dan ± 45.786 hektar berada di kawasan Hutan Konservasi, sementara di luar kawasan hutan luasnya mencapai ± 35.543 hektar. Ekosistem mangrove di Kalimantan Selatan didominasi oleh garis pantai dengan tipologi berlumpur pasir dan ketebalan vegetasi rata-rata sekitar 111,47 meter. Secara administratif, Kabupaten Kotabaru memiliki luas mangrove terbesar di Kalimantan Selatan, yaitu sekitar $\pm 65.364,40$ hektar atau 77,24% dari total luasan mangrove di provinsi ini. Di Pulau Laut, luas mangrove mencapai $\pm 13.259,41$ hektar atau sekitar 20,29% dari total mangrove di Kotabaru.

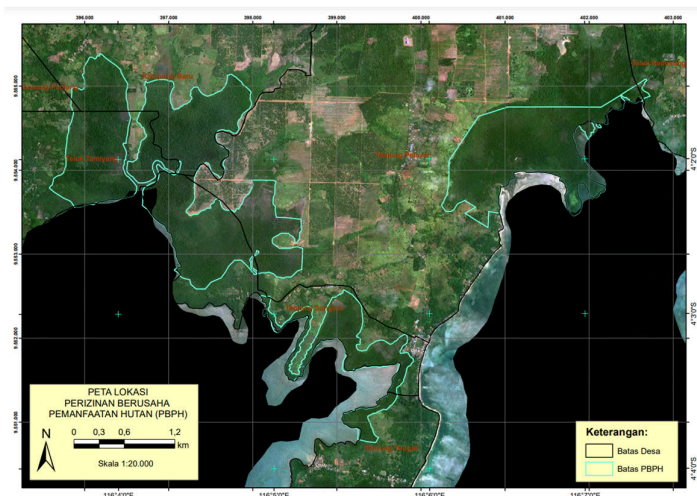
Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon vegetasi dan karbon tanah pada ekosistem mangrove di kawasan PBPH ULM, Kabupaten Kotabaru. Estimasi dilakukan sebagai landasan penguatan data karbon biru tingkat

tapak yang dibutuhkan untuk mendukung pengelolaan mangrove berkelanjutan dan kontribusi sektor mangrove terhadap target penurunan emisi nasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Blok II PBPH ULM, tepatnya di Desa Tanjung Tengah

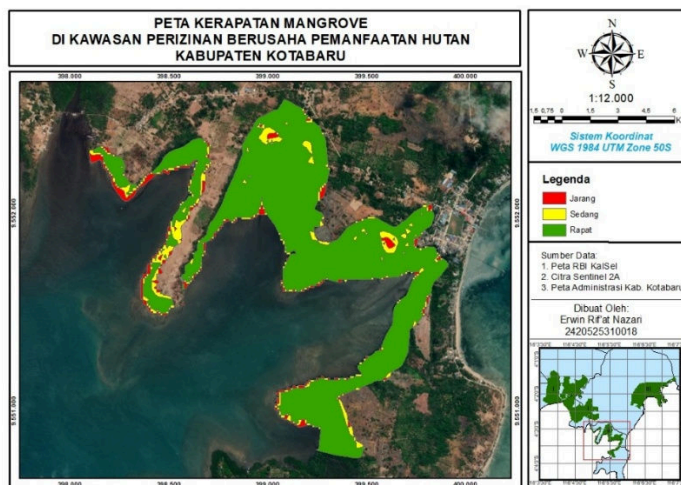
dan Desa Tanjung Sungkai, Kabupaten Kotabaru. Kegiatan lapangan berlangsung selama beberapa bulan yang dimulai pada bulan September hingga selesai, dengan acuan peta lokasi pada Gambar 1. untuk memperjelas batas dan sebaran area penelitian.



Gambar 1. Peta Blok II PBPH ULM Kabupaten Kotabaru

Tahapan pertama adalah penentuan titik sampel penelitian. Titik sampel ditentukan melalui analisis nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang diolah dari citra satelit Sentinel-2 menggunakan platform Google Earth Engine. Nilai NDVI kemudian

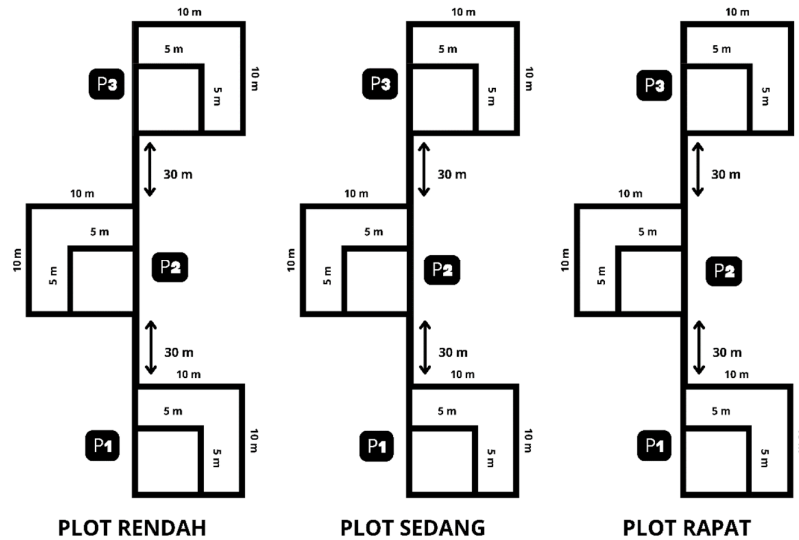
diklasifikasikan ke dalam tiga kelas kerapatan vegetasi, yaitu jarang, sedang, dan rapat (Hardiana, 2024). Dari masing-masing kelas dipilih tiga (3) titik perwakilan, sehingga diperoleh total sembilan (9) plot pengamatan. Peta titik lokasi penelitian bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Lokasi Penelitian

Plot penelitian ditetapkan dengan metode purposive sampling yaitu penentuan plot berdasarkan kriteria tutupan kanopi rapat, sedang, dan jarang yang di analisis menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk

memastikan keterwakilan kondisi vegetasi (Azzahra *et al.*, 2023). Ukuran Plot yang digunakan ialah ukuran standar 10 × 10 meter. Susunan plot divisualisasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Ilustrasi Plot Pengamatan

Selanjutnya dilakukan pembuatan plot pengamatan di lapangan. Lokasi plot ditandai menggunakan GPS dan diberi patok serta tali rafia agar mudah diidentifikasi. Setelah plot terbentuk, dilakukan pengukuran vegetasi berupa diameter batang setinggi dada (DBH) dan tinggi total pohon menggunakan pita ukur dan hagameter (Siwi *et al.*, 2022). Pengukuran DBH dilakukan pada ketinggian 1,3 meter dari permukaan tanah sesuai standar SNI 7724:2019, dengan penyesuaian untuk kondisi pohon yang bercabang, berbanir, atau miring. Identifikasi jenis vegetasi dan pencatatan data dilakukan pada *tallysheet* untuk memudahkan perhitungan biomassa.

Kandungan karbon biomassa pohon dihitung menggunakan pendekatan allometrik berdasarkan diameter batang dan tinggi pohon. Estimasi dilakukan tanpa merusak pohon. Perhitungan biomassa menggunakan persamaan mangrove dari (Kamruzzaman *et al.*, 2017), sebagai berikut :

$$AGB = p * 0,251 * D^{2.46}$$

$$BGB = 0,199 * p * 0,899 * D^{2.22}$$

Keterangan

- AGB : Biomassa di atas permukaan tanah (Ton)
- BGB : Biomassa di bawah permukaan tanah (Ton)
- D : Diameter batang pohon yang diukur setinggi dada $\pm 1,3$ meter.
- p : Berat jenis pohon/kayu

Persamaan yang digunakan untuk menghitung biomassa total suatu pohon mengacu pada rumus yang dikemukakan oleh Rahim (2018).

$$Biomassa\ Total = AGB + BGB$$

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2006), konsentrasi karbon yang terkandung dalam bahan organik yaitu sebesar 47%, maka

untuk mengetahui estimasi jumlah karbon tersimpan yaitu dengan mengalikan 0,47 dengan nilai biomassa seperti :

$$C \text{ (Ton/Ha)} = B \times 0,47$$

Keterangan

C : Jumlah Stok Karbon
B : Biomassa

Selain parameter vegetasi, penelitian ini juga mengambil sampel tanah mangrove untuk menganalisis kandungan karbon organik tanah. Pengambilan dilakukan pada titik tengah setiap plot menggunakan bor gambut, dengan interval kedalaman 0–30 cm dan 30–60 cm. Dari masing-masing interval diambil sub-sampel komposit sekitar 5 cm, misalnya pada kedalaman 25–30 cm untuk lapisan 0–30 cm. Sub-sampel tanah tersebut dimasukkan ke dalam ring soil sampler, kemudian ditutup aluminium foil untuk menjaga kelembapan, dan diberi label sesuai interval kedalaman (Ningrum *et al.*, 2024).

Setiap ring soil sampler ditimbang menggunakan timbangan analitik di lapangan untuk mengetahui berat basah awal. Dari data ini, volume tanah diketahui sehingga BD (*bulk density*) dapat dihitung dengan rumus dikuti dari (Ningrum *et al.*, 2024) sebagai berikut.

$$BD = \frac{\text{Berat Tanah Kering Oven (gr)}}{\text{Volume Tanah (cm}^3\text{)}}$$

Setelah nilai *bulk density* diperoleh, selanjutnya dapat dihitung kandungan karbon yang tersimpan di tanah mangrove. Perhitungan kandungan karbon tanah

menggunakan rumus dari SNI 7724 (2011) dalam (Ningrum *et al.*, 2024) sebagai berikut:

$$C_t = K_d * p * \%C \text{ Organik}$$

$$C_{tanah} = C_t * 100$$

Keterangan

C_t : Kandungan karbon tanah (g/cm²)
 K_d : Kedalaman contoh tanah (cm)
 p : *Bulk density* (g/cm³)
 $\%C$: Persentase kandungan karbon organik
 C_{tanah} : Kandungan karbon tanah per hektar (Ton/Ha)
100 : Faktor konversi g/cm³ ke Ton/Ha

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghitungan biomassa vegetasi didasarkan pada DBH per pohon dan kerapatan tegakan per plot, lalu diekspansi per hektare. Biomassa bawah permukaan (BGB) diturunkan dari AGB melalui rasio akar-pucuk konservatif. Secara total, luas Blok II PBPH ULM sekitar ±79,18 ha dengan total stok karbon vegetasi terakumulasi ±2203,77 ton C (*area-weighted*). Total karbon vegetasi di kawasan contoh adalah ±162,08 ton C/ha dengan biomassa total ±344,85 ton/ha. Distribusi kontribusi antar kelas kerapatan menunjukkan bahwa kelas Rapat menyumbang ±86,6% karbon total (luas terbesar), Sedang ±8,66%, dan Jarang ±4,74%.

Tabel 1. Rekapitulasi Estimasi Karbon pada Vegetasi mangrove

Kelas Kerapatan	Luas (ha)	Biomassa Total (ton/plot)	Biomassa Total (ton/ha)	Karbon ton/plot	Karbon ton/ha	Karbon/Area
Jarang	3,75	1,57	156,68	0,74	73,64	276,15
Sedang	6,86	1,43	142,62	0,67	67,03	459,84
Rapat	68,57	0,46	45,54	0,21	21,41	1467,77
Total	79,18	3,45	344,85	1,62	162,08	2203,77

Sumber: Data Primer, 2025

Hasil pada Tabel 1 menegaskan tiga hal. Pertama, kepadatan karbon per hektare tertinggi terdapat pada kelas Jarang ($\pm 73,64$ t C/ha), diikuti Sedang ($\pm 67,03$ t C/ha), sedangkan Rapat terendah ($\pm 21,41$ t C/ha). Pola ini lazim ketika tegakan Jarang–Sedang didominasi pohon berdiameter menengah–besar dengan biomassa per batang tinggi, sementara pada Rapat proporsi tiang/anakan relatif besar sehingga biomassa per hektare lebih rendah. Kedua, kontributor terbesar terhadap stok karbon kawasan adalah kelas Rapat, bukan karena nilai per hektarenya tinggi, melainkan karena luas arealnya sangat dominan (68,57 ha). Akumulasi ini terlihat pada kolom Karbon/Area, yaitu $\pm 1.467,77$ t C untuk Rapat, dibanding $\pm 459,84$ t C (Sedang) dan $\pm 276,15$ t C (Jarang). Artinya, pengendali utama stok karbon total kawasan adalah luas tegakan Rapat, sementara “hotspot” per satuan luas berada pada Jarang–Sedang. Ketiga, perbedaan antar kelas merefleksikan kombinasi ukuran diameter, kerapatan batang, dan kualitas situs. Kerapatan Sedang, keseimbangan antara jumlah batang dan volume kayu per batang menghasilkan biomassa per hektare yang tinggi. Kerapatan Rapat, banyaknya individu berdiameter kecil menekan nilai per hektare. Sebaliknya, Kerapatan Jarang, jumlah/ukuran batang yang menurun sering terkait bukaan tajuk, efek tepi, atau gangguan hidrologi dapat menahan

akumulasi biomassa jika tidak dikelola. Di tingkat komponen, akumulasi biomassa bawah permukaan (BGB) yang diturunkan dari AGB melalui rasio akar–pucuk konservatif menunjukkan bahwa sekitar sepertiga biomassa total tersimpan pada sistem perakaran. Temuan ini menegaskan pentingnya stabilitas hidrologi (sirkulasi pasang-surut dan suplai sedimen halus) dalam mempertahankan cadangan karbon pada jaringan akar dan tanah disekitarnya. Implikasinya, kelas Sedang perlu dijaga sebagai penyerap karbon tinggi agar tidak terdegradasi menjadi Jarang. Kelas Rapat yang areanya luas harus dipelihara dengan mengurangi pecah-pecah di tepi hutan dan menjaga koridor tajuk agar tegakan tetap tersambung, karena penyusutan area sedikit saja dapat menurunkan stok karbon total, sedangkan kelas Jarang perlu dipulihkan melalui penanaman pengayaan dan perbaikan hidrologi agar bisa naik menjadi Sedang. Langkah-langkah ini langsung membantu menaikkan stok karbon vegetasi sekaligus menjaga fungsi ekologi mangrove.

Uji tanah dilakukan pada 9 plot yang dikelompokkan berdasarkan kerapatan vegetasi: Jarang (P1–P3), Sedang (P4–P6), dan Rapat (P7–P9). Pada setiap plot diambil contoh tanah 5 cm di kedalaman 0–30 cm dan 5 cm di kedalaman 30–60 cm. rekapitulasi estimasi karbon tanah pada 3 kerapatan bisa dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Estimasi Karbon Tanah pada Ekosistem Mangrove

No.	Kode Sampel	Kedalaman	%C-organik	BD (g/cm ³)	C _t (g/cm ²)	C _{tanah} (Ton/Ha)
1	P1	0–30	15,62	0,60	2,812	281,16
2	P1	30–60	17,45	0,52	2,722	272,22
3	P2	0–30	11,38	0,67	2,287	228,74
4	P2	30–60	8,94	1,11	2,977	297,70
5	P3	0–30	8,16	0,56	1,371	137,09
6	P3	30–60	10,84	0,62	2,016	201,62
7	P4	0–30	10,24	0,68	2,089	208,90
8	P4	30–60	9,36	0,61	1,713	171,28
9	P5	0–30	12,54	0,54	2,032	203,15
10	P5	30–60	12,60	0,52	1,966	196,56
11	P6	0–30	11,60	0,60	2,088	208,80
12	P6	30–60	15,26	0,65	2,977	297,57

No.	Kode Sampel	Kedalaman	%C-organik	BD (g/cm ³)	C _t (g/cm ²)	C _{tanah} (Ton/Ha)
13	P7	0–30	11,15	0,51	1,706	170,57
14	P7	30–60	8,85	0,69	1,832	183,22
15	P8	0–30	11,46	0,60	2,063	206,28
16	P8	30–60	7,34	0,61	1,343	134,32
17	P9	0–30	8,65	0,80	2,076	207,60
18	P9	30–60	7,57	0,82	1,862	186,22

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 2 menunjukkan variasi %C-organik yang relatif tinggi pada seluruh plot dengan kisaran 7,34–17,45% pada dua kedalaman pengamatan. Nilai tertinggi muncul pada P1 kedalaman 30–60 cm (17,45%), diikuti P1 kedalaman 0–30 cm (15,62) dan P6 kedalaman 30–60 cm (15,26). Nilai terendah tercatat pada P8 kedalaman 30–60 cm (7,34) dan P9 kedalaman 30–60 cm (7,57). Pola ini menegaskan heterogenitas karakter tanah mangrove pada skala plot yang kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan input serasah, dinamika pasang surut, serta variasi deposisi sedimen lokal.

Integrasi %C-organik dengan *bulk density* melalui perhitungan C_t dan konversi C_{tanah} memperlihatkan gambaran stok yang lebih representatif dibanding pembacaan persentase semata. Nilai C_t berada pada kisaran 1,343–2,977 g/cm², sedangkan C_{tanah} per lapisan 30 cm berkisar 134,32–297,70 ton C/ha. Stok tertinggi per lapisan tercatat pada P2 kedalaman 30–60 cm (297,70 ton C/ha) dan P6 kedalaman 30–60 cm (297,57 ton C/ha), meskipun %C-organik keduanya tidak menjadi yang paling tinggi. Kondisi ini terjadi karena *bulk density* yang tinggi, terutama pada P2 kedalaman 30–60 cm (BD 1,11), mampu mendorong peningkatan stok karbon tanah sehingga melampaui plot dengan %C-organik lebih tinggi tetapi BD lebih rendah.

Kelas kerapatan Jarang dan Sedang tetap memperlihatkan kecenderungan %C-organik yang lebih tinggi pada beberapa titik, namun pola stok karbon tanah tidak selalu mengikuti pola kerapatan tajuk. Plot dengan %C-organik tinggi belum tentu

menghasilkan C_{tanah} tertinggi jika *bulk density* relatif kecil. Fenomena ini menegaskan bahwa akumulasi karbon tanah mangrove lebih banyak dikendalikan oleh proses deposisi, stabilitas kondisi anaerob, dan dinamika sedimen dibandingkan sekadar atribut kerapatan tajuk di atasnya. Evaluasi karbon tanah berbasis plot dan kedalaman menjadi penting agar baseline karbon biru tidak bias oleh pembacaan tunggal pada parameter persentase.

Akumulasi dua lapisan (0–60 cm) menunjukkan total C_{tanah} tertinggi pada P1 (553,38 ton C/ha), disusul P2 (526,44 ton C/ha) dan P6 (506,37 ton C/ha). Nilai terendah relatif terlihat pada P3 (338,71 ton C/ha) dan P8 (340,60 ton C/ha). Temuan ini memperkuat argumen pengelolaan bahwa perlindungan stabilitas hidrologi, pencegahan gangguan sedimen, dan pemeliharaan tegakan pada tiap kelas kerapatan berpotensi menjaga keberlanjutan stok karbon tanah. Data C_t dan C_{tanah} pada dua kedalaman ini dapat diposisikan sebagai pijakan awal untuk penyusunan baseline serta monitoring karbon tanah mangrove di Blok II PBPH ULM.

KESIMPULAN

Karbon vegetasi di Blok II PBPH ULM pada luas contoh sekitar ±79,18 ha menunjukkan total stok terakumulasi ±2203,77 ton C (area-weighted) dengan kepadatan sekitar ±162,08 ton C/ha dan biomassa total ±344,85 ton/ha. Kontribusi karbon total kawasan terutama dikendalikan oleh luas kelas Rapat yang dominan, sementara nilai karbon per hektare justru

lebih tinggi pada kelas Jarang dan Sedang, sehingga “hotspot” kepadatan karbon berada pada dua kelas tersebut walaupun akumulasi total terbesar tetap berasal dari Rapat.

Karbon tanah pada sembilan plot dengan dua interval kedalaman (0–30 cm dan 30–60 cm) memperlihatkan variasi %C-organik dan *bulk density* yang cukup nyata antar plot dan kedalaman. Nilai %C-organik pada Tabel 2 berkisar dari sekitar 7,34–17,45%, sedangkan *bulk density* berada pada kisaran 0,51–1,11 g/cm³, yang menegaskan heterogenitas karakter sedimen dan proses akumulasi bahan organik pada skala mikrohabitat. Variasi ini menguatkan perlunya strategi pengelolaan yang menjaga stabilitas hidrologi dan integritas tegakan agar cadangan karbon tanah dan vegetasi dapat dipertahankan secara simultan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzahra, P. R., Sumarga, E., & Sholihah, A. (2023). Analisis Kesehatan Mangrove di Taman Wisata Alam Angke Kapuk, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 20(1).
- Hardiana, A. (2024). Analisis Spasial Sebaran Dan Kerapatan Mangrove Dengan Interpretasi Citra Satelit Sentinel 2a Di Kecamatan Mamuju. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(2).
- Kamruzzaman, M., Ahmed, S., & Osawa, A. (2017). Biomass and net primary productivity of mangrove communities along the Oligohaline zone of Sundarbans, Bangladesh. *Forest Ecosystems*, 4(1).
- Mulyoto, M. (2021). Estimasi Kandungan Biomassa Dan Karbon Pada Komunitas Mangrove Di Kota Tarakan, Kalimantan Utara. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 11(1).
- Ningrum, T. D. P., Diana, R., & Rustam, R. (2024). Estimasi stok karbon tanah pada ekosistem mangrove di Muara Badak Ulu dan Salo Palai Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 8(1), 255.
- Septyanun, N., Julmansyah, J., Harun, R. R., Jaya, I., & Ariani, Z. (2023). Regulasi Dan Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon Berbasis Voluntary Dan Mandatory Di Nusa Tenggara Barat. *Geography: Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 11(2).
- Siwi, L. O., Basrudin, B., Kandari, A. M., Kahirun, K., Hidayat, H., & Irsan, M. (2022). Analisis Kemampuan Serapan CO₂ dan Simpanan Karbon Pada Hutan Mangrove Di Desa Parida Kecamatan Lasalepa Kabupaten Muna. *BioWallacea: Jurnal Penelitian Biologi (Journal of Biological Research)*, 9(2).