

Analisis Potensi Serapan Karbondioksida Pada Pohon Nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu

Ziban Poli^{1*}, Hendra Amon²

¹Program Studi Kehutanan Universitas Dumoga Kotamobagu

²Program Studi Kehutanan Universitas Dumoga Kotamobagu

^{1*}ziban.poli@yahoo.com, ²hendra.amon@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biomassa di atas permukaan tanah, cadangan karbon dan potensi serapan CO₂ pada pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu. Jenis penelitian kuantitatif, dengan menggunakan metode *Non-Destructive Sampling* yang berfungsi untuk pengambilan data tanpa merusak pohon secara permanen sehingga memungkinkan penggunaan kembali obyek yang sama. Metode pengumpulan data menggunakan pendekatan inventarisasi hutan dengan teknis sensus, di mana seluruh jenis pohon nyatoh yang dijumpai di lokasi penelitian diukur diameter batangnya, yaitu *diameter at breast height* (DBH = 130 cm) dengan menggunakan pita meter. Diameter batang pohon nyatoh diukur mulai dari 30 cm. Hasil menunjukkan bahwa populasi nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) sebanyak 128 individu dengan kelas diameter mulai dari 30 cm hingga 214,09 cm. Jumlah individu terbanyak terdapat pada kelas diameter 50 cm hingga 60 cm sebesar 18 pohon (14,06%). Total biomassa sebesar 3.582.437 kg (3.581,44 ton), cadangan karbon sebesar 1.683.275,74 kg C (1.683,28 ton C), dan serapan karbondioksida sebesar 6.177.621,98 kg CO₂ (6.177,62 ton CO₂). Diameter lebih dari 200 cm mendominasi potensi ekologis, menyumbang 23,88% dari dengan potensi biomassa 855,18 ton, cadangan karbon 401,94 ton C, dan serapan CO₂ 1.475,11 ton CO₂. Dengan rata-rata kerapatan karbon 397,94 ton C/ha di lahan seluas 4,23 ha, kawasan ini masuk dalam kriteria tinggi, menegaskan pentingnya pelestarian pohon besar untuk mitigasi iklim kawasan perkotaan.

Kata Kunci: Biomassa; Cadangan Karbon; Serapan CO₂; Nyatoh (*P. obtusifolium*); Hutan Kota Bonawang

PENDAHULUAN

Peningkatan kapasitas gas karbon dioksida (CO₂) di atmosfer merupakan pemicu pemanasan global dan perubahan iklim. Penurunan luas hutan dan pemanfaatan tumbuhan hutan oleh aktivitas manusia memperparah krisis ini, sehingga peran tumbuhan dalam menyerap dan menyimpan karbon menjadi kurang berfungsi dengan optimal. Peningkatan konversi lahan yang berakibat pada penurunan kerapatan vegetasi dan penurunan efisiensi penyimpanan karbon bumi serta peningkatan kapasitas gas karbon dioksida (CO₂) di atmosfer merupakan pemicu pemanasan global dan perubahan iklim (Sari & Herdiansyah, 2025). Penurunan luas hutan dan pemanfaatan tumbuhan hutan oleh aktivitas manusia yang memicu deforestasi berakibat langsung pada terlepasnya emisi karbon dioksida ekuivalen (CO₂-eq) ke atmosfer, sehingga peran tumbuhan sebagai agen mitigasi iklim dalam menyerap dan menyimpan karbon menjadi kurang berfungsi dengan optimal (Putra et al., 2025).

Langkah yang ditempuh dalam upaya mitigasi perubahan iklim di kawasan perkotaan berfokus pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan area penyerap karbon dengan mengembangkan tata ruang lokal berupa ruang terbuka hijau guna mengurangi dampak perubahan iklim global. Dalam upaya mitigasi perubahan iklim di kawasan perkotaan berfokus pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan area penyerap karbon dengan mengintegrasikan tata ruang hijau guna menekan laju pemanasan global (Sari & Herdiansyah, 2025). Strategi mitigasi perkotaan perluasan ruang terbuka hijau (RTH) dengan membangun hutan kota dan taman vertikal untuk menyerap emisi karbon perkotaan (Prasetyo & Utomo, 2026).

Hutan Kota Bonawang Kotamobagu, secara astronomis terletak pada kisaran titik koordinat 124°15'0" BT sampai 124°18'0" BT dan sekitar 0°44' LU hingga 0°45' LU. : Kawasan ini awalnya dibangun dan dicadangkan oleh pemerintah daerah sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) buatan. Langkah ini diambil untuk mengimbangi perkembangan wilayah kota serta menjaga keseimbangan iklim mikro lokal. Pemerintah Provinsi kemudian mengintegrasikan area ini ke dalam Kawasan Strategis Pariwisata Provinsi (KSPP) Sulawesi Utara guna memaksimalkan perlindungan hayati dan fasilitas rekreasi di dalamnya. Kawasan ini memiliki luas 42.340 m² atau 4,234 hektar terdapat potensi dan keanekaragaman jenis pohon dimana jenis yang mendominasi adalah jenis nyatoh dan mahoni (Paransi et al., 2021). Beberapa laporan hasil penelitian di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu antara lain pemanfaatan hutan kota sebagai paru-paru kota mampu mengeluarkan 2143,4 kg oksigen, indeks kualitas udara masih pada klasifikasi cukup baik dengan angka 66,667, dan suhu udara yaitu 29-30°C (Paransi et al., 2021). Populasi mahoni (*Swietenia mahagoni*) sebanyak 77

individu di Kawasan Hutan Kota Bonawang dengan kelas diameter mulai dari 20 cm hingga 160,82 cm, total nilai biomassa mahoni sebesar 337,98 ton, stok karbon sebesar 158,77 ton C, dan karbon diserap sebesar 583,7 ton CO₂, dengan nilai tertinggi berada pada kelas diameter > 100 cm, hubungan antara kelas diameter (berdasarkan nilai tengah kelas diameter) terhadap biomassa, stok karbon, dan karbon diserap pohon mahoni adalah memiliki kekuatan hubungan bernilai sangat kuat dengan arah hubungan bersifat positif, dan dinyatakan sangat signifikan (Amon, 2026). Selain itu, beberapa laporan terkait biomassa, cadangan karbon, serapan karbon di ruang terbuka hijau pada beberapa daerah antara lain Aprilia et al. (2026) menemukan kapasitas simpanan karbon sebesar 74,83 ton C ha⁻¹ dan serapan gas mencapai 274,62 ton CO₂ ha⁻¹ di Hutan Kota Kemayoran Jakarta, total potensi simpanan karbon pada vegetasi Hutan Kota Kecamatan Pare mencapai 52.407,42 ton C/ha (Costa et al., 2026), sedangkan Lestari & Martuti (2024) menyimpulkan estimasi cadangan karbon yang tersimpan pada ekosistem Hutan Kota Tinjomoyo, Semarang sebesar 57,72 ton/ ha dengan nilai serapan karbon sebesar 211,8 ton/ha.

Berbagai literatur di atas menitikberatkan pada jumlah biomassa, cadangan karbon dan serapan karbon pada berbagai jenis vegetasi hutan kota, serta jenis mahoni berdasarkan kelas diameter pohon, sedangkan penelitian di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu sangat jarang dilakukan. Di samping itu jenis nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) yang mendominasi pertumbuhan vegetasi di kawasan tersebut, memiliki potensi yang sangat tinggi, dan juga dalam penentuan biomassa, cadangan karbon, dan serapan CO₂ pada pohon nyatoh dengan menggunakan pendekatan alometrik khusus jenis ini belum pernah dilaksanakan, serta pohon nyatoh dikategorikan sebagai pohon lokal yang sangat khas, dominan, dan bernilai kultural tinggi di Sulawesi Utara karena pemanfaatan kayunya secara tradisional untuk rumah adat, namun spesies asli (*native species*) berkayu keras ini sangat berfungsi secara ekologis sebagai penyerap karbon tinggi. Urgensi penelitian ini didasarkan pada peran ekologis pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) sebagai salah satu vegetasi berkayu dengan kapasitas akumulasi biomassa tertinggi yang mampu menyimpan dan menyerap karbon yang sangat besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis biomassa di atas permukaan tanah, cadangan karbon dan potensi serapan CO₂ pada pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu.

METODE

A. Lokasi dan Obyek

Penelitian ini dilaksanakan Kawasan Hutan Kota Bonawang Kotamobagu Provinsi Sulawesi Utara. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain GPS, pita meter, rol meter, tali rafia, tali nilon, tally sheet, kamera digital, alat tulis menulis, logistik, kotak P₃K, dan laptop, serta bahan yang digunakan adalah seluruh pohon nyatoh sebagai obyek penelitian. Penelitian ini difokuskan pada pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) khususnya kelas diameter pohon dewasa yang menyerap karbon dioksida (CO₂).

B. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian ini menggunakan metode *Non-Destructive Sampling*. Metode ini berfungsi untuk pengambilan data (sampel) tanpa merusak pohon secara permanen sehingga memungkinkan penggunaan kembali obyek tersebut. Pengumpulan data menggunakan pendekatan inventarisasi hutan yaitu mengidentifikasi kelas diameter pohon dewasa dari jenis nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) di dalam kawasan Hutan Kota Bonawang Kotamobagu yang luas 4,23 ha. Pengukuran diameter batang yaitu *diameter at breast height* (DBH = 130 cm) atau setinggi dada.

C. Pengambilan Sampel

Seluruh jenis pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) diteliti berdasarkan ukuran diameter batang dan diklasifikasi menurut kelas diameter batangnya. Pengukuran diameter batang yaitu *diameter at breast height* (DBH = 130 cm) atau setinggi dada. Pengukuran diameter diukur dengan menggunakan pita meter untuk mengetahui keliling pohon dan dibagi π atau 3,14. Pengambilan sampel diameter pohon adalah kelas diameter mulai dari 30 cm dengan pertimbangan bahwa ukuran diameter pohon nyatoh tersebut berada pada ukuran minimal di Hutan Kota Bonawang, sedangkan ukuran diameter kecil masih pada pertumbuhan semai (*seedling*) atau anakan.

D. Parameter yang Dianalisis

Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini adalah kelas diameter pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*). Kelas diameter dibagi ke dalam beberapa kelas dengan interval 10 satuan setiap kelas, mulai dari kelas terbawah yaitu 20 hingga 20 cm, sampai dengan kelas tertinggi sesuai dengan diameter terbesar dari pohon nyatoh. Setiap kelas diameter dihitung sejumlah individu dari jenis nyatoh. Parameter ini dipilih karena setiap kelas diameter pohon memiliki potensi biomassa, cadangan karbon, dan serapan karbon yang berbeda-beda. Semakin besar ukuran diameter pohon, maka semakin besar pula nilai biomassa, cadangan karbon, dan serapan karbon yang terkandung di dalam batang pohon.

E. Analisis Data

Data yang terkumpul selanjutnya diolah dan dianalisis dengan menggunakan *Microsoft Excel* melalui pendekatan persamaan allometrik untuk menunjukkan biomassa, stok karbon dan rerapan karbondioksida (CO₂) diserap oleh pohon

nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu. Pendekatan persamaan allometrik yang digunakan untuk menentukan nilai biomassa atas tanah pohon nyatoh menyesuaikan rumus yang digunakan oleh Maulana (2014) dan Krisnawati et al (2012) untuk genus *Palaquium* yaitu $\text{Log}(\text{TAGB}) = -1,52 + 2,96\text{Log}(\text{DBH})$, yang selanjutnya rumus alometrik pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) dalam bentuk eksponensial, sedangkan untuk menghitung cadangan karbon dan potensi serapan karbon menggunakan rumus yang ditetapkan BSN (2011) seperti yang ditunjuk pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Biomassa, Cadangan Karbon, dan Potensi Serapan Karbondioksida.

Parameter	Rumus	Sumber
Biomassa	$\text{TAGB} = 0,0302 \times \text{DBH}^{2,96}$	Maulana (2014) dan Krisnawati et al (2012)
Cadangan Karbon	$C = \text{TAGB} \times 0,47$	BSN (2011)
Potensi Serapan Karbon	$W_{\text{CO}_2} = C \times 3,67$	BSN (2011)

Keterangan:

TAGB = Total Above-Ground Biomass (Biomassa atas tanah pohon nyatoh) (kg)

D = diameter at breast height (diameter setinggi dada) (cm)

0,0302 = Koefisien

2,96 = eksponen bersifat spesifik atau jenis pohon tertentu yaitu *Palaquium obtusifolium*.

C = Kandungan/Cadangan/Stok karbon pada pohon mahoni (kg C) atau (ton C)

W_{CO_2} = banyaknya CO_2 yang diserap pohon nyatoh dari atmosfer (kg CO_2) atau (ton CO_2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu ditemukan sebanyak 128 pohon dari jenis nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) dan digolongkan ke dalam kelas diameter seperti yang ditunjuk pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Pohon Nyatoh Berdasarkan Kelas Diameter

Kelas Diameter (cm)	Jumlah Pohon	Persentase (%)
30 - 40	17	13.28
40 - 50	10	7.81
50 - 60	18	14.06
60 - 70	16	12.50
70 - 80	8	6.25
80 - 90	15	11.72
90 - 100	6	4.69
100 - 110	8	6.25
110 - 120	7	5.47
120 - 130	5	3.91
130 - 140	2	1.56
140 - 150	4	3.13
150 - 160	3	2.34
160 - 170	3	2.34
170 - 180	1	0.78
180 - 200	1	0.78
> 200	4	3.13
Jumlah	128	100.00

Tabel 2 di atas mempresentasikan sebanyak 17 kelas diameter dengan jumlah pohon nyatoh yang tersebar pada kelas diameter tersebut. Jumlah pohon nyatoh paling banyak tersebar pada kelas diameter 50 – 60 cm sebanyak 18

pohon atau sebesar 14,06%, disusul kelas diameter 30 – 40 cm sebanyak 17 pohon atau sebesar 13,28%, kemudian 60 – 70 cm sebanyak 16 pohon atau sebesar 12,50%, dan kelas diameter 80 – 90 cm sebanyak 16 pohon atau sebesar 11,72%. Jumlah yang sedikit dijumpai yaitu pada kelas diameter 170 – 180 cm dan 180 – 200 cm masing-masing sebanyak 1 pohon atau sebesar 0,78%.

Distribusi jumlah pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) berdasarkan kelas diameter menunjukkan beberapa karakteristik:

1. Struktur Tegakan Beregenerasi (Pola J-Terbalik) yaitu secara keseluruhan, pola distribusi menunjukkan karakteristik hutan alam yang sehat. Jumlah pohon cenderung lebih banyak pada kelas diameter yang lebih kecil dan secara bertahap menurun pada kelas diameter yang lebih besar. Struktur tegakan pohon nyatoh di Hutan Kota Bonawang secara keseluruhan menunjukkan pola distribusi berbentuk huruf J-terbalik. Pola distribusi ini mencerminkan karakteristik hutan alam yang sehat dan stabil, di mana jumlah pohon cenderung lebih banyak pada kelas diameter yang lebih kecil dan secara bertahap menurun pada kelas diameter yang lebih besar. Fenomena ekologis ini sejalan dengan penelitian terbaru dari Li et al. (2024) yang menegaskan bahwa struktur J-terbalik merupakan atribut alami yang melekat pada hutan sekunder atau hutan tua untuk menjaga stabilitas komunitas vegetasi. Melimpahnya individu pohon pada kelas diameter bawah ini bertindak sebagai jaminan ketersediaan rekrutmen alami (*ongoing recruitment*) yang konstan demi keberlanjutan siklus hidup hutan di masa depan (Wachrinrat et al., 2024; Wolde & Soromessa, 2024).
2. Kelas Diameter Dominan, yaitu kelompok pohon nyatoh paling banyak ditemukan pada kelas diameter 50 - 60 cm sebanyak 18 pohon (14,06%), disusul oleh kelas diameter 30 - 40 cm sebanyak 17 pohon (13,28%). Keberadaan kelas diameter dominan di tingkat ini bertindak sebagai jembatan ekologis yang memastikan tegakan memiliki pasokan pohon masa depan yang stabil sebelum beralih menjadi pohon-pohon tua penyimpan karbon utama (Puspitasari et al., 2023; Saputra & Hadi, 2024). Selanjutnya, kelompok diameter dominan (pohon muda/menengah) memegang peran krusial bagi suksesi dan regenerasi hutan di masa mendatang (Monim et al., 2024).
3. Pada kelompok pohon menengah-tinggi, yaitu yang terdapat pada rentang diameter 60 cm hingga 130 cm, keberadaan pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) di Hutan Kota Bonawang terpantau masih relatif stabil dan merata, dengan jumlah berkisar antara 5 sampai 16 pohon di setiap kelasnya. Fenomena distribusi yang konstan pada rentang diameter ini menunjukkan adanya fase keseimbangan demografis (*demographic equilibrium*) yang baik, di mana pohon-pohon tersebut berhasil mempertahankan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) yang tinggi setelah melewati fase kompetisi di tingkat pancang dan tiang (Muscarella et al., 2023). Pola sebaran yang membentuk garis merata (*flat plateau distribution*) pada dimensi 60–130 cm ini juga mengindikasikan bahwa tegakan nyatoh di lokasi penelitian bertindak sebagai komponen stabilisator yang menjaga struktur arsitektur tajuk hutan kota tetap kokoh dan produktif dalam jangka panjang (Bourland et al., 2024; Piponiot et al., 2025).
4. Keberadaan Pohon Tua (*Mature*) di Hutan Kota Bonawang mengalami penyusutan kuantitas yang drastis pada kelas diameter besar, di mana hanya tersisa 4 pohon nyatoh tua dengan diameter >200 cm (3,13%). Meskipun jumlah individunya sangat sedikit, pohon-pohon raksasa berdimensi masif ini diasumsikan kuat menjadi penyimpan cadangan karbon utama di kawasan tersebut. Asumsi ekologis ini sejalan dengan temuan global dari Piponiot et al. (2025) yang memaparkan bahwa kelas ukuran pohon terbesar memegang kendali atas stabilitas biomassa total vegetasi. Sifat eksponensial volume batang pada pohon tua menyebabkan akumulasi kepadatan karbon (*carbon density*) per individu jauh melampaui gabungan puluhan pohon kecil di sekitarnya (USFS, 2024; Wachrinrat et al., 2024).

Dari jumlah pohon nyatoh berdasarkan kelas diameter, potensi serapan karbondioksida akan berbeda-beda pula sesuai kelas diameternya. Perbedaan jumlah individu pada setiap kelas diameter menciptakan variasi potensi serapan karbon dioksida (CO₂) yang sangat dinamis di Hutan Kota Bonawang. Fenomena ini dipengaruhi oleh dua faktor utama yang saling memengaruhi, yaitu faktor kuantitas (jumlah pohon) dan faktor kualitas ekologis (ukuran diameter individu). Untuk mengetahui potensi biomassa, cadangan karbon, dan serapan karbondioksida seperti yang ditunjuk Tabel 3.

Tabel 3. Potensi biomassa, cadangan karbon, dan serapan karbondioksida pada pohon nyatoh.

Kelas Diameter (cm)	Biomassa		Cadangan Karbon		Serapan CO ₂	
	(kg)	(ton)	(kg C)	(ton C)	(kg CO ₂)	(ton CO ₂)
30 - 40	21.909,05	21,91	10.297,25	10,30	37.790,92	37,79
40 - 50	23.202,41	23,20	10.905,13	10,91	40.021,84	40,02
50 - 60	79.922,99	79,92	37.563,81	37,56	137.859,17	137,86
60 - 70	112.394,80	112,39	52.825,56	52,83	193.869,79	193,87
70 - 80	87.127,80	87,13	40.950,07	40,95	150.286,74	150,29
80 - 90	236.219,45	236,22	111.023,14	111,02	407.454,93	407,45
90 - 100	125.573,91	125,57	59.019,74	59,02	216.602,44	216,60

100 - 110	231.347,73	231,35	108.733,43	108,73	399.051,69	399,05
110 - 120	271.470,43	271,47	127.591,10	127,59	468.259,34	468,26
120 - 130	228.661,73	228,66	107.471,01	107,47	394.418,62	394,42
130 - 140	113.459,32	113,46	53.325,88	53,33	195.705,98	195,71
140 - 150	291.356,57	291,36	136.937,59	136,94	502.560,94	502,56
150 - 160	269.473,26	269,47	126.652,43	126,65	464.814,42	464,81
160 - 170	330.946,94	330,95	155.545,06	155,55	570.850,38	570,85
170 - 180	140.541,77	140,54	66.054,63	66,05	242.420,49	242,42
180 - 200	162.644,97	162,64	76.443,14	76,44	280.546,31	280,55
> 200	855.184,63	855,18	401.936,78	401,94	1.475.107,98	1.475,11
Jumlah	3.581.437,75	3.581,44	1.683.275,74	1.683,28	6.177.621,98	6.177,62

Tabel 3 mempresentasikan bahwa pohon nyatoh secara keseluruhan memiliki total potensi biomassa sebesar 3.582.437 kg (3.581,44 ton), cadangan karbon sebesar 1.683.275,74 kg C (1.683,28 ton C), dan serapan karbondioksida sebesar 6.177.621,98 kg CO₂ (6.177,62 ton CO₂). Kelas diameter lebih dari 200 cm pada pohon nyatoh memiliki potensi yang paling besar dengan nilai biomassa sebesar 855.184,63 kg (855,18 ton), cadangan karbon sebesar 401.936,78 kg C (401,94 ton C), dan serapan karbondioksida sebesar 1.475.107,98 kg CO₂ (1.475,11 ton CO₂).

Berdasarkan hasil analisis data struktural vegetasi *Palaquium obtusifolium* pada Tabel 3, akumulasi potensi ekologis Hutan Kota Bonawang Kotamobagu terdistribusi secara tidak merata antarkelas diameter, namun terpusat secara masif pada tegakan berukuran tua. Variasi nilai biomassa, cadangan karbon, dan serapan CO₂ merangkak stabil dari diameter terkecil yaitu 30–40 cm hingga diameter menengah yaitu 180–200 cm. Lonjakan ekstrem terjadi pada kelas diameter >200 cm dengan capaian biomassa sebesar 855,18 ton, cadangan karbon sebesar 401,94 ton C, serta serapan CO₂ sebesar 1.475,11 ton CO₂.

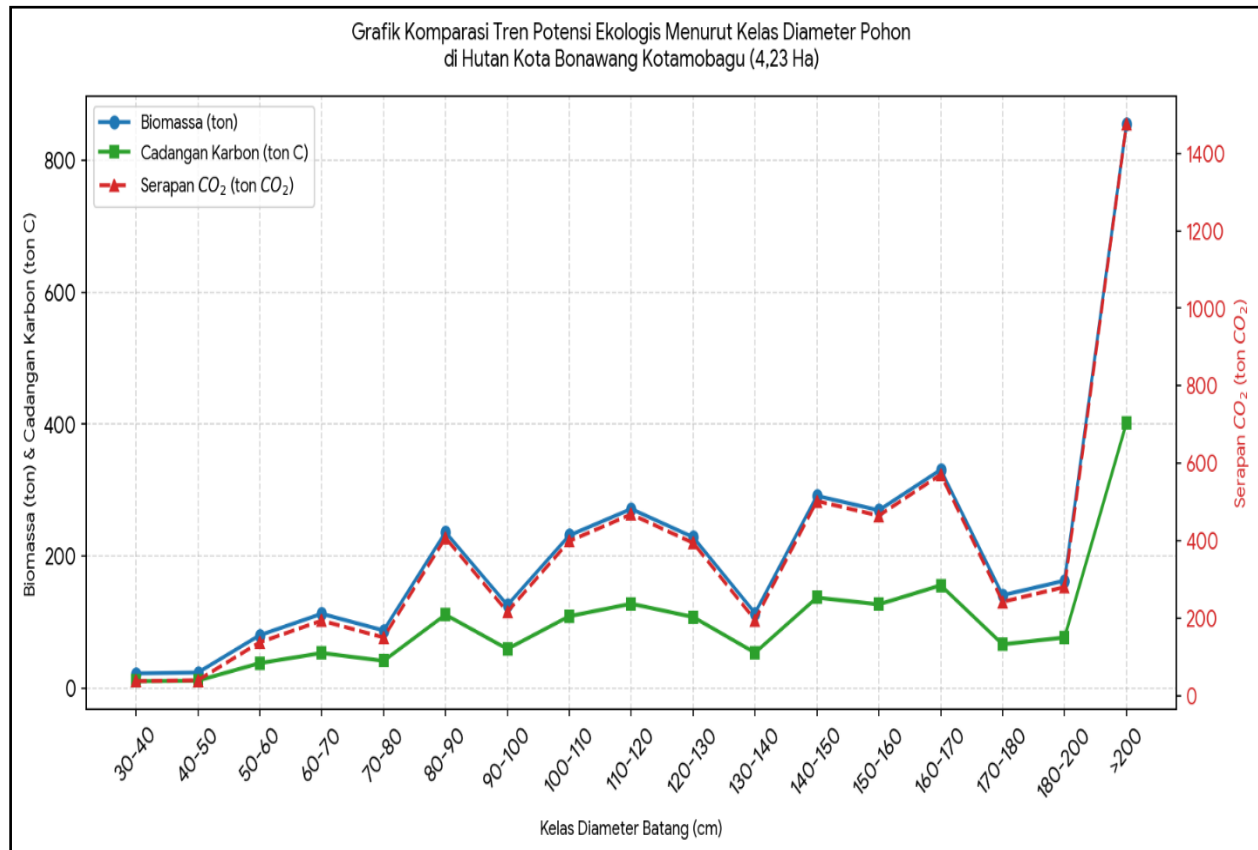
Apabila akumulasi spesifik dari satu kelas diameter >200 cm ini dibagi rata terhadap total luas Hutan Kota Bonawang yang seluas 4,23 ha, maka kontribusi kerapatan per hektarnya adalah biomassa sebesar 202,17 ton/ha, cadangan karbon sebesar 95,02 ton C/ha, dan serapan CO₂ sebesar 348,72 ton serapan CO₂/ha. Merujuk pada klasifikasi ambang batas ekosistem hutan sekunder nasional, kontribusi dari kelompok pohon berdiameter >200 cm ini secara mandiri telah memenuhi Kriteria Tinggi (yakni dengan batas ambang biomassa >150 ton/ha dan karbon >75 ton C/ha (Sutaryo et al., 2024).

Pemusatan nilai karbon pada dimensi lingkaran batang terbesar ini mengonfirmasi temuan Lutz et al. (2023) mengenai fenomena *Large Old Trees*, di mana pohon-pohon tua dan berdiameter besar memegang peran dominan yang tidak proporsional sebagai penyimpan utama (*carbon hub*) di dalam ekosistem. Sifat alami kayu keras *Palaquium obtusifolium* lokal Sulawesi Utara yang memiliki kerapatan dinding sel tinggi memungkinkan individu pohon mengunci berat kering struktural secara masif seiring pertambahan umur (Kinho & Mahfudz, 2024). Hasil analisis ini membuktikan bahwa perlindungan pohon nyatoh berdiameter makro di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu memberikan dampak ekologis mitigasi karbon di sekitar perkotaan yang jauh lebih efektif dan tidak tergantikan jika dibandingkan dengan program penanaman bibit vegetasi baru.

Potensi biomassa, cadangan karbon, dan serapan karbondioksida (CO₂) pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu dengan luas 4,23 ha secara berurutan tersaji pada Gambar 1. Berdasarkan kelas diameter, pergerakan secara fluktuatif nilai adalah sama, karena nilai potensi cadangan karbon dan serapan CO₂ searah (linear) dengan nilai biomassa pohon nyatoh. Secara ekologis, mencerminkan karakteristik fragmen hutan pada pohon dengan usia tua yang sehat. Kelompok pohon yang berdiameter 30–50 cm memberikan kontribusi biomassa, cadangan karbon dan serapan CO₂ terendah, yang mengindikasikan bahwa berat kering struktural belum terakumulasi maksimal pada kelas diameter tersebut. Dinamika naik-turun nilai pada rentang diameter 50 cm hingga 200 cm menunjukkan adanya variasi kerapatan antar-spesies serta persaingan ruang tumbuh (*space competition*) dan naungan di lantai hutan. Kenaikan potensi biomassa, cadangan karbon dan serapan CO₂ terjadi pada kelas diameter > 200 cm yang menegaskan peranan mutlak dari satu kelompok pohon tua berukuran besar (*Large Old Trees*) sebagai pilar utama penahan karbon dan penyerap karbon di dalam kawasan Hutan Kota Bonawang seperti ditunjuk pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan akumulasi secara keseluruhan, total biomassa, cadangan karbon dan serapan CO₂ tegakan secara berurutan mencapai 3.581,44 ton, 1.683,28 ton C, dan 6.177,72 ton CO₂ yang berarti Hutan Kota Bonawang memiliki kerapatan rata-rata 397,94 ton C/ha yang tergolong kriteria tinggi berdasarkan standar nasional. Lonjakan eksponensial grafik pada kelas diameter >200 cm ini sejalan dengan temuan Sutaryo et al. (2024), yang menyatakan bahwa pohon-pohon tua berdiameter besar bertindak sebagai pusat retensi karbon utama (*carbon hub*) yang mendominasi total berat kering ekosistem secara tidak proporsional dibandingkan gabungan pohon-pohon muda di sekitarnya. Selanjutnya, dengan kerapatan kumulatif kawasan yang tergolong ke dalam kriteria tinggi, pemusatan biomassa pada kelas diameter > 200 cm membuktikan bahwa strategi perlindungan pohon yang berdiameter besar jauh lebih efektif untuk stabilitas iklim mikro setempat dibandingkan program penanaman bibit baru (Prasetyo & Handayani,

2025). Klaster diameter tertua ini menguasai sebesar 23,88% dari total seluruh ekosistem, mempertegas status pohon ini sebagai penopang utama kestabilan iklim mikro Hutan Kota Bonawang Kotamobagu



Gambar 1. Nilai Potensi Biomassa, cadangan karbon, dan serapan karbondioksida (CO₂) pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) menurut kelas diameter di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu.

Sinkronisasi tren geometris pada Grafik 1 merefleksikan hubungan linear yang konsisten antara akumulasi biomassa, cadangan karbon, dan total sequestrasi karbon dioksida di Hutan Kota Bonawang seluas 4,23 ha mampu menyimpan kerapatan karbon rata-rata sebesar 397,94 ton C/ha. Menurut klasifikasi Pregitzer et al. (2024), nilai kerapatan menurut kelas diameter seperti ini secara definitif dikategorikan ke dalam kriteria tinggi (*High Density Carbon Sink*), yang membuktikan bahwa hutan kota yang terjaga dengan baik mampu menandingi performa penyerapan karbon hutan alam tropis primer. Dinamika kurva garis yang bergerak fluktuatif pada rentang diameter muda hingga menengah (30 cm hingga 200 cm) mengindikasikan adanya kompetisi ruang tumbuh alami dan perbedaan laju pertumbuhan vegetasi berkayu keras dalam fase suksesi menengah (Kessler et al., 2025). Lebih lanjut, lonjakan eksponensial yang berada pada kelas diameter >200 cm dengan capaian serapan mencapai 1.475,11 ton CO₂ merupakan representasi nyata dari fenomena ketidakseimbangan proporsi biomassa pohon tua. Sebagaimana ditegaskan oleh Lutz et al. (2023), keberadaan kelompok *Large Old Trees* (pohon berdiameter besar) bertindak sebagai pengunci persentase karbon makro secara masif, sehingga kebijakan perlindungan terhadap pohon ini bersifat mutlak bagi stabilitas iklim mikro.

KESIMPULAN

Pohon nyatoh (*Palaquium obtusifolium*) yang dijumpai di Hutan Kota Bonawang berjumlah 128 pohon dengan total potensi biomassa sebesar 3.582.437 kg (3.582,44 ton), cadangan karbon sebesar 1.683.275,74 kg C (1.683,28 ton C), dan serapan karbondioksida sebesar 6.177.621,98 kg CO₂ (6.177,62 ton CO₂). Pohon dengan diameter >200 cm mendominasi potensi ekologis ini dengan menyumbang 23,88% dari total potensi, yang terdiri atas biomassa sebesar 855,18 ton, cadangan karbon 401,94 ton C, dan serapan CO₂ sebesar 1.475,11 ton CO₂. Dengan rata-rata kerapatan karbon mencapai 397,94 ton C/ha di lahan seluas 4,23 ha, kawasan ini masuk dalam kriteria tinggi. Hal ini menegaskan pentingnya pelestarian pohon-pohon berukuran besar untuk mendukung mitigasi perubahan iklim di kawasan perkotaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis disampaikan kepada UPTD Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi (KPH) Unit II Bolaang Mongondow Selatan, Bolaang Mongondow Timur, dan Kota Kotamobagu Dinas Kehutanan Daerah Provinsi Sulawesi Utara yang telah berpartisipasi dalam proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program

Studi Kehutanan Universitas Dumoga Kotamobagu yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini, serta kepada para peneliti yang karya ilmiahnya menjadi rujukan penting dalam kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amon, H. (2026). Hubungan Kelas Diameter Terhadap Biomassa, Stok Karbon, dan Serapan CO₂ pada Pohon Mahoni (*Swietenia mahagoni*) di Hutan Kota Bonawang Kotamobagu. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 4(7), 177-186.
- Aprilia, R., Wardhana, Y. M. A., & Tumuyu, S. S. (2026). Assessment of carbon storage and sequestration for mitigating climate change in Kemayoran Urban Forest, Jakarta. *Acta Ecological Sinica / International Journal of Agricultural and Environmental Studies*, 4(1), July 2026.
- Bourland, N., dkk. (2024). Structural dynamics and diameter distribution stability of commercial timber species in tropical moist forests. *Forest Ecology and Management*, 552, 121580.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). (2011). Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon–Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting). 1–24. Jakarta : BSN
- Costa, J. B. D., Rawana, & Suhartati, T. (2026). Potensi Simpanan Karbon Vegetasi Penyusun Hutan Kota di Kecamatan Pare, Kabupaten Kediri. *Jurnal Wana Tropika*, 16(1), 50–60.
- Kessler, P. J., Bos, M. M., & Pitopang, R. (2025). Carbon allocation patterns and structural dynamics of late-successional tropical tree species across distinct diameter cohorts. *Journal of Tropical Forest Science*, 37(1), 74-85.
- Kinho, J., & Mahfudz, M. (2024). Struktur tegakan klimaks dan alokasi biomassa *Palaquium obtusifolium* Burck di kawasan hutan kota Sulawesi Utara. *Jurnal ForestSains*, 21(2), 115-128.
- Krisnawati, H., Adinugroho, W.C., Imanuddin, R. (2012). *Monograf Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia*. Penerbit: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Lestari, N. P., & Martuti, N. K. T. (2024). Potensi Cadangan Karbon Tersimpan dan Serapan Karbon pada Ekosistem Hutan Kota Tinjomoyo Semarang. *Life Science*, 13(2), 119–133.
- Li, Y., Li, J., Wei, L. (2024). Stable reverse J-shaped diameter distribution occurs in an old-growth oak forest. *Journal of Forestry Research*, 35(1), 107.
- Lutz, J. A., Larson, A. J., & Swanson, M. E. (2023). The disproportionate contribution of large-diameter trees to total aboveground biomass in tropical and subtropical forest ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 32(4), 589-604.
- Maulana, S.I. (2014). Allometric Equations for Estimating Above-Ground Biomass in Papua Tropical Forest. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 1(2), 77 – 88.
- Monim, dkk. (2024). Analisis distribusi frekuensi diameter pohon dominan membantu pengelola kawasan dalam memahami kapasitas akumulasi biomassa lokal serta laju perpindahan kelas diameter vegetasi. *Jurnal Penelitian Kehutanan Bonita*, 6(2).
- Muscarella, R., et al. (2023). Demographic equilibrium and size-class distributions in tropical tree populations. *Global Ecology and Biogeography*, 32(4), 582-595.
- Paransi, E.P., Sangkertadi., Wuisang. C.E.C. (2021). Analisis Pemanfaatan Hutan Kota di Kota Kotamobagu. *Media Matrasain*, 18(2), 1-14.
- Piponiot, C., et al. (2025). The transition of mid-to-large size classes in tropical forests and their contribution to long-term biomass stability. *Ecology Letters*, 28(2), e14390.
- Prasetyo, A., & Handayani, S. (2025). Analisis kapasitas serapan karbon dioksida (CO₂) pada vegetasi pelindung ruang terbuka hijau perkotaan. *Jurnal Wana Lestari*, 27(1), 45-56.
- Prasetyo, A. B., & Utomo, R. S. (2026). Potensi Simpanan Karbon Vegetasi Penyusun Hutan Kota di Wilayah Administrasi Perkotaan. *Jurnal Wana Tropika*, 16(1), 52-60.
- Pregitzer, C. C., Charlop-Powers, S., & Bradford, M. A. (2024). Natural urban forests as critical carbon sinks: Scaling structural complexity and biomass across small-scale urban green infrastructures. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 22(2), 112-121.
- Puspitasari, D., dkk. (2023) dalam *Pengantar Ilmu Kehutanan Modern* (2026). Persamaan distribusi vegetasi pohon berdasarkan kelas diameter menunjukkan kapasitas adaptasi jenis dominan di ekosistem perkotaan dan sekunder.
- Putra, R. A., Siregar, H., & Prasetyo, L. B. (2025). Estimasi Emisi CO₂-eq Akibat Perubahan Tutupan Lahan Hutan Sekunder dan Upaya Reforestasi. *Strofor Journal*, 9(1), 467-476.
- Saputra, A., & Hadi, S. (2024). Pengaruh kelas diameter dominan terhadap kapasitas produktivitas dan fungsional ekosistem tegakan hutan. *Jurnal Kehutanan Terapan*, 8(1), 45-52.
- Sari, D. P., & Herdiansyah, H. (2025). Kajian Awal Potensi Penyerapan Karbon oleh Hutan Kota: Pendekatan Biofisik Vegetasi dan Aspek Kebijakan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(2), 115-124.
- Sutaryo, D., Siregar, C. A., & Hairiah, K. (2024). Pemuatan kriteria cadangan karbon pada fragmen hutan kota: Implementasi SNI 7724 untuk mitigasi iklim urban. *Jurnal Sylva Lestari*, 12(3), 312-325.

- Wachrinrat, C., Hermhuk, S., Thongsawi, J., Phumphuang, W., Yarnvudhi, A., Yatar, C., Cheysawat, S., & Sawasmongkol, C. (2024). Natural tree regeneration after selective cutting in a dry evergreen forest in Northeastern Thailand. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(10), 4074-4085.
- Wolde, G., & Soromessa, T. (2024). Woody Species Population Structure and Regeneration Status of Hereje Forest. *International Journal of Forestry Research / Journal of Plant Ecology*, 16(3).
- USFS. (2024). *Mature and Old-growth Forests Carbon Dynamics*. Forest Service United States Department of Agriculture.