© 2026 Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP
JURNAL ILMU LINGKUNGAN
Volume 24 Issue 6 (2026) : 1463-1472 *ISSN 1829-8907*

Estimasi Biomassa dan Stok Karbon *Muntingia calabura* L. di Hutan Kampus Universitas Negeri Surabaya

Nazilla Sarasati*, Fida Rachmadiarti, Winarsih, dan Tri Lestari Saidha Rohmah

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia; e-mail: nazillasarasati@gmail.com

ABSTRAK

Kota Surabaya sebagai salah satu kota terbesar di Provinsi Jawa Timur turut berkontribusi dalam menghasilkan emisi CO_2. Sektor transportasi menyumbang 5,48 juta ton karbon per tahun atau sekitar 96% dari total emisi udara di Kota Surabaya. Oleh karena itu diperlukan penelitian tentang strategi penurunan emisi karbon. Sehingga perlu upaya penurunan emisi karbon, salah satunya melalui vegetasi. Stok karbon pohon perkotaan umumnya diteliti pada jenis berkayu keras, sehingga data *Muntingia calabura* L. serta peran luas daun dan klorofil sebagai penduga stok karbon masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung estimasi stok karbon dan biomassa, dengan faktor pendukung luas daun dan kadar klorofil agar dapat diketahui besar serapan yang dihasilkan oleh *Muntingia calabura* L. sebagai potensi penyerapan karbon. Sebanyak 50 individu pohon *Muntingia calabura* L. dipilih dengan metode non-destruktif pada tiga stasiun pengamatan. Pada setipa pohon diukur diameter dan tinggi, parameter fisika – kimia lingkungan. Daun diambil dari bagian pucuk, tengah, dan pangkal untuk analisis kadar klorofil dan luas daun. Biomassa pohon mengikut pada rumus yang dikemukakan oleh Ketterings (2001), kemudian dikonversi menjadi stok karbon dengan fraksi karbon biomassa. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pada masing-masing stasiun berturut-turut sebesar 17.42; 16.41; dan 15.57 kg/pohon, dengan rerata keseluruhan 16.47 kg/pohon. Uji korelasi Pearson menunjukkan hubungan linier yang kuat antara biomassa dan diameter batang (r = 0.946), sedangkan kadar klorofil berkorelasi negatif lemah dan tidak signifikan dengan stok karbon (r = -0.250; p = 0.209).

***Kata kunci*:** Stok karbon, Biomassa, Klorofil, Luas daun, *M. calabura*

ABSTRACT

Surabaya, as one of the largest cities in East Java Province, contributes to CO_2 emissions. The transportation sector accounts for 5.48 million metric tons of carbon per year, or about 96% of total air emissions in Surabaya. Therefore, research on strategies for reducing carbon emissions is needed. Consequently, efforts to reduce carbon emissions are necessary, one of which is through vegetation. Urban tree carbon stocks are generally studied in hardwood species, so data on *Muntingia calabura* L. and the role of leaf area and chlorophyll as predictors of carbon stock remain limited. This study aims to estimate carbon and biomass stocks, using leaf area and chlorophyll content as supporting factors, in order to determine the amount of carbon absorbed by *Muntingia calabura* L. as a measure of its carbon sequestration potential. Total of 50 *Muntingia calabura* L. trees were selected using a non-destructive method at three observation sites. For each tree, the diameter and height were measured, along with environmental physicochemical parameters. Leaves were collected from the apical, middle, and basal parts for analysis of chlorophyll content and leaf area. Tree biomass was calculated using the formula proposed by Ketterings (2001) and then converted to carbon stock using the biomass carbon fraction. This study shows that the yields at each station were 17.42, 16.41, and 15.57 kg/tree, respectively, with an overall average of 16.47 kg/tree. The Pearson correlation test revealed a strong linear relationship between biomass and stem diameter (r = 0.946), while chlorophyll content showed a weak and insignificant negative correlation with carbon stock (r = -0.250; p = 0.209).

***Keywords*:** Carbon stock, Biomass, Chlorophyll, Leaf area, M. calabura

Citation: Sarasati, N., Rachmadiarti, F., Winarsih, dan Rohmah, T. L. S. (2026). Estimasi Biomassa dan Stok Karbon *Muntingia calabura* L. di Hutan Kampus Universitas Negeri Surabaya. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(6), 1463-1472, doi:10.14710/jil.24.6.1463-1472

1. PENDAHULUAN

Hutan merupakan salah satu ekosistem paling penting di bumi. Selain berfungsi sebagai paru-paru dunia, hutan juga berfungsi sebagai rumah bagi berbagai jenis flora dan fauna, sumber daya alam, serta penjaga keseimbangan iklim. Data dari laboratorium GLAD University of Maryland (UMD) menunjukkan penurunan kehilangan hutan di beberapa negara, namun secara keseluruhan pada tahun 2023 merupakan kehilangan hutan paling tinggi. Total kehilangan hutan primer tropis pada tahun 2002 hingga 2022 berjumlah 4.1 juta ha.

Kehilangan hutan primer tropis ini mengakibatkan emisi karbon dioksida.

Keanekaragaman hayati sangat tinggi di ekosistem hutan. Ada lima jenis kategori hutan di Indonesia yaitu hutan bakau, hutan rawa, hutan sabana, hutan musim, dan hutan hujan tropis (Wati, 2019). Laporan terbaru dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa luas hutan Indonesia tahun 2019 tercatat luas hutan produksi indonesia mencapai 68.97 juta ha. Pada tahun 2022 mencapai sekitar 96 juta ha dari seluruh wilayah Indonesia atau 51.2% dari total daratan. Data yang dikutip dari KLHK mengungkapkan deforestasi Indonesia tahun 2021-2022 sebesar 104 ribu ha, termasuk wilayah provinsi jawa timur.

Kota Surabaya merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Jawa Timur. Surabaya memiliki beberapa kawasan hutan kota yang tersebar di berbagai wilayah yaitu di pakal dengan luas sekitar 13 ha, balas klumprik luas sekitar 4.3 ha, dan pamurbaya dengan luas sekitar 500 ha. Sebagai salah satu kota terbesar, sektor transportasi menyumbang 5.48 juta ton per tahun emisi karbon atau sekitar 96% dari total emisi udara di Kota Surabaya. Sementara, dalam Rencana Aksi Daerah (RAD) Jawa Timur menetapkan target penurunan emisi sebesar 5,22% atau setara dengan 6,2 juta ton CO_2 eq pada tahun 2020 di bidang energi dan transportasi. Oleh karena itu diperlukan penelitian tentang strategi penurunan emisi karbon. Dengan adanya peningkatan emisi CO_2 tentunya menyebabkan resiko terhadap perubahan iklim. Menurut Leontinus (2022) salah satu Upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim yang ekstrim adalah dengan meningkatkan penyerapan karbon.

Universitas Negeri Surabaya merupakan kampus yang terletak di Surabaya, Jawa timur. Unesa memiliki hutan kampus yang terletak di kampus Lidah Wetan memiliki luas sekitar ± 759.333 m^2. Setelah dilakukan identifikasi hutan kampus Unesa ditemukan 65 lebih spesies tanaman (Rachmadiarti et al., 2023). Salah satu tanaman yang banyak ditemukan pada area hutan kampus Unesa adalah *Muntingia calabura* L. atau biasa disebut dengan tanaman keres atau kersen pada nama lokalannya, merupakan salah satu spesies yang memiliki kapasitas besar untuk menyerap karbon. *Muntingia calabura* L. merupakan tanaman yang ideal untuk penghijauan dan penyerapan karbon di lingkungan kampus karena memiliki ciri mudah tumbuh dan tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan. Tinggi pohon kersen dapat tumbuh hingga 12 m, namun rata-rata tanaman kersen dapat tumbuh hanya mencapai 3-6 m. Daun kersen berbentuk lonjong dengan tepi bergerigi dan permukaan yang berbulu halus serta memiliki bunga dan buah. Tanaman ini tersebar di beberapa wilayah kampus Unesa Lidah Wetan berguna sebagai peneduh yang sering ditemukan di tempat parkir, taman, dan lahan kosong. Sebab kemampuan pohon kersen dapat tumbuh di berbagai kondisi tanah. Pohon ini dapat membantu dalam rehabilitasi lahan yang terdegradasi karena kemampuannya untuk tumbuh cepat terhadap kondisi tanah yang buruk serta penyerapan karbon di sekitar lingkungan kampus. Pada penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Irvianty et al., 2023) menganalisis biomassa, potensi cadangan karbon dan serapan pada hutan kota dengan spesies campuran dengan menggunakana metode non-destrutive, tetapi jarang menganalisis satu spesies di area hutan kampus. Pada penelitian ini menggunakan pohon *Muntingia calabura* L. Yang digunakan sebagai penyerapan karbon, selain itu pertumbuhannya cepat dan menyebar. Kemampuan menyerap CO_2 yang tinggi sehingga dapat menganalisis stok karbon secara mendalam di lingkungan hutan kampus.

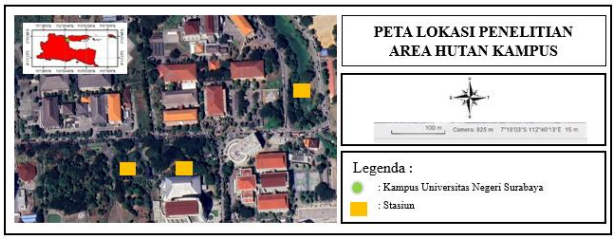
Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian tentang potensi stok karbon pada vegetasi hutan kampus sebagai salah satu upaya mitigasi perubahan iklim telah banyak dilakukan. Oleh karena itu, tujuan khusus penelitian ini adalah untuk menghitung estimasi stok karbon dan biomassa, leaf area, serta kadar klorofil agar dapat diketahui besar serapan yang dihasilkan oleh *Muntingia calabura* L. sebagai potensi penyerapan karbon di kampus Universitas Negeri Surabaya. Untuk mengurangi emisi karbon dan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim. Manfaat penelitian ini dapat menjadi pertimbangan potensi pohon untuk perbaikan lingkungan hutan kampus sebagai upaya mitigasi perubahan iklim, penting untuk mengetahui stok karbon pada tanaman *Muntingia calabura* L. serta melihat karakteristik dan kapabilitas terhadap penyerapan CO_2 yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini berlokasi di kawasan hutan kampus Universitas Negeri Surabaya Lidah Wetan, Surabaya dengan titik koordinat (7°17'58.0"S 112°40'24.0"E). Dilaksanakan saat musim kemarau pada bulan September sampai Oktober 2024. Menggunakan metode non-destruktif.

Pada pengambilan sampel, populasi yang diamati adalah seluruh pohon *Muntingia calabura* L. yang tumbuh di kawasan hutan kampus dan area kampus. Kriteria yang digunakan untuk pengambilan data adalah pohon yang mudah diakses dan diukur tanpa mengganggu ekosistem. Diambil di tiga stasiun yang berbeda di Kawasan hutan kampus Universitas Negeri Surabaya Lidah Wetan. Tiap stasiun tersebut diambil yang dekat pada jalan raya, stasiun sedang serta stasiun terjauh dari jalan raya.



Gambar 1. Titik Koordinat Pengambilan Sampel

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

2.2. Pengukuran Tinggi dan Diameter Pohon

Pengukuran tinggi pohon menggunakan aplikasi Measure, sedangkan untuk mengukur diameter tegakan mengikuti metode yang pernah digunakan oleh (Hairiah et al., 2011) dalam Chairul 2024) Diameter tegakan yang diukur dari permukaan tanah *Diameter at Breast Height* (DBH) atau setinggi dada peneliti ± 1,3 m diatas permukaan tanah dan diukur menggunakan pita ukur. Dengan memastikan pita ukur melingkari batang pohon secara horizontal dan rata. Data tinggi dan diameter pohon yang diperoleh kemudian dapat digunakan dalam persamaan alometrik untuk menghitung biomassa dan stok karbon pohon kemudian dihitung dan dimasukkan ke dalam rumus:

$$D = 2r$$
$$r = K/2\pi$$

Keterangan:
D : Diameter
K : Keliling
r : Jari-jari
π : 3,14

2.3. Pengukuran Faktor Lingkungan

Pengukuran faktor lingkungan menggunakan parameter fisika dan kimia diperlukan untuk membantu memahami kondisi lingkungan dan faktor-faktor yang mempengaruhi stok karbon. Pengukuran parameter fisika dan kimia yang meliputi suhu udara dan tanah, kelembaban tanah dan udara, kadar CO_2, pH, serta intensitas cahaya. Alat *Air Quality Control* Monitor TVOC PM2.5 digunakan untuk mengukur suhu, kelembaban, dan kadar CO_2 pada udara. Pada pengukuran intensitas cahaya pada setiap stasiun dilakukan dengan menggunakan alat *Lux meter* tipe LX-101AS. Sedangkan pengukuran pH tanah dan kelembaban tanah menggunakan soil tester.

2.4. Pengukuran Luas Daun

Pengambilan sampel daun setiap pohon penelitian dilakukan pada pagi hari. Pengukuran luas daun menggunakan alat bantu yaitu *Leaf area meter* tipe ADC AM350. Sampel daun yang diambil pada tiga stasiun, masing-masing stasiun diambil tiga pohon. Daun yang diambil adalah bagian pangkal, tengah, dan pucuk.

2.5. Analisis Kadar Klorofil

Pengukuran kadar klorofil untuk menganalisis kadar klorofil menggunakan spektrofotometri tipe Mapada V-1100D. Pengambilan sampel daun setiap pohon dilakukan pada pagi hari. Pengambilan sampel daun yang diambil secara acak dari setiap tiga pohon pada tiga stasiun lalu dimasukkan ke dalam plastik sampel dan dibungkus plastik hitam yang berguna untuk menghindari paparan cahaya. Sampel daun tersebut kemudian dianalisis di laboratorium untuk dilakukan perhitungan konsentrasi kadar klorofil. Perhitungan kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total dari setiap sampel daun pohon penelitian dengan rumus Wintermans dan De Mots yaitu:

Klorofil a = 13,7 x OD 665 – 5,76 OD 649 (mg/L)
Klorofil b = 25,8 x OD 649 – 7,7 OD 665 (mg/L)
Klorofil total = 20,0 x OD 649 + 6,1 OD 665 (mg/L)

2.6. Analisis Biomassa Pohon

Menghitung biomassa pohon mengikut pada rumus yang dikemukakan oleh Ketterings (2001), rumus yang digunakan dalam perhitungan analisis biomassa pohon adalah sebagai berikut.

$$BK = 0{,}11 \times \rho \times D2.62$$

Keterangan:
BK : Biomassa pohon (kg/pohon)
D : Diameter pohon setinggi dada (1,3 m)
ρ : Berat jenis kayu (gr/cm3); Data berat jenis dapat mengacu pada data sekunder *Global Wood Density* (Zane et al, 2009).

2.7. Analisis stok karbon

Menurut panduan estimasi stok karbon sesuai dalam SNI 7724:2011 dijelaskan bahwa besaran persentase karbon dalam tumbuhan berkayu, serasah, dan kayu mati sebesar 47%. Sehingga untuk menganalisis atau menduga stok karbon dalam kayu dapat digunakan persamaan dengan rumus sebagai berikut.

$$C = 47\% \times \text{BK}$$

Keterangan:
C : Stok karbon pohon (KH)
BK : Biomassa pohon (kg/pohon)

2.8. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian berupa kadar klorofil, stok karbon, leaf area dan biomassa pohon pada tiga stasiun di analisis dengan menggunakan metode Uji Pearson. Bertujuan untuk mengetahui hubungan korelasi yang signifikan antara diameter batang dengan biomasa, kadar klorofil dengan leaf area. Hasil uji korelasi dinyatakan dengan koefisien korelasi (R) yang menunjukkan hubungan korelasi kuat antara variabel bebas dan tidak bebas. Software yang digunakan dalam uji statistika adalah SPSS tipe IBM SPSS Stastistics 23.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

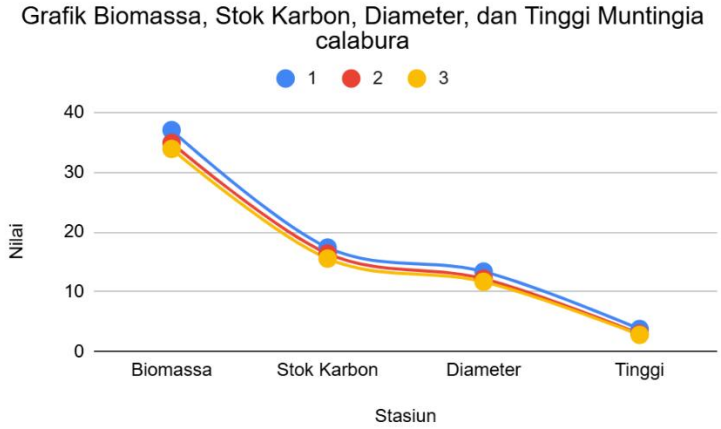
3.1. Pengaruh Variabel

Dari tujuan tersebut diperoleh data meliputi: stok karbon dan biomassa, Luas daun, serta kadar klorofil pada tegakan pohon *Muntingia calabura* pada Kawasan hutan kampus Unesa Lidah Wetan. Data hasil stok karbon dan biomassa *Muntingia calabura* pada beberapa stasiun di Kawasan hutan kampus Unesa Lidah Wetan disajikan pada Tabel 1.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tabel 1. Rerata dan Standar Deviasi pada Tinggi, Keliling, Diameter, Biomassa, dan Stok Karbon Tumbuhan *M. calabura*

Stasiun	Tinggi (m) ± SD	Keliling (cm) ± SD	Diameter (cm) ± SD	Biomassa (kg) ± SD	Stok karbon (kg/pohon) ± SD
1	3.79± 1.84	41.95± 12.80	13.4± 4.08	37.07± 44.63	17.42± 20.97
2	2.99± 2.49	38.42± 17.89	12.2± 5.70	34.92± 31.24	16.41± 14.68
3	2.82± 0.59	36.8± 22.86	11.7± 7.21	33.92± 26.60	15.57± 12.50
Rerata	**3.2**	**39.05**	**12.43**	**35.30**	**16.47**



Gambar 2. Grafik Hubungan dari Biomassa, Stok Karbon, dan Diameter *M. calabura*

Tabel 2. Korelasi antara Tinggi, Diameter, dan Keliling dengan Nilai Stok Karbon

No	Parameter	Pearson correlation	Stok Karbon	Signifikasi
1	Diameter	1	0.946	0.000
2	Tinggi	1	0.464	0.01
3	Keliling	1	0.842	0.000

Hasil penelitian pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa serapan karbon yang tersimpan dalam *M. calabura* rerata 16.47 kg/ pohon dan kandungan total biomassa pohon sebesar 35.30 kg/ pohon. Stasiun 1 memiliki potensi biomassa tertinggi sebesar 37,07 kg/ pohon. Sebaliknya, pada stasiun 3 memiliki biomassa terendah dengan nilai biomassa 33,92 kg. Rata-rata biomassa dari stasiun 2 sebesar 34,92 kg/ pohon. Jumlah cadangan karbon dan biomassa yang tersimpan pada ketiga stasiun memiliki nilai yang berbeda tersebut dikarenakan faktor – factor yang mempengaruhi. Faktor utama dari perbedaannya yaitu dari ukuran diameter pohon yang berdampak pada hasil rata-rata serapan CO_2 dan biomassa. Pada stasiun pertama memiliki serapan karbon tertinggi dikarenakan memiliki diameter rata-rata sebesar 13,4 cm, sedangkan stasiun 3 memiliki rata-rata terendah sebesar 11,7 cm. Selain itu, nilai biomassa dan serapan karbon pada stasiun satu lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya ini disebabkan karena stasiun 1 memiliki jumlah individu paling banyak, yaitu sebanyak 20 individu serta diameter pohon jauh lebih besar diantara stasiun 2 dan 3. Semakin banyak pohon dengan ukuran yang besar dan berumur panjang semakin tinggi penyerapan karbon yang dihasilkan. Hal tersebut sesuai dengan Nuranisa (2020), sebanyak 97,5% nilai biomassa dapat dijelaskan oleh data diameter. Besarnya diameter pohon juga dipengaruhi oleh umur tegakan, semakin besar umur tegakan maka semakin besar pula diameternya (Sribianti et al., 2022). Selain dipengaruhi diameter, serapan karbon juga dipengaruhi oleh tinggi tumbuhan. Stasiun 1 memiliki rata-rata tinggi sebesar 3,79 m, sedangkan stasiun 3 memiliki rata-rata terendah sebesar 2,82 m. Pada stasiun 1 intensitas cahaya memiliki nilai sebesar 13445 lux. Adanya perbedaan simpanan karbon pada tumbuhan yang dipengaruhi oleh tinggi, dimana tumbuhan yang lebih tinggi memiliki akses yang lebih baik terhadap cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan faktor utama dalam proses fotosintesis. Melalui fotosintesis, tumbuhan dapat menyerap CO_2 dari udara dan mengubahnya menjadi energi, yang kemudian disimpan dalam bentuk biomassa.

Perbedaan cadangan karbon yang tersimpan disebabkan adanya perbedaan besaran diameter diantara tiap individu. Secara umum biomassa pada tiap bagian pohon terbesar diperoleh dari pohon dengan diameter yang terbesar pula (Lembang et al., 2019). Berat biomassa yang besar akan mempengaruhi besarnya cadangan karbon pada suatu stasiun. Oleh karena itu, setiap peningkatan terhadap biomassa akan diikuti dengan peningkatan stok karbon. Hal ini menunjukkan besarnya biomassa berpengaruh terhadap stok karbon. Kandungan karbon pada tumbuhan menggambarkan berapa besar tumbuhan tersebut mengikat CO_2 dari udara (Utami et al., 2024). Diameter batang pada umumnya memiliki kontribusi yang paling besar dibandingkan dengan biomassa pada bagian daun dan lainnya (Azzahra et al., 2020). Hal ini disebabkan batang menyimpan sebagian besar cadangan hasil fotosintesis untuk pertumbuhan tanaman. Sebagian karbon akan menjadi bahan bakar untuk proses hidup

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

tanaman dan sebagian masuk dalam struktur tumbuhan seperti selulosa dan menjadi bagian dari tumbuhan (Garsetiasih et al., 2018). Selulosa tersusun oleh karbon, sehingga semakin tinggi selulosa, maka kandungan karbon akan semakin tinggi. Makin besar diameter pohon diduga memiliki potensi selulosa dan zat penyusun kayu lainnya akan lebih besar. Dengan demikian, memperhatikan pengelolaan dan konservasi ekosistem sangat krusial sebab ukuran diameter pohon memiliki peranan penting dalam penyimpanan karbon yang mendukung keberlanjutan lingkungan.

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai total stok karbon M. calabura pada semua stasiun adalah sebesar 16,47 kg/ pohon. Berdasarkan klasifikasi Dahlan (2008) tentang tinggi rendahnya nilai cadangan karbon pohon menunjukkan bahwa nilai total stok karbon pada *M. calabura* yang diukur di lokasi sekitar Hutan Kampus Unesa Lidah Wetan berada pada kategori rendah (10-49,4). Hal ini menunjukkan biomassa dan cadangan karbon suatu jenis tumbuhan tergantung pada laju fotosintesis. Tingkat serapan CO_2 yang tinggi dapat meningkatkan laju fotosintesis pada tumbuhan yang berpotensi meningkatkan biomassa dan cadangan karbon (Sirbianti et al., 2022). Hasil serapan CO_2 pada *M. calabura* pada stasiun 1 didapatkan nilai 17,42. Hal tersebut sesuai dengan semakin besar nilai biomassa, maka semakin besar pula kapasitas penyerapan CO_2. Selain itu, dalam kondisi lingkungan yang kurang mendukung dalam pertumbuhan dapat mempengaruhi simpanan karbon. Berdasarkan parameter fisika tanah, kelembaban pada stasiun 1 yaitu 27%, pada stasiun 2 memiliki kelembaban tanah yaitu 18% serta stasiun 3 kelembaban tanah yaitu 15%. Oleh karena itu banyak tumbuhan mengalami stress air dan pertumbuhannya dapat terhambat sehingga mempengaruhi rendahnya biomassa dan stok karbon. Tumbuhan melalui proses fotosintesis menyerap CO_2 dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbohidrat dan menyimpannya dalam biomassa pada bagian seperti di dalam batang, daun, akar, buah, dan lain-lain. Menurut Nuranisa et al., (2020) menyatakan bahwa kandungan karbon pada

memiliki kapasitas yang lebih tinggi untuk penyerapan karbon karena biomassa lebih besar, yang mencakup dari sistem batang, cabang, dan akar yang lebih luas (Verisandria et al., 2018). Peningkatan biomassa dan karbon tersimpan di pohon seiring dengan pertambahan dimensi batang yang meliputi diameter dan tinggi pohon. Hal ini mengindikasikan bahwa besar diameter, keliling serta tinggi memiliki hubungan yang linier.

Penyimpanan karbon pada *M. Calabura* selain memiliki cadangan dan serapan karbon, *M. Calabura* juga memiliki potensi sebagai penyerap polutan, mengurangi emisi, sebagai peneduh, serta sebagai pengendali iklim mikro. Hal ini ditunjang oleh jumlah vegetasinya. Dengan melakukan pengukuran biomassa vegetasi di seluruh area kampus, maka tanaman menggambarkan berapa banyak dalam menyerap CO_2 dari udara. Peningkatan diameter disebabkan penyimpanan biomassa hasil transformasi CO_2 yang semakin bertambah besar seiring dengan semakin banyaknya CO_2 yang diserap oleh pohon (Marzuki et al., 2023). Dalam aktifitas sebagian CO_2 yang telah terikat akan dilepaskan kembali dalam bentuk CO_2 ke atmosfer. Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer melalui proses fotosintesis dan tersimpan dalam jaringan tumbuhan (Danarto & Yulistyarini, 2019).

Pada penelitian Kurniawan et al. (2023) nilai serapan karbon pada tegakan tingkat individu pohon tanaman *M. Calabura* memiliki nilai serapan karbon rendah yaitu sebesar 0,019 ton dengan hanya 1 tegakan, dibandingkan dengan tumbuhan lainnya yang memiliki jumlah tegakan yang lebih banyak dibandingkan dengan *M. Calabura* hal ini mengindikasikan perbedaan jumlah tegakan, semakin banyak jumlah tegakan maka semakin besar nilai serapan karbon. Selain itu tanaman yang lebih besar dan lebih tua cenderung memiliki stok karbon yang lebih tinggi. Tumbuhan atau pohon berumur panjang yang tumbuh di hutan atau kebun merupakan tempat penyimpanan karbon yang jauh lebih besar daripada tanaman semusim (Darliana et al., 2023). Oleh karena itu, hutan dengan keragaman jenis pohon berumur panjang dan serasah yang banyak memiliki penyimpanan karbon tertinggi (Bhaskara et al., 2018).

Hasil analisis dengan menggunakan uji pearson membuktikan bahwa adanya hubungan data antara variabel tinggi, diameter, keliling, dan stok karbon. Berdasarkan Tabel 2, hasil korelasi antara antara tinggi dan keliling terhadap stok karbon didapatkan nilai 0,464 dan 0,842. Angka tersebut menunjukkan bahwa adanya korelasi positif dan hubungan yang kuat antara diameter dan stok karbon pada tegakan *M. calabura*. Hasil koefisien korelasi yaitu 0,000 < 0,05, yang berarti menolak H0. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi, besar diameter batang, dan keliling batang tanaman, maka semakin besar pula kandungan stok karbon yang tersimpan di dalam tanaman tersebut. Pohon yang lebih besar dengan diameter yang lebih besar,

dapat menghitung potensi penyimpanan karbon di hutan kampus serta memantau perubahan yang terjadi seiring berjalannya waktu. Hal ini memungkinkan untuk mengevaluasi efektivitas upaya konservasi yang telah dilakukan. Investasi dalam pelestarian dan pengembangan hutan kampus tidak hanya mencerminkan tanggung jawab sosial, namun merupakan langkah strategis jangka panjang yang akan membawa manfaat bagi generasi mendatang. Hal ini berkontribusi tidak hanya dalam mitigasi perubahan iklim, tetapi juga dalam meningkatkan kualitas hidup di sekitar lingkungan kampus.

Pengukuran kadar klorofil dan luas permukaan daun *M. calabura* di Kawasan hutan kampus Unesa disajikan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tabel 3. Hasil Kadar Klorofil

Stasiun	Bagian	Klorofil A (mg/L) ± SD	Klorofil B (mg/L) ± SD	Klorofil total (mg/L) ± SD	Stok karbon (kg/tree) ± SD
1	Pangkal	28.83 ± 1.22	19.53 ± 5.48	54.00 ± 8.61	28.83 ± 1.22
	Tengah	28.81 ± 1.76	25.42 ± 8.81	50.23 ± 4.77	28.81 ± 1.76
	Pucuk	21.22 ± 4.71	10.68 ± 1.44	41.34 ± 13.43	21.22 ± 4.71
2	Pangkal	26.15 ± 2.08	12.53 ± 1.68	38.87 ± 3.76	26.15 ± 2.08
	Tengah	27.10 ± 0.43	12.95 ± 0.73	40.25 ± 1.15	27.10 ± 0.43
	Pucuk	17.30 ± 3.66	8.00 ± 2.02	25.22 ± 5.86	17.30 ± 3.66
3	Pangkal	28.45 ± 1.18	25.32 ± 9.61	49.00 ± 6.68	28.45 ± 1.18
	Tengah	28.11 ± 0.83	20.91 ± 3.97	54.46 ± 7.05	28.11 ± 0.83
	Pucuk	25.35 ± 5.73	15.80 ± 7.91	32.05 ± 6.13	25.35 ± 5.73

Tabel 4. Hasil Luas Daun

Stasiun	Bagian		
	Pangkal (cm_2) ± SD	Tengah (cm_2) ± SD	Pucuk (cm_2) ± SD
1	62.07 ± 12.88	57.77 ± 5.31	46.67 ± 7.32
2	60.23 ± 6.21	63.93 ± 11.94	38.43 ± 4.36
3	51.57 ± 7.97	57.93± 5.31	44.03 ± 13.82

Tabel 5. Korelasi Antara Luas Daun dan Kadar Klorofil

No.	Parameters	Pearson correlation (r)	Signification (p)
1	Luas daun	0.200	0.317
2	Kadar klorofil	0.317	0.200

Tabel 6. Korelasi Antara Stok Karbon dan Kadar Klorofil

No.	Parameters	Pearson correlation (r)	Signification (p)
1	Kadar klorofil	-0.250	0.209
2	Stok karbon	0.209	-0.250

Hasil pengukuran kandungan klorofil pada Tabel 3 menunjukkan hasil klorofil a, klorofil b, dan klorofil total yang tertinggi seluruh stasiun pada daun bagian pangkal. Sedangkan kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total yang terendah pada bagian pucuk. Nilai kadar klorofil total tertinggi diperoleh pada stasiun 1 bagian pangkal yaitu 54,00 mg/L, rata-rata tertinggi kandungan klorofil total tertinggi bagian pucuk terdapat pada stasiun 1 yaitu 41,34 mg/L. Kadar konsentrasi klorofil a, klorofil b, dan klorofil total yang rendah pada daun dengan kategori umur muda yaitu pada bagian pucuk. Klorofil yang berperan dalam reaksi perubahan energi radiasi matahari menjadi energi kimia serta menyerap dan mengangkut energi ke pusat reaksi molekul merupakan klorofil a, sedangkan sebagai penyerap energi matahari yang diteruskan ke klorofil adalah peran klorofil b (Mashud et al., 2015 dalam Sumiati 2021). Tinggi rendahnya kadar klorofil disebabkan oleh beberapa faktor seperti umur tanaman, umur daun, morfologi daun serta faktor genetik. Umur daun dan tahapan fisiologis suatu tanaman adalah faktor utama yang menentukan kandungan klorofil. Tiap spesies dengan umur tegakan yang sama memiliki kandungan kimia yang berlainan dengan jumlah genom yang berlainan pula. Hal ini mengakibatkan metabolisme yang terjadi akan berlainan terkait dengan jumlah substrat maupun enzim metabolisme.

Pada tumbuhan faktor abiotik seperti kondisi lingkungan dan intensitas cahaya yang baik akan mendukung keberlangsungan proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan untuk berlangsungnya kehidupan. Pada penelitian ini hasil parameter fisika – kimia pada intensitas cahaya tertinggi yaitu stasiun 1 dengan nilai sebesar 13445 lux. Hal ini pada stasiun 1 dalam menangkap energi cahaya matahari lebih efisien sehingga kandungan klorofilnya lebih tinggi, sehingga laju fotosintesis lebih tinggi dibandingkan stasiun 2 dan 3. Intensitas cahaya dapat mempengaruhi suhu lingkungan. Semakin tinggi intensitas cahaya, maka suhu lingkungan semakin tinggi.

Dalam keadaan ini, kondisi lingkungan sangat berpengaruh dimana perubahan lingkungan akan menyebabkan suatu tumbuhan beradaptasi dengan perubahan lingkungan tersebut (Sonke et al., 2019). Maka dari itu, pengaruh kandungan klorofil pada daun sangat bervariasi mulai dari faktor gen, cahaya, air, ketebalan daun, umur daun, dan letak posisi daun pada suatu tanaman (Fathurrahman et al., 2022). Daun yang berwarna hijau tua mengandung banyak klorofil a, sedangkan daun yang berwarna hijau kekuningan memiliki kandungan klorofil b yang tinggi (Tambaru et al., 2023). Klorofil pada daun yang berwarna hijau kekuningan masih berupa protoklorofil dan daun menjadi hijau tua selepas transformasi protoklorofil. Klorofil b dibentuk dari klorofil a (Khafid et al., 2021). Semakin tua umur daun maka kemampuan fotosintesis semakin berkurang, sehingga menyebabkan kerusakan pada klorofil karena fungsinya tidak dapat berjalan dengan baik. Kemampuan daun untuk berfotosintesis meningkat hingga daun berkembang penuh kemudian menurun secara perlahan karena umur daun yang tua (Darwati et al., 2020). Daun hijau tua memiliki kadar klorofil tinggi disebabkan terjadinya sintesis klorofil b menjadi klorofil a dalam jumlah besar, diikuti dengan berkembangnya daun tanaman (Tambaru et al.,

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

2023). Klorofil meningkat sejalur dengan perkembangan daun yaitu saat klorofil mencapai tingkat maksimal yang akhirnya daun berhenti berkembang (Fauzi et al,. 2022).

Klorofil a dan klorofil b berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan klorofil b yang berperan sebagai mengumpulkan cahaya matahari kemudian ditransferkan ke klorofil a. energi cahaya akan diubah menjadi energi kimia di klorofil a yang kemudian digunakan dalam fotosintesis (Dharmadewi, 2020). Kadar klorofil a yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingan dengan klorofil b. Hal ini disebabkan karena jarak tanaman pada stasiun satu dengan stasiun lainnya jauh sehingga dapat menyerap cahaya dengan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan klorofil b. Klorofil b yang berwarna hijau muda, bekerja sebagai pendukung dan membantu dalam menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda. Pembentukkan klorofil a dipengaruhi oleh adanya cahaya yang mereduksi protoklorofilid menjadi klorofil a, kemudian dioksidasi menjadi klorofil b.

Daun yang luas dengan berwarna hijau mengindikasikan klorofil yang terkandung berjumlah besar (Rahman et al., 2022). Selain itu kandungan klorofil dalam daun berfungsi sebagai sumber dalam menghasilkan cadangan makanan. Bentuk morfologi dari daun *M. Calabura* yaitu memiliki permukaan daun yang kesat dan memiliki rambut daun. Daun kersen memiliki keunikan yakni sisi daun satu dengan lainnya tidak simetris karena sisi helai daun lebih panjang dari sisi yang lain. Tempat untuk melekatnya daun *M. Calabura* termasuk ke dalam tipe petiolate. Luas daun berpengaruh terhadap jumlah stomata yang penting bagi tumbuhan sebagai pertukaran gas dan proses fotosintesis. Tanaman yang memiliki stomata lebih besar memiliki kemampuan menyerap CO_2 lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan tingginya aktivitas fotosintesis yang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yaitu intensitas cahaya (Yustiningsih, 2019). Luas daun dinyatakan sebagai luas daun total per tanaman atau per satuan luas tanah. Serapan hara oleh tanaman dapat memengaruhi fotosintesis dan tampak pengaruhnya pada luas daun (Tambaru et al., 2023).

Jumlah kadar klorofil tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan umur, namun luas ukuran daun juga dapat mempengaruhi jumlah kadar klorofil. Hasil penelitian pengukuran luas daun pada Tabel 2. menunjukkan bahwa pada stasiun pertama memiliki rata-rata permukaan luas daun terbesar dengan nilai daun pangkal 62,10 cm^2; Tengah 57,77 cm^2; dan pucuk 46,67 cm^2. Sebaliknya, pada stasiun tiga memiliki rata-rata permukaan luas daun terkecil dengan nilai daun pangkal 60,20 cm^2; Tengah 57,90 cm^2; dan pucuk 44 cm^2. Perbedaan nilai permukaan luas daun pada *M. Calabura* dalam satu pohon atau berbeda pohon memiliki luas daun yang bervariasi, selain itu didukung juga oleh posisi daun, menerima cahaya secara langsung atau posisis ternaungi. Tumbuhan yang tumbuh pada intensitas cahaya yang rendah hingga cukup, menunjukkan ukuran luas daun lebih besar. Selain itu, Tingkat perkembangan daun yang berbeda-beda akibat aktivitas jaringan meristem pohon. Sehingga bagian pangkal daun lebih tua dibandingkan pucuk daun yang berakibat pada perbedaan kandungan kadar klorofil. Bentuk daun *M. Calabura* yang kecil dan rimbun memungkinkan untuk memaksimalkan penyerapan cahaya matahari yang diperlukan untuk fotosintesis, meskipun dalam kondisi pencahayaan yang kurang optimal. Menurut (Mustafa et al., 2024) bahwa pertumbuhan awal daun terjadi karena meristem apikal dan marginal yang memiliki pola pembelahan. Pada dikotil lapisan terluar meristem marginal membelah anticlinal dan tidak tergantung pada lapisan sel di bawahnya. Perluasan dalam permukaan daun berkaitan dengan peningkatan jumlah dan ukuran kloroplas serta jumlah klorofil yang terdapat pada palisade dan spons parenkim. Besar kecilnya luas daun sendiri yang memiliki kontribusi dalam menghasilkan biomassa. Meski proses fotosintensis menyerap karbon dioksida, tetapi hasil fotosintesis didistribusikan ke bagian lainnya, sehingga kandungan biomassa pada bagian yang non-fotosintesis akan lebih besar dibandingkan dengan bagian daun yang menjalankan proses fotosintesis. Perkembangan daun pada setiap tumbuhan dapat dipengaruhi oleh beberaa faktor seperti intensitas cahaya, kelembaban udara, ketersediaan air serta unsur hara. Perubahan pada tanaman yang dilalui secara anatomi atau morfologi akan meningkatkan luas daun dan kadar klorofil (Daningsih & Ningsih, 2022).

Hasil analisis dengan menggunakan uji pearson membuktikan adanya hubungan antara leaf area dengan kadar klorofil. Berdasarkan Tabel 5, hasil korelasi antara leaf area dengan kadar klorofil didapatkan berkorelasi lemah yaitu 0,200. Sedangkan pada Tabel 6 menunjukkan hubungan korelasi antara kadar klorofil dan stok karbon didapatkan hasil yang sama yaitu berkorelasi lemah yaitu 0,209. Hal ini terjadi karena adanya variabilitas distribusi karbon yang tidak merata pada bagian tumbuhan. Proses fotosintesis menghasilkan biomassa yang disebar pada seluruh bagian tumbuhan seperti pada akar dan batang, sehingga meningkatkan total stok karbon pada bagian tersebut. Selain kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, serta tersedianya air dapat mempengaruhi fotosintesis dan produksi klorofil. Kondisi lingkungan yang tidak optimal menyebabkan kadar klorofil meskipun luas daun tetap besar.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tabel 7. Parameter Fisika Kimia Setiap Stasiun Pada *M. calabura*

Parameter fisika - kimia	Stasiun			
	1	2	3	Baku mutu
Intensity of air light (lux)	13445 ± 1698.08	11975 ± 3946.84	8756 ± 2669.45	5500 – 20000
Air temperature (°C)	32 ± 0.73	32 ± 0.73	29,2 ± 0.71	25 – 35
Air humidity (%)	87 ± 8.64	70 ± 6.45	69 ± 3.42	30 – 80%
Air CO_2 (°ppm)	506 ± 3.43	493 ± 30.76	481 ± 60.95	<5000
Soil pH	7 ± 1.4	7,8 ± 0.32	7,75 ± 0.45	6 – 8
Soil moisture (%)	27 ± 1.82	18 ± 0.48	15 ± 0.63	10 – 40%
Soil temperature (°C)	33.3 ± 0.97	32.1 ± 1.67	31.4 ± 0.70	25 – 35

Data parameter pada Tabel 7, pada spesies Muntingia calabura terdiri dari 3 stasiun menunjukkan bahwa pengamatan intensitas cahaya sekitar 8.756-13.445 lux. Suhu udara tercatat sekitar 29,2-32 oC, kelembaban udara berkisar 69-87% dengan kadar CO_2 udara tercatat 482-506 ppm. Sementara itu kondisi lingkungan fisika – kimia pada tanah dari ketiga stasiun yaitu Ph tanah tercatat 7-7,75; kelembaban tanah berkisar 15-27%, serta suhu tanah berkisar 31,4-33,3°C. Suhu tanah pada seluruh stasiun berkisar 30°C, hal ini sejalan dengan penelitian Agumanis *et al*. (2021) yang menyatakan bahwa suhu optimal berkisar 30°C dan batas maksimum suhu berkisar 40°C, kenaikan suhu akan menyebabkan meningkatnya laju respirasi sehingga kadar CO_2 dalam daun meningkat dan pH dalam daun menjadi turun. pH tanah yang rata-rata pada angka 7 pada umumnya akan mudah diserao oleh tumbuhan (Hartati et al., 2023). Sebab pada ph 7 sebagian besar unsur hara mudah larut dalam air. Kelembaban dan temperatur tanah yang baik menjadikan tanah mempunyai ruang yang cukup sehingga sirkulasi udara di dalam tanah dapat berjalan dengan baik. Rata-rata hasil dari tabel 7. Masih dibatas normal berdasarkan nilai baku mutu dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2022).

Pengukuran suhu udara bermanfaat untuk mengetahui kondisi suhu yang dapat mempengaruhi proses fotosintesis. Suhu yang ideal tidak hanya mendukung proses fotosintesis, namun berkontribusi terhadap aktivitas mikroorganisme yang berada dalam tanah yang berguna untuk siklus unsur hara. Kelembaban udara juga turut diukur, karena Tingkat uap udara di atmosfer dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pada penelitian (Fauzi, 2019) Ketika pohon terpapar polusi udara maka terhambatnya difusi udara akibat pengendapan partikel polutan pada stomata sehingga menghambat sintesis protein. Kelembaban yang sesuai mendukung proses transpirasi tumbuhan yang penting dalam penyerapan karbon dioksida melalui fotosintesis. Perbedaan nilai pengukuran parameter lingkungan pada ketiga stasiun menunjukkan bahwa lingkungan di Hutan Kampus Unesa sesuai dalam pertumbuhan *M. calabura*.

M. calabura merupakan tumbuhan semi liar yang biasa tumbuh dimana saja seperti di pinggir jalan, selokan, retakan tembok, pekarangan rumah, bahkan di kebun. *M. calabura* memiliki pertumbuhan yang cepat dan proporsinya ramping. Selain itu, *M. calabura* merupakan tanaman adaptif dan dapat tumbuh di berbagai kondisi lingkungan sebab *M. calabura* toleran terhadap jenis tanah dan dapat tumbuh di tanah yang subuh dan dapat tumbuh pada kondisi tanah yang kering, selain itu, *M. calabura* tumbuhan yang cepat tumbuh sehingga banyak di tanam di sekitar lahan parki yang berguna sebagai peneduh. *M. calabura* ini dapat membantu dalam rehabilitasi lahan yang terdegradasi karena kemampuannya untuk tumbuh cepat terhadap kondisi tanah yang buruk. Meskipun tumbuhan ini mudah ditemukan dimana saja, namun *M. calabura* masih kurang dimanfaatkan. Dengan memanfaatkan adanya tumbuhan *M. calabura* dapat membantu menjaga keanekaragaman hayati. Hutan yang sehat berfungsi sebagai cadangan karbon. Hal ini sesuai dengan tujuan SDGs 15 untuk melestarikan keanekaragaman hayati dan ekosistem darat.

4. KESIMPULAN

Rerata stok karbon pada tanaman *Muntingia Calabura* L. pada 50 individu di Hutan Kampus UNESA sebesar 16.47 kg/ pohon dengan rerata biomassa sebesar 35.30 kg/ pohon. Rerata stok karbon pada masing-masing stasiun bernilai kategori rendah, sehingga stok karbon per individu *Muntingia Calabura* L. tergolong kecil dan kontribusi spesies ini lebih ditentukan oleh jumlah individunya. Analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa diameter batang berhubungan kuat dan signifikan dengan stok karbon ($r=0.946$; $p<0.001$), sedangkan tinggi pohon tidak berhubungan nyata dengan stok karbon ($r= -0.350$; $p=0.209$), dan hubungan luas daun dengan kadar klorofil lemah tidak signifikan ($r= 0.200$; $p= 0.317$). Dengan demikian, hanya diameter batang yang dapat peningkatan biomassa dan karbon tersimpan di pohon seiring dengan pertambahan dimensi batang. Hal ini mengindikasikan bahwa keliling serta tinggi memiliki hubungan yang linier. Sedangkan, kadar klorofil dan luas daun tanaman *M.calabura* L. berkorelasi lemah. Hasil ini dapat menjadi data dasar stok karbon *M. Calabura* di hutan kampus. Potensi penyerapan karbon masih memerlukan penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Agumanis, V., Tasirin, J.S., Nurmawan, W. 2021. Pemetaan Simpanan Karbon Tanaman Peneduh Jalan Wolter Monginsidi Kota Manado. Jurnal Unsrat.

Azzahra, F. S., Suryanti S., Febrianto, S. 2020. Estimasi Serapan Karbon Pada Hutan Mangrove Desa Bedono,

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Demak, Jawa Tengah. Journal of Fisheries and Marine Research, Vol. 4. No. 2. Hal 308 – 315.

Bhaskara, D.R., Qurniati, R., Duryat., Banuwa, I.S. 2018. Karbon Tersimpan pada Repong Damar Pekon Pahmungan, Kecamatan Pesisir Tengah, Kabupaten Pesisir Barat. Jurnal Sylva Lestari, Vol. 6 No. 2. Hal 32 – 40.

Chairul., Amanda, F. M., Solfiyeni., Mukhtar, E. 2024. Estimated Tree Carbon Reserves and Saplings in the Nagari Sumpur Kudus Social Forestry Area, Sijunjung Regency. Jurnal Biologi Tropis, Vol. 24 No. 1. Hal 659 – 668.

Danarto, S. A., Yulistyarini, T. 2019. Seleksi Tumbuhan Dataran Rendah Kering Yang Berpotensi Tinggi Dalam Sekuestrasi Karbon Untuk Rehabilitasi Kawasan Terdegradasi. Jurnal Biodiv Indon, Vol. 5 No. 1. Hal 33 – 37.

Daningsih, E., Ningsih, C. S. 2022. Ketebalan Daun dan Laju Transpirasi Tanaman Hias Monokotil. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, Vol. 27 No. 4. Hal 514 – 520.

Darliana, I., Wilujeng, S., Nurmajid. 2023. Estimasi Cadangan Karbon Dan Serapan Karbon Di Taman Maluku Kota Bandung. Jurnal Ilmiah Pertanian, Vol. 11 No. 1. Hal 164 – 171.

Darwati, I., Rosita, R. M., Setiawan, dan Nurhayati, H. 2013. Identifikasi Karakter Morfo-Fisiologi Penentu Produktivitas Jambu Mete (Anacardium occidentale). Jurnal Penelitian Tanaman Industri, Vol. 19 No. 4. Hal 186-193.

Dharmadewi, A. A. I. M. 2020. Analisis Kandungan Klorofil Pada Beberapa Jenis Sayuran Hijau Sebagai Alternatif Bahan Dasar Food Suplement. *Jurnal Emasains:* Jurnal Edukasi Matematika dan Sains, Vol. 9 No. 2. Hal 171 – 176.

Fathurrahman, F., Mulyani, S., dan Candra, R. P. 2022. Pengaruh Waktu Pemberian dan Konsentrasi Paclobutrazol Terhadap Perlambatan Pertumbuhan Trembesi (Albizia saman Jacq). Jurnal Agrotek Tropika, Vol 10 No. 1. Hal 137-143.

Fauzi, A., Kusumastuty, D. A., Mahmudati, N., Purwanti, E., Hindun I. 2019. The Quality of Air at Petroleum Refining Area in Bojonegoro, Indonesia: Morphological condition and chlorophyll level changes of *Muntingia calabura* L. *International Conference on Life Science and Technology*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 276 (2019) 012029.

Garsetiasih, R., Rianti, A., & Heriyanto, N. M. 2018. Potensi Tumbuhan Bawah Pada Tegakan Hutan Tanaman Acacia. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, Vol. 15 No. 2. Hal 97–111.

Hartati, R. D., Suryaman, M., Saepudin, A. 2023. Pengaruh Pemberian Bakteri Pelarut Fosfat Pada Berbagai Ph Tanah Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) *Merr*). Journal of Agrotechnology and Crop Science, Vol. 1 No. 1. Hal 26 – 34.

Khafid, A., Nurchayati, Y., dan Suedy, S. W. A., 2021. Kandungan Klorofil dan Karotenoid Daun Salam (*Syzigium polyanthum (Wight) Walp*.) pada Umur yang Berbeda. Buletin Anatomi dan Fisiologi. Vol. 6 No. 1. Hal 74–80.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2022. *Status Hutan dan Lahan di Indonesia*. PLH Siklus, Stok & emisi karbon di kampus ITS. Indonesia, Surabaya.

Kurniawan, A.R., Ichsan, A.C., Markum. 2023. The Carbon Stocks Estimation on The Green Belt of Mataram City. Jurnal Biologi Tropis, Vol. 23 No. 2. Hal 431 – 437.

Lembang, R. K., Huliselan, S., Adji, F. 2019. Pendugaan Biomassa Dan Karbon Tersimpan Mangrove *Rhizopora apiculate* Dan *Sonneratia alba* di Desa Simau. Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil, Vol. 3 No. 1. Hal 72-68.

Leontinus, G.R.S. 2022. Program Dalam Pelaksanaan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) Dalam Hal Masalah Perubahan Iklim di Indonesia. Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi, Vol. 5 No. 1. Hal 43 - 52. Sustainability unesa.

Marzuki., Nurdin, N., Yasir, I., Mashoreng S., Selamat, M. B. 2023. Estimasi Stok Karbon Biomassa Pada Ekosistem Mangrove Menggunakan Data Satelit Di Pulau Nunukan Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara. Jurnal Majalah Ilmu Globe, Vol. 25 No. 1. Hal 63 – 76.

Mustafa, B. S., Ismael, N. B., Mustafa, N. R., Kakarash, S. A., Abdulazeez, S. D. 2024. Chlorophyll Content and Leaf Area Correlated with Corn (*Zea mays*) Yield Components in F1 hybrids. Indian Journal of Agricultural Sciences, Vol. 94 No. 4. Hal 352 – 357.

Nuranisa, S. Sudiana, E., Yani, E. 2020. Hubungan Umur dengan Stok Karbon Pohon Duku (*Lansium parasiticum*) Di Desa Kalikajar Kecamatan Kaligondang Kabupaten Purbalingga. Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed, Vol. 2 No. 1. Hal 146 – 151.

Rachmadiarti, F. Penerbit Universitas Negeri Surabaya. 2024, Februari 3. Keren, Tim Riset MBKM Kembangkan QR Code Materi Edukasi Interaktif di Lab Merdeka. Universitas Negeri Surabaya. Diakses dari https://www.unesa.ac.id/keren-tim-riset-mbkm-kembangkan-qr-code-materi-edukasi-interaktif-di-lab-merdeka

Rahman, H. D., Nasrudin, N., & Saleh, I. 2022. Respons Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Mentimun Jepang Akibat Pengurangan Dosis Pupuk Urea, SP-36, dan KCl. Jurnal Agroteknika, Vol. 5 No. 2. Hal 107–117.

Sonke, N. G., Siahaan, P., &Ai, N. S. 2019. Kandungan Klorofil Total Daun Puring (*Codiaeum variegatum* L.) Yang Mengalami Cekaman Kekeringan. Jurnal MIPA, Vol. 8 No. 2. Hal 55.

Sribianti, I., Muthaminnah., Daud, M., Nirwana., Abdullah, A. A., Sardiawan, A. 2022. Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon, Produksi O_2 dan Nilai Jasa Lingkungan Serapan CO_2 Tegakan Hutan di Taman Hutan Raya Abdul Latief. Jurnal Hutan dan Masyarakat, Vol. 14 No. 1. Hal 12 – 26.

Sumiati. 2021. Penggunaan Pelarut Etanol dan Aseton pada Prosedur Kerja Ekstraksi Total Klorofil Daun Jati (*Tectona grandis*) dengan Metode Spektrofotometri. Journal Indonesia of Laboratory, Vol. 4 No. 1. Hal 30 – 35.

Tambaru, E., Bachtiar, B., Ura', R., and Tuwo, M., 2023. The Effects Morpho-Anatomical Characters Leaves Tectona grandis and Gmelina arborea as Carbon Dioxide Absorption in Unhas Urban Forest. International Journal on Advanced Science on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol. 13 No. 4. Hal 1290-1292.

Utami, W.S., Juliani, R., Abidin, Z., Santoso, S., Rahayu, A.D., Ankhoviyya, N. 2024. Potensi Simpanan Karbon Dan Serapan Co2 Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Di Taman Keanekaragaman Hayati Pt Tirta Investama, Kabupaten Subang. Journal Of Forestry Research, Vol. 7 No. 1. Hal 13 – 23.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Verisandria R., Schaduw J., Sondak C., et al. 2018. Estimasi potensi karbon pada sedimen ekosistem mangrove di pesisir Taman Nasional Bunaken bagian utara. Journal of Coastal and Marine Tropics, 6 Hal 81–97.

Wati, R., Noverita., Setia, T.M. 2019. Keanekaragaman Jamur Makroskopis Di Beberapa Habitat Kawasan Taman Nasional Baluran. Jurnal Biologi, Vol. 12 No. 2. Hal 171–180.

Yustiningsih, M. 2019. Intensitas Cahaya dan Efisiensi Fotosintesis Pada Tanaman Naungan dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung. Jurnal Pendidikan Biology, Vol. 4 No. 2. Hal 44 – 49.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP