Sains & Matematika
p-ISSN: 2302-7290
e-ISSN: 2548-1835
Sains dan Matematika, Vol 11, No. 2, Oktober 2026: 73-82

Analisis Pendugaan Stok Karbon pada Vegetasi Pohon di Kawasan Hutan Kota Balas Klumprik, Surabaya

Analysis of Estimated Carbon Stock in Tree Vegetation in the Balas Klumprik Urban Forest Area, Surabaya

Flandi Arma Julian, Fida Rachmadiarti*
Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
Jalan Ketintang, Ketintang, Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60231, Indonesia

ABSTRAK

Hutan kota berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui kemampuannya menyerap dan menyimpan karbon dioksida (CO_2). Penelitian ini bertujuan menganalisis stok karbon vegetasi pohon di Hutan Kota Balas Klumprik, Surabaya. Pengamatan dilakukan pada September–November 2025 di tiga stasiun penelitian. Ditemukan empat spesies pohon dengan total 82 individu, yaitu *Samanea saman*, *Delonix regia*, *Swietenia mahagoni*, dan *Neolamarckia cadamba*. Biomassa dihitung menggunakan persamaan alometrik berbasis diameter batang setinggi dada (DBH), sedangkan stok karbon ditentukan menggunakan faktor konversi IPCC. Analisis data dilakukan dengan uji korelasi Pearson dan *Principal Component Analysis* (PCA). Hasil menunjukkan bahwa *Samanea saman* memiliki biomassa, stok karbon, dan daya serap CO_2 tertinggi. DBH, biomassa, dan stok karbon berhubungan signifikan dengan daya serap CO_2, sehingga karakter struktural pohon menjadi faktor utama penyerapan karbon di hutan kota.

Kata Kunci: biomassa; CO_2; hutan kota; stok karbon

ABSTRACT

*Urban forests play a crucial role in climate change mitigation through their ability to absorb and store carbon dioxide (CO_2). This study aims to analyze the carbon stock of tree vegetation in the Balas Klumprik Urban Forest, Surabaya. Observations were conducted from September to November 2025 at three research stations. Four tree species with a total of 82 individuals were identified: Samanea saman, Delonix regia, Swietenia mahagoni, and Neolamarckia cadamba. Biomass was calculated using an allometric equation based on diameter at breast height (DBH), while carbon stock was determined using IPCC conversion factors. Data analysis was performed using Pearson's correlation test and Principal Component Analysis (PCA). The results showed that *Samanea saman* had the highest biomass, carbon stock, and CO_2 absorption capacity. DBH, biomass, and carbon stock were significantly correlated with CO_2 absorption capacity, indicating that tree structural characteristics are the primary factors in carbon sequestration within urban forests.*

Key Words: *biomass;* CO_2; *carbon stock; urban forest*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global disebabkan oleh kenaikan konsentrasi gas rumah kaca yang menyebabkan pantulan energi panas dari bumi (Rizki *et al.,* 2016). Hal ini disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan yang mengabaikan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dan penebangan hutan yang dilakukan dalam jumlah besar, sehingga mengurangi kemampuan tumbuhan untuk menyerap dan menyimpan karbon. Polusi dan perubahan iklim menjadi masalah yang dihadapi seluruh dunia (Zheng *et al.,* 2024), terutama saat urbanisasi semakin meningkat dan penggunaan bahan bakar fosil menjadi salah satu penyebab polusi di area perkotaan (Sundari. 2019). Hal ini menimbulkan kekhawatiran mengenai risiko kesehatan bagi manusia dan lingkungan (Orellano *et al.,* 2020), (Zhao *et al.,* 2020). Berbagai langkah telah diusulkan untuk mengurangi efek polusi dan perubahan iklim di kota-kota, seperti memperketat standar emisi kendaraan, menerapkan energi ramah lingkungan, dan membangun ruang hijau terbuka (Douglas *et al.,* 2019) (Kăspar *et al.,* 2022), (Li *et al.,* 2023).

Stok karbon adalah salah satu faktor eksternal yang diperhatikan saat membangun area untuk mencegah dan mengendalikan pemanasan global. Salah satu elemen penting yang mempengaruhi stok karbon adalah adanya area tumbuhan (Zhou *et al*., 2020). Oleh karena itu, sangat penting bagi Indonesia untuk mengevaluasi seberapa besar kemampuan alam serta beragam aktivitas sektor di Indonesia

*Alamat korespondensi:
fidarachmadiarti@unesa.ac.id

dalam memberikan kontribusi (sumber) dan menyerap (penyerap) karbon. Dengan begitu, diperlukan penelitian tentang kandungan stok karbon sebagai bagian dari upaya mengendalikan emisi karbon dan pemanasan global. Karbon adalah elemen yang diambil oleh tumbuhan dari udara melalui cara fotosintesis dan disimpan sebagai simpanan biomassa (Padang *et al.,* 2023). Menambah vegetasi dapat menjadi cara untuk mengurangi perubahan suhu bumi. Ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Dede dan kawan-kawan pada tahun 2019, yang menunjukkan bahwa menambah tumbuhan bisa menjadi solusi untuk masalah peningkatan suhu bumi. Biomassa tumbuhan berperan penting dalam siklus karbon. Pengukuran biomassa hutan meliputi semua biomassa hidup yang berada di atas dan dibawah tanah, serta bahan organik yang sudah mati seperti kayu yang tidak lagi hidup dan sisa-sisa tumbuhan yang membusuk.

Ruang Terbuka Hijau adalah area atau jalur yang panjang atau terkelompok yang digunakan dengan cara terbuka, di mana pohon dan tanaman tumbuh, baik yang tumbuh sendiri maupun yang ditanam. Hutan Kota adalah salah satu jenis Ruang Terbuka Hijau yang ada di daerah perkotaan (Untajana *et al.,* 2019). Ketersediaan hutan kota sangat penting untuk mengatasi efek pemanasan global, terutama dalam mengurangi tingkat CO_2. Tingkat CO_2 bisa dikurangi lewat penyerapan karbon. Pohon-pohon yang ada di hutan kota dapat menyerap karbon dioksida dari udara dan menyimpannya dalam bentuk biomassa melalui fotosintesis. Dengan mengukur jumlah karbon yang terdapat dalam tanaman (biomassa), kita dapat mengetahui seberapa banyak CO_2. yang diambil oleh tanaman tersebut (Suryani *et al.,* 2020). Oleh karena itu, keberadaan hutan kota sangat vital dalam usaha mengurangi emisi karbon dioksida di area perkotaan.

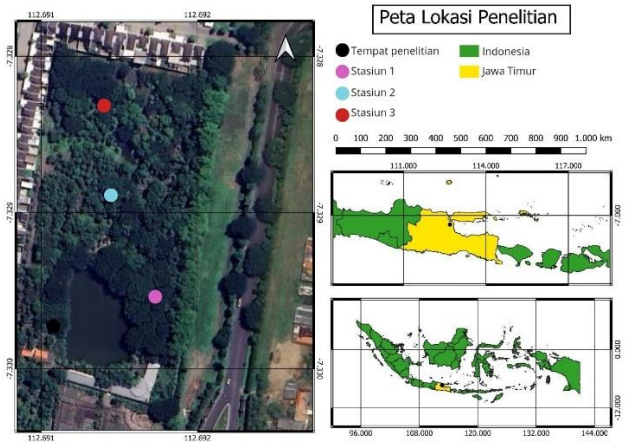
Penelitian mengenai potensi karbon telah dilakukan secara luas, termasuk potensi karbon di Taman Hutan Raya Pocut Meurah Intan (Fadhli *et al.,* 2021). Potensi karbon dari lima jenis pohon tertinggi juga telah dicatat di RTH Sunter dan RTH Karawang (Heriyanto & Hendra, 2020). Penyerapan CO_2. di Hutan Kanal Banjir, Taman Hutan United Tractors Head Office, Taman Wisata Mangrove Muara Tawar Bekasi, Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk, dan pada Hutan Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor juga telah diteliti (Santoso *et al*., 2021). Bahkan, penelitian mengenai potensi penyerapan karbon di hutan kota Banda Aceh juga telah dilakukan (Fadilah Siregar *et al.,* 2018). Namun, beberapa lokasi penelitian memiliki perbedaan. Selain itu, seiring berjalannya waktu, terdapat peningkatan tinggi dan diameter batang yang diakibatkan oleh proses pertumbuhan. Hal ini pasti akan berdampak pada biomassa, kandungan karbon, dan penyerapan CO_2. Dengan mengetahui nilai biomassa dan potensi cadangan karbon, kita dapat memahami seberapa besar penyerapan CO_2. di hutan kota, sehingga terlihat betapa pentingnya keberadaan hutan kota dalam mengurangi kadar CO_2. di kota Surabaya.

Adanya peran penting hutan kota sebagai penyerap karbon di tengah meningkatnya emisi gas rumah kaca akibat aktivitas manusia di kawasan perkotaan. Kota Surabaya sebagai salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki tingkat urbanisasi yang tinggi. Namun, informasi mengenai besarnya stok karbon yang tersimpan pada vegetasi pohon di hutan kota Surabaya masih terbatas. Hal ini membuat penelitian ini mendesak untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis stok karbon pada jenis-jenis pohon yang ada di Hutan Kota Balas Klumprik Surabaya dan menganalisis faktor fisika dan kimia tanah serta udara yang ada di Hutan Kota Balas Klumprik Surabaya. Penelitian ini mendukung upaya SDGs poin 13 karena vegetasi berperan penting sebagai penyerap karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer melalui proses fotosintesis. Dengan mengetahui jumlah cadangan karbon yang tersimpan pada pohon di kawasan hutan kota, dapat dihitung kontribusinya dalam menurunkan konsentrasi gas rumah kaca. Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa hutan kota tidak hanya berfungsi sebagai ruang hijau, tetapi juga sebagai salah satu strategi mitigasi perubahan iklim di wilayah perkotaan. Dengan demikian, penelitian tersebut menjadi implementasi nyata dari target SDGs 13.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode observasi non-destruktif. Data yang diambil adalah data primer yang meliputi keliling atau diameter pohon setinggi dada atau 1,3 m dari permukaan tanah, luas area daun (*leaf area*) yang diukur dengan alat *leaf area meter* dan kandungan klorofil yang diuji

menggunakan *spectrophotometry* UV-VIS. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September sampai November 2025, sampel diambil di kawasan hutan kota Balas Klumprik Surabaya dengan 3 stasiun yang berbeda (Gambar 1). Sedangkan pada pengujian klorofil dan pengukuran luas daun (*leaf area*) dilakukan di Laboratorium Biologi Molekuler, IsDB, FMIPA, Unesa.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

Prosedur penelitian diawali dengan pengambilan data pertumbuhan pohon yang meliputi diameter pohon, tinggi pohon dan jenis pohon yang mana data ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung biomassa dan kandungan karbon yang tersimpan. Analisis dari hasil penelitian yang mencakup ukuran diameter dan tinggi pohon di lakukan untuk menentukan biomassa yang ada di atas permukaan (Heriyanto et al., 2019). Selanjutnya ialah pengukuran faktor fisika dan kimia lingkungan meliputi tanah dan udara (suhu, pH, kelembapan, intensitas cahaya dan CO_2) dengan menggunakan alat air quality control, lux meter, soil tester serta termometer tanah, dan pengambilan sampel daun sebagai bahan untuk uji klorofil dan mengukur luas area daun (*leaf area*). Pengukuran biomassa dapat dilakukan dengan persamaan allometrik berikut (Hoyos-Santillan *et al.*, 2025):

$$\mathbf{B = 0{,}11 \times \rho \times DBH^{2{,}62}}$$

Keterangan:

B = biomassa di atas tanah (Kg/ton)

0,11 = Koefisien dari analisis empiris terhadap data biomassa pohon

ρ (rho) = Densitas kayu/berat jenis (g/cm^3). Data sekunder dari (*wood density*)

DBH = Diameter batang diukur pada 1,3 meter di atas permukaan tanah

2,62 = Eksponen hubungan non-linear antara diameter batang dan biomassa.

Kemudian Perhitungan stok karbon dilakukan dengan mengalikan nilai biomassa dengan faktor konversi karbon sebesar 0,46 sesuai standar IPCC. Penggunaan faktor 0,46–0,50 untuk mengonversi biomassa menjadi karbon telah dibuktikan keakuratannya dalam berbagai penelitian terkait estimasi cadangan karbon pada ekosistem hutan tropis dan mangrove (Hoyos-Santillan *et al.*, 2025). Dihitung dengan rumus:

$$\mathbf{CS = W \times 0{,}46}$$

Keterangan:

CS = Carbon stok

W = Biomass

0,46 = Cadangan karbon tersimpan yakni 46% dari biomassa pohon

Selanjutnya dilakukan perhitungan serapan karbon dioksida (CO^2) melalui proses konversi stok karbon yang tersimpan dengan mempertimbangkan perbandingan massa atom relatif karbon (C), yang dihitung menggunakan rumus:

$$\mathbf{Serapan\ CO_2 = CS \times 3{,}67}$$

Keterangan:

CS = stok karbon

3,67 = angka ekuivalen atau konversi unsur C ke CO_2

Sampel daun yang telah diambil dari 3 pohon dari masing – masing stasiun yang berbeda, bagian daun yang diambil adalah pucuk, tengah dan pangkal akan digunakan untuk mengukur kadar klorofil yang terkandung di dalamnya. Pengujian dilakukan dengan menghaluskan 0,3 g sampel daun kemudian ditambahkan 30 mL alkohol 96%, lalu disaring dengan bantuan kertas saring dan terakhir dimasukkan ke dalam kuvet serta diukur menggunakan *spectrophotometry* UV-VIS. Total kandungan klorofil daun yan telah didapatkan kemudian dihitung menggunakan rumus Wintermans dan De Mots (Pratiwi & Rachmadiarti, 2021).

Klorofil a : 13,7 x OD 665 – 5,67 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)

Pengukuran luas permukaan daun (*leaf area*) dilakukan dengan memindai daun pada alat leaf area meter sampai muncul angka luas daun di monitor, serta mengukur parameter fisika kimia

lingkungan. Data yang telah diperoleh kemudian dilakukan analisis statistik dengan menggunakan uji korelasi pearson. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara jumlah biomassa, stok karbon, serapan CO_2, klorofil daun dan luas permukaan daun (*leaf area*) serta dilakukan pengujian Principal Component Analysis (PCA)untuk mengetahui parameter yang paling berkontribusi antar satu sama lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang telah dilakukan terhadap empat jenis spesies pohon, yaitu *Samanea saman* (Trembesi), *Delonix regia* (Flamboyan), *Swietenia mahagoni* (Mahoni), dan *Neolamarckia cadamba* (Jabon), berhasil diidentifikasi total 82 individu. Data biomassa, stok karbon, dan serapan CO_2 dari keempat spesies disajikan secara terperinci (Tabel 1). Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa *S. saman* memiliki kontribusi terbesar terhadap penyimpanan karbon dan daya serap CO_2 dibandingkan spesies lain. Spesies ini memiliki jumlah individu tertinggi (44 individu) dengan nilai DBH rata-rata sebesar 15,75 ± 8,73 cm, biomassa 1039,60 ± 552,64, stok karbon 796,25 ± 259,74, serta serapan CO_2 mencapai 1791,58 ± 952,39. Sebaliknya, *S. mahagoni* memiliki nilai biomassa paling rendah (197,98 ± 40,88), stok karbon 93,05 ± 19,21, dan serapan CO_2 341,18 ± 70,46, meskipun DBH-nya cukup besar (26,08 ± 5,38 cm).

Tabel 1. Jumlah biomassa, stok karbon dan serapan CO_2 dari seluruh spesies

Spesies	Jumlah Individu	DBH (cm)	Biomassa (Kg)	Stok Karbon (Kg/C/Tree)	Serapan Karbon Dioksida (CO_2)
Samanea saman	44	15,75 ± 8,73	1039,60 ± 552,64	796,25 ± 259,74	1791,58 ± 952,39
Delonix regia	8	13,67 ± 5,99	797,25± 349,66	374,70 ± 164,34	1373,93 ± 602,59
Swietenia mahagoni	19	26,08 ± 5,38	197,98 ± 40,88	93,05 ± 19,21	341,18 ± 70,46
Neolamarckia cadamba	11	98,96 ± 37,70	370,13 ± 141,01	173,96 ± 66,27	637,86 ± 243,01

Penelitian ini menganalisis kemampuan empat spesies pohon lokal *S. saman* (trembesi), *D. regia* (flamboyan), *S. mahagoni* (mahoni), dan *N. cadamba* (jabon) dalam menyimpan karbon dan menyerap CO_2 di tiga stasiun pengukuran urban, melibatkan total 82 individu pohon dewasa.

Spesies *S. saman* memiliki nilai biomassa, stok karbon, dan serapan CO_2 tertinggi dibandingkan spesies lainnya dengan jumlah simpanan karbon 796,25, biomassa dengan nilai 1039,60 dan serapan CO_2 bernilai 1791,58. Tingginya nilai tersebut erat kaitannya dengan jumlah individu yang lebih banyak serta karakteristik morfologi pohon, khususnya diameter batang setinggi dada (DBH) yang relatif besar. Diameter batang merupakan parameter struktural utama yang secara langsung memengaruhi akumulasi biomassa, sehingga berdampak pada besarnya karbon yang tersimpan dan CO_2 yang dapat diserap oleh tanaman. Hal ini sejalan dengan prinsip bahwa peningkatan biomassa vegetasi akan berbanding lurus dengan peningkatan stok karbon dan kemampuan mitigasi emisi karbon dioksida. Menurut Larasati *et al.,* (2022), vegetasi yang tumbuh dengan rapat dapat meningkatkan jumlah penyimpanan karbon dan penyerapan karbon. Banyaknya tumbuhan akan memengaruhi seberapa banyak karbon yang bisa diserap dan disimpan. Ini terutama berlaku untuk wilayah yang dipenuhi dengan pohon-pohon besar dan tinggi. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa pohon-pohon yang memiliki diameter besar dan tinggi memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang lebih banyak.

Sebaliknya, *S. mahagoni* menunjukkan nilai stok karbon dan serapan CO_2 terendah meskipun memiliki DBH rata-rata yang cukup besar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa selain diameter batang, faktor lain seperti kerapatan kayu serta laju pertumbuhan turut memengaruhi kemampuan pohon dalam menyimpan karbon. Sementara itu, *D. regia* dan *N. cadamba* berada pada tingkat tengah. Pada pohon jabon yang meskipun memiliki diameter yang besar hasil analisis kandungan karbon yang tersimpan tidak setinggi pohon trembesi karena keterbatasan jumlah individu. Hal ini menunjukkan nilai biomassa dan stok karbon yang berada pada tingkat menengah yang mencerminkan kemampuan adaptasi dan pertumbuhan yang berbeda terhadap kondisi lingkungan setempat. Kandungan karbon di dalam tumbuhan digunakan untuk melihat seberapa

Sains dan Matematika, Vol 11, No. 2, Oktober 2026: 73-82

efektif tumbuhan menangkap CO_2. Karbon yang terdapat pada tanaman dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam proses fisiologi tanaman dan tersebar ke berbagai bagian tanaman seperti batang, daun, akar, dan cabang. Karbon merupakan elemen yang diambil dari lingkungan melalui proses fotosintesis dan disimpan sebagai biomassa (Iksan, 2019). Stok karbon yang ada di permukaan tanah, (*above-ground biomass*) memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga kestabilan karbon di ekosistem Taman Keanekaragaman Hayati. Karbon yang disimpan oleh tanaman yang masih hidup berfungsi untuk menyimpan gas CO_2, menurunkan suhu udara, serta meningkatkan kelembaban. Selain itu, tanaman juga menghasilkan bahan organik yang berguna untuk memberi nutrisi pada tanah dan mengurangi efek pemanasan global. Besar kecilnya jumlah karbon dipengaruhi oleh ukuran diameter batangnya. Hubungan ini bersifat langsung, artinya semakin lebar diameter batang, maka semakin banyak jumlah karbon yang ada di lokasi tersebut (Susanto et al., 2023). Penyerapan CO_2 dapat dihitung dengan mengalikan karbon dengan masa unsur CO_2 sebesar 3,67 (Hariyadi *et al*, 2019).

S. saman mendominasi biomassa tertinggi di Tabel 1 dari 44 individu, didukung DBH optimal yang menghasilkan akumulasi bahan kering melimpah. *Swietenia mahoni* tercatat biomassa terendah meski DBH sedang, Hal ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Nurdin pada tahun 2016, yang menunjukkan bahwa pohon mahoni memiliki biomassa sebesar 0,04 kg per hektar dan cadangan karbon sebesar 0,01 kg per hektar. Nilai biomassa dan cadangan karbon ini tergolong rendah karena tidak mencapai 1 kg/ha. Jenis pohon yang lebih efektif dalam menyerap karbon adalah Trembesi (*S.saman*), yang memberikan kontribusi signifikan dalam penyerapan karbon dan mengurangi polusi udara. Beragamnya jumlah biomassa dan cadangan karbon di setiap pohon sangat dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi dan juga kepadatan kayunya. Pendapat dari penelitian Zulkifli pada tahun 2010 menyatakan bahwa hutan yang terdiri dari pohon-pohon muda dapat menyerap lebih banyak CO_2, sementara hutan yang terdiri dari pohon-pohon dewasa dengan pertumbuhan yang menurun tidak mampu menyerap CO_2 dengan baik. akibat efisiensi pertumbuhan rendah. *D. regia* dan *N. cadamba* berada di tengah, dengan jabon berpotensi tinggi tapi terbatas variabilitas individu. Menurut Karyati *et al* (2021), biomassa ditentukan oleh ukuran diameter tanaman yang berpengaruh pada jumlah karbon dan CO_2 yang disimpan. Diameter yang lebih besar berarti tanaman memiliki simpanan karbon yang lebih banyak. Ketika pohon semakin tua, manfaat yang didapat juga semakin besar karena simpanan karbonnya yang meningkat. Ukuran pohon yang lebih besar, baik dari segi diameter maupun tinggi, cenderung memiliki biomassa yang lebih besar di atas tanah karena terdapat hubungan antara tinggi dan diameter pohon dengan biomassa. Umur tanaman semakin tua menyebabkan biomassa, simpanan karbon, dan serapan karbon dari tanaman meningkat seiring dengan peningkatan umur tanaman mengikuti kurva pertumbuhan tanaman sigmoid. Stok karbon (*above-gound*) di atas permukaan tanah pada hutan sekunder sebesar 24 – 39% dengan umur 40 – 60 tahun (Walker *et al,* 2021). Hal ini karena adanya aktivitas daun yang melakukan fotosintesis dengan bantuan energi sinar matahari.

Tabel 2. Kandungan klorofil daun pada seluruh spesies

Spesies	Stasiun	Kandungan Klorofil (mg/L)		
		Klorofil a	Klorofil b	Klorofil Total
Samanea saman	1	16,65 ± 9,02	10,63 ± 1,33	27,41 ± 8,71
	2	13,37 ± 8,67	8,17 ± 2,19	21,64 ± 10,50
	3	16,92 ± 10,59	10,23 ± 1,45	27,28 ± 11,94
Delonix regia	1	20,02 ± 12,73	15,75 ± 9,88	35,93 ± 21,33
	2	23,40 ± 5,08	12,10 ± 5,73	35,68 ± 10,79
	3	24,47 ± 6,64	14,83 ± 7,32	39,49 ± 14,00
Swietenia mahagoni	1	24,08 ± 1,68	11,44 ± 1,58	35,70 ± 3,27
	2	24,85 ± 2,29	19,97 ± 13,84	45,01 ± 15,10
	3	23,29 ± 4,25	11,64 ± 3,99	35,10 ± 8,24
Neolamarckia cadamba	1	13,16 ± 1,95	5,22 ± 0,78	18,49 ± 2,74
	2	8,55 ± 0,20	2,76 ± 0,44	11,38 ± 0,35
	3	10,24 ± 1,50	3,97 ± 0,57	14,23 ± 2,08

Hasil pengukuran kandungan klorofil total menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antar spesies pohon yang diamati. Urutan kandungan klorofil total daun dari nilai tertinggi hingga terendah adalah *S. mahagoni, D. regia, S. saman,* dan terakhir *N. cadamba*. Klorofil merupakan pigmen utama dalam fotosintesis yang memungkinkan tumbuhan untuk menangkap cahaya dan mengubahnya menjadi energi guna pertumbuhan. Klorofil, terutama jenis a dan b, memiliki peranan krusial dalam menyerap cahaya. Energi yang didapat dari cahaya ini dimanfaatkan dalam fotosintesis untuk memproduksi gula dan berbagai senyawa organik lainnya yang mendukung pertumbuhan serta pengumpulan biomassa tanaman (Li *et al*., 2018). Dengan peningkatan jumlah klorofil, efisiensi proses fotosintesis meningkat, sehingga lebih banyak cadangan makanan dapat dihasilkan dan disimpan (Marginingsih *et al*., 2018).

Umur daun berhubungan dengan kandungan klorofil serta kemampuan membuka stomata, yang keduanya mempengaruhi seberapa banyak CO_2 yang bisa diserap (Hidayati *et al*., 2011). Spesies *S. mahagoni* memiliki kandungan klorofil total tertinggi, terutama pada stasiun pengamatan kedua. Kemudian Urutan kedua ditempati oleh *D. regia*, yang juga menunjukkan kandungan klorofil total yang tinggi dan relatif stabil di seluruh stasiun. Sementara itu, *Samanea saman* menunjukkan kandungan klorofil total yang lebih rendah dibandingkan dua spesies sebelumnya. Spesies dengan kandungan klorofil total terendah adalah *N. cadamba*. Secara keseluruhan, perbedaan kandungan klorofil antar spesies mencerminkan variasi strategi fisiologis tanaman dalam memanfaatkan cahaya. Namun demikian, meskipun *S. mahagoni* dan *D. regia* memiliki kandungan klorofil yang lebih tinggi, Ada beberapa hal yang mempengaruhi hasil pengukuran klorofil dengan menggunakan alat klorofil meter. Salah satunya adalah distribusi klorofil yang tidak merata pada daun, yang bisa membatasi kemampuan alat untuk mengukur klorofil secara langsung (Monje 1992). Selain itu, ketebalan daun mempengaruhi pengukuran kandungan klorofil, karena klorofil yang diukur adalah per luas area.

Tabel 3. Luas permukaan daun seluruh spesies

Spesies	Stasiun	Luas Area Daun (cm²)
Samanea saman	1	13,63 ± 0,80
	2	8,80 ± 0,43
	3	8,43 ± 1,07
Delonix regia	1	10,66 ± 0,78
	2	15,69 ± 0,67
	3	17,28 ± 0,81
Swietenia mahagoni	1	31,46 ± 5,63
	2	24,02 ± 1,90
	3	37,23 ± 2,35
Neolamarckia cadamba	1	98,81 ± 3,95
	2	50,47 ± 19,18
	3	61,66 ± 18,29

Hasil pengukuran luas daun (*leaf area*) juga menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antar spesies. *N. cadamba* memiliki luas daun terbesar, sedangkan *S. saman* menunjukkan nilai luas daun yang relatif lebih kecil. Luas daun yang besar umumnya berkaitan dengan peningkatan kemampuan penyerapan cahaya dan efisiensi fotosintesis. Peningkatan luas permukaan daun berkaitan dengan meningkatnya kemampuan tanaman dalam menyimpan karbon, sehingga daun dengan ukuran lebih luas berkontribusi terhadap kapasitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi. Menurut Niinemets & Keenan (2019) Luas permukaan daun berhubungan langsung dengan seberapa baik tanaman bisa menangkap cahaya untuk melakukan fotosintesis. Semakin luas daun, semakin banyak cahaya yang dapat diterima, yang mendukung efisiensi dalam fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Daun yang lebih luas bisa meningkatkan laju fotosintesis karena memiliki lebih banyak kloroplas yang mendapatkan cahaya.

Tabel 4. Parameter fisika kimia lingkungan hutan kota balas klumprik surabaya

Stasiun	Faktor Fisika Kimia (Udara)				Faktor Fisika Kimia (Tanah)		
	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	CO_2 (ppm)	Intensitas Cahaya (lux)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	pH
1	30,67± 1,15	68,67± 0,57	516,33 ± 10,11	5987,00 ± 808,29	30,33 ± 0,57	26,66 ± 5,77	7,66± 0,57
2	32,33± 1,15	61,33± 0,57	530,33 ± 9,50	5653,33 ± 305,50	32,00 ± 1,00	26,67 ± 5,77	7,33± 0,57
3	34 ± 0,57	56,67± 2,64	565,00 ± 28,36	6426,67 ± 711,43	30,67 ± 1,15	31,67 ± 5,77	8,00± 0,57

Parameter fisika-kimia lingkungan menunjukkan kondisi suhu udara yang relatif tinggi, kelembapan sedang, intensitas cahaya tinggi, serta pH tanah yang ditemukan berkisar antara 7 hingga 8, yang tergolong netral. Kondisi pH tanah ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, termasuk curah hujan dan jumlah nutrisi yang diterima tanah dari sekitarnya. pH tanah berfungsi penting dalam menentukan kecepatan pertumbuhan suatu jenis tumbuhan serta mempengaruhi kemudahan penyerapan ion-ion unsur hara oleh tanaman (Suryatini, 2018). Kondisi ini secara umum mendukung pertumbuhan vegetasi tropis. Namun, hasil uji statistik menunjukkan bahwa faktor lingkungan tersebut tidak memiliki hubungan signifikan dengan daya serap CO_2. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam kondisi lingkungan yang relatif homogen, perbedaan daya serap CO_2 lebih ditentukan oleh karakteristik internal tanaman dibandingkan variasi faktor lingkungan.

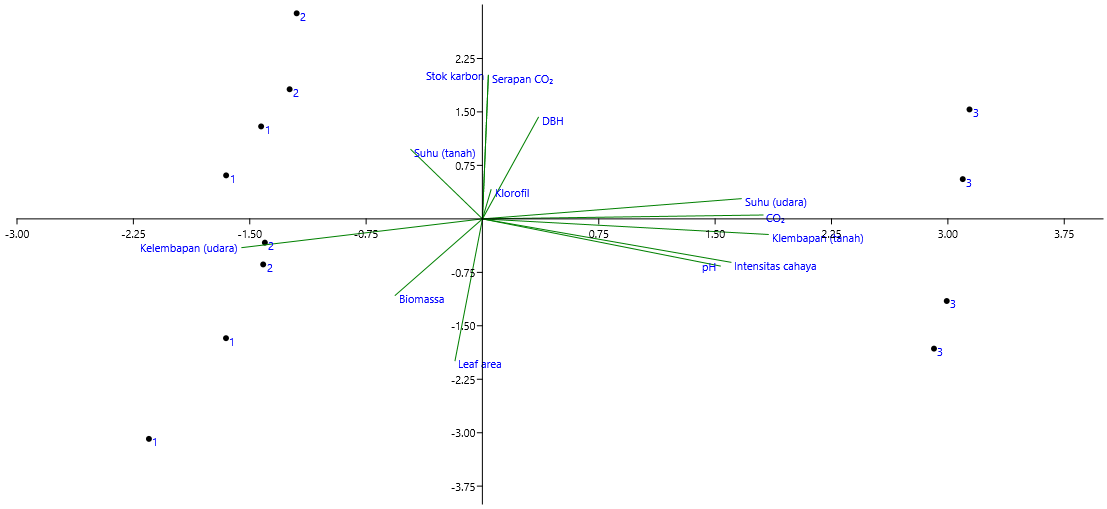
Tabel 5. Hasil uji korelasi pearson

Deskripsi	Korelasi	Sig
Biomassa	1	0,01<0,05
Stok Karbon	1,000	0,01<0,05
CO_2	1,000	0,01<0,05
Kandungan Klorofil Daun	1	0,00<0,05
Luas Permukaan Daun	0,467	0,00<0,05

Berdasarkan hasil uji korelasi Pearson pada Tabel 5, variabel biomassa, stok karbon, CO_2, kandungan klorofil daun, dan luas permukaan daun menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antarvariabel yang diuji secara statistik bersifat signifikan. Nilai koefisien korelasi menunjukkan arah dan tingkat keeratan hubungan, di mana nilai yang semakin mendekati 1 mengindikasikan hubungan positif yang semakin kuat. Biomassa, stok karbon, dan CO_2 menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar 1,000, yang mengindikasikan adanya hubungan positif sangat kuat atau sempurna. Hubungan tersebut dapat dijelaskan karena stok karbon dihitung berdasarkan biomassa, sedangkan nilai CO_2 tersimpan merupakan hasil konversi dari stok karbon. Oleh karena itu, peningkatan biomassa akan diikuti oleh peningkatan stok karbon dan nilai ekuivalen CO_2.

Sementara itu, kandungan klorofil daun memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 1 dengan nilai signifikansi $p < 0,05$ berdasarkan hasil yang disajikan pada tabel. Hal ini menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat antara kandungan klorofil daun dengan variabel yang dikorelasikan yaitu luas permukaan daun. Secara biologis, klorofil berperan dalam proses fotosintesis yang memungkinkan tanaman menyerap CO_2 dan mengubahnya menjadi senyawa organik yang berkontribusi terhadap pembentukan biomassa.

Adapun luas permukaan daun menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,467 dengan nilai signifikansi $p < 0,05$. Nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan positif dengan tingkat keeratan sedang, yang berarti bahwa peningkatan luas permukaan daun cenderung diikuti oleh peningkatan variabel yang dikorelasikan yakni klorofil daun, tetapi hubungan tersebut tidak sekuat hubungan pada variabel lainnya.



Gambar 2. Hasil Uji Principal Component Analysis (PCA)

Berdasarkan hasil Principal Component Analysis (PCA) yang divisualisasikan melalui biplot, setiap variabel menunjukkan arah dan panjang vektor yang berbeda. Stok karbon dan serapan CO_2 memiliki vektor yang hampir berhimpitan dan mengarah ke bagian yang sama, menunjukkan bahwa kedua variabel mempunyai pola variasi yang sangat serupa. DBH juga memiliki arah vektor yang relatif berdekatan dengan stok karbon dan serapan CO_2. Pola tersebut menunjukkan adanya keterkaitan positif antara DBH, stok karbon, dan serapan CO_2 dalam struktur multivariat data penelitian. Hasil PCA tersebut secara umum mendukung hasil korelasi Pearson yang menunjukkan adanya hubungan erat antara parameter struktural pohon dengan kemampuan penyimpanan karbon dan serapan CO_2.

Sementara itu, klorofil memiliki vektor yang relatif pendek dan berada dekat dengan pusat koordinat. Hal tersebut menunjukkan bahwa total klorofil memberikan kontribusi yang relatif kecil terhadap variasi yang dijelaskan oleh dua komponen utama pada biplot. Luas daun juga menunjukkan arah vektor yang berbeda dari stok karbon dan serapan CO_2. Demikian pula, beberapa parameter lingkungan, seperti suhu udara, suhu tanah, kelembapan udara, kelembapan tanah, pH, intensitas cahaya, dan kandungan CO_2 lingkungan, tersebar pada arah yang berbeda. Pola tersebut menunjukkan bahwa masing-masing faktor lingkungan mempunyai karakteristik kontribusi yang berbeda dalam menjelaskan variasi keseluruhan data.

SIMPULAN

Stok karbon dan daya serap CO_2 pohon di Hutan Kota Balas Klumprik paling besar terdapat pada *Samanea* saman (trembesi) dengan stok karbon sebesar 796,25 ± 259,74 didukung oleh jumlah individu terbanyak (44 pohon) dan biomassa tertinggi (1039,60 ± 552,64). Kemudian disusul oleh *Delonix regia*, *Neolamarckia cadamba* dan yang memiliki stok karbon terendah *s. mahagoni*. Faktor fisika dan kimia lingkungan di kawasan penelitian berada pada kisaran suhu udara 30,67–34 °C, kelembapan udara 56,67–68,67%, konsentrasi CO_2 516,33–565,00 ppm, intensitas cahaya 5653,33–6426,67 lux, serta pH tanah 7,33–8,00 parameter lingkungan seperti kandungan klorofil daun dan luas daun tidak berhubungan signifikan dengan daya serap CO_2 sehingga kemampuan penyerapan karbon lebih ditentukan oleh karakter struktural pohon dibandingkan kondisi lingkungan setempat.

Penelitian di Hutan Kota Balas Klumprik, Surabaya menunjukkan bahwa vegetasi pohon memiliki peran penting dalam penyimpanan karbon dan penyerapan karbon dioksida (CO_2). Di antara spesies yang ditemukan, *S. saman* (trembesi) memiliki biomassa, stok karbon, dan daya serap CO_2 tertinggi, yang didukung oleh jumlah individu yang lebih banyak serta ukuran pohon yang lebih besar dibandingkan spesies lainnya. Sementara itu, *Swietenia mahagoni* memiliki nilai stok karbon terendah. Kondisi fisika dan kimia lingkungan selama penelitian berada pada kisaran yang mendukung pertumbuhan vegetasi, yang meliputi

suhu udara, kelembapan, konsentrasi CO_2, intensitas cahaya, dan pH tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Dede, M., Pramulatsih, G. P., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R., & Ati, A. 2019. Dinamika suhu permukaan dan kerapatan vegetasi di kota cirebon. *Jurnal Meteoroligi Klimatologi dan Geofisika*, 6(1), 23-30.

Douglas, A.N.J., Irga, P.J., & Torpy, F.R., 2019. Determining broad scale associations between air pollutants and urban forestry: a novel multifaceted methodological approach. *Environ. Pollut*.

Fadhli, R., Sugianto, S., & Syakur, S. 2021. Analisis Perubahan Penutupan Lahan dan Potensi Karbon di Taman Hutan Raya Pocut Meurah Intan, Aceh Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 450–458.

Fadilah Siregar, Y., Wasis, B., & Hilwan, I. 2018. Potensi Cadangan Karbon Hutan Nabundong KPH Wilayah VI Sumatera Utara (Carbon Stock Potential of Nabundong Forest KPH Region VI North Sumatera). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* (JIPI), 23(1), 67–73.

Hariyadi, Mahulette, A. S., Yahya, S., & Wachjar, A. 2019. Measuring the potential of biomass, carbon storage, and carbon sink of forest cloves. IOP *Conference Series: Earth and Environmental* 1315/399/1/012063.

Heriyanto, N. M., & Hendra, G. 2020. Keanekaragaman Jenis Pohon Dan Potensi Serapan Karbon Taman Kehati Patra, Indramayu, Jawa Barat. *Buletin Kebun Raya*, 23(3).

Hidayati N, M Reza, T Juhaeti & M Mansur. 2011. Serapan karbondioksida (CO_2) jenis-jenis pohon di Taman Buah 'Mekar Sari" Bogor, Kaitannya dengan potensi mitigasi gas rumah kaca. *Jurnal Biologi Indonesia* 7(1), 133-145

Hoyos-Santillan, J., Miranda, A., Chavarría, J., Hormazabal, C., Mola-Yudego, B., & González-Mahecha, E. 2025. Plot and landscape-level estimates of tree biomass and carbon stocks in Panama's mangrove Important Bird Areas. *Scientific Data*, *12*(1), 1016.

Iksan, M., Al Zarliani, W. O. D., Nare, L., Hafidhawati, S., & Baena, F. 2019. Biomass and Carbon Uptake of Mangrove Forests Pohorua Village, Muna Regency. *International Journal of Applied Biology*, 3(2), 57–64.

Karyati, K., Widiati, K. Y., Karmini, K., & Mulyadi, R. 2021. The allometric relationships for estimating above-ground biomass and carbon stock in an abandoned traditional garden in East Kalimantan, Indonesia. Biodiversitas *Journal of Biological Diversity*, 22(2):751–762.

Kăspar, V., Zapletal, M., Samec, P., Kom´arek, J., Bílek, J., & Jur´ a˘n, S., 2022. Unmanned aerial systems for modelling air pollution removal by urban greenery. *Urban For. Urban Green*. 78, 127757.

Larasati, N., Dini, K., Jauhari, A., Kehutanan F, & Lambung U. 2022. Prediction of Carbon Value Due to Land and Forest Fires in Banjarbaru City. J *Sylva Sci.* 05(3) : 372 –8.

Li, Y., N. He, J. Hou, L. Xu, C. Liu, J. Zhang, & Q. Wang. 2018. Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the bome scale. *Frontliners in Ecology and Evolution*. 6: 64.

Li, Y., Zhang, Y., Wu, Q., Xue, R., Wang, X., Si, M., & Zhang, Y. 2023. Greening the concrete jungle: unveiling the co-mitigation of greenspace configuration on PM 2.5 and land surface temperature with explanatory machine learning. *Urban For. Urban Green.*

Marginingsih, R.S., A.S. Nugroho, & M.A. Dzakiy. 2018. Pengaruh substitusi pupuk organik cair pada nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan caisim (Brassica juncea L.) pada hidroponik drip irrigation system. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya.* 5(1): 44-51.

Monje, O.A. & Bugbes, B. 1992. Lnherent limitations of nondestructive chlorophyll meters : a comparison of two types of meters J. *Horti Science* 27 (1) 69-71.

Niinemets, Ü., & T.F. Keenan. 2019. Photosynthetic capacity and its relationship with leaf area and biomass. *Plant Physiology.* 181(3): 913–934.

Nurdin, A. 2016. Cadangan Karbon pada Tumbuhan Hutan Kota Banda Aceh. Prosiding Seminar Nasional Biotik 2016. ISBN: 978 - 602 - 18962 - 9 - 7: 71 - 80.

Orellano, P., Reynoso, J., Quaranta, N., Bardach, A., & Ciapponi, A., 2020. Short term exposure to particulate matter (PM 10 (O_3 and PM 2.5), nitrogen dioxide (NO_2), and ozone) and all-cause and cause-specific mortality: systematic review and meta-analysis. *Environ*. Int. 142, 105876.

Padang. A. S., Wiryono., & Deselina. 2023. Pendugaan Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Universitas Bengkulu. *Journal of Global Forest and Environment Science*. 3(1).41-47.

Pratiwi RY, & Rachmadiarti F. 2021. Keanekaragaman jenis-jenis tumbuhan akumulator Kadmium (Cd) di Sungai Sudimoro Mojokerto. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*; 10(1): 125–133.

Rizki, G. M., Bintoro, A., & Hilmanto, R. 2016. Perbandingan emisi karbon dengan karbon tersimpan di hutan rakyat Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(1), 89–96.

Santoso, N., Prastya Pambudi, G., Febriansyah Danarta, V., Alif Wibisono, R., Puji Astuti, T., & Wicaksono, D. A. 2021. Pendugaan Biomassa dan Serapan Karbon Di Beberapa Areal Taman Hutan Kota Jakarta, Bekasi dan Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 18(1), 35–49.

Sundari, S. 2019. Polusi Udara Kendaraan Bermotor Tidak Berpengaruh Terhadap Penyakit ISPA. *Jurnal Kesehatan Ligkungan*. 16(1).697-706.

Suryani, R., Rizal, W. A., Pratiwi, D., & Prasetyo, D. J. 2020. Karakteristik dan aktivitas antibakteri asap cair dari biomassa kayu putih (Melaleuca leucadendra) dan kayu jati (Tectona grandis). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(2), 106–117.

Suryatini, L. 2018. Analisis Keragaman dan Komposisi Gulma pada Tanaman Padi Sawah. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(1), 77–89.

Untajana, S., Oszaer, R., & Latupapua, Y. T. 2019. Analisis kebutuhan Kawasan Hutan kota berdasarkan Emisi Karbon dioksida Kota Piru, Seram Bagian Barat. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 3(2), 114 126.

Walker, A. P., De Kauwe, M. G., Bastos, A., Belmecheri, S., Georgiou, K., Keeling, R. F., & Zuidema, P. A. 2021. Integrating the evidence for a terrestrial carbon sink caused by increasing atmospheric CO_2. *New Phytologist,* 229(5):2413 2445.

Zhao, R., Zhan, L., Yao, M., & Yang, L., 2020. A geographically weighted regression model augmented by Geodetector analysis and principal component analysis for the spatial distribution of PM 2.5 . *Sustain. Cities Soc.* 56, 102106.

Zheng. J., X. Chen., K. Kawaike., K. Yamanoi., T. Koshiba., & G. Huang. 2024. Response of Urban Flood Resilience to Climate Change: An Exploration With a Novel Performance-based Metric Considering the Socioeconomic Impcats of Damage Costs. *Journal of Hydrology*. 1-4.

Zulkifli, H. 2010. Pendidikan Lingkungan Bagi Masyarakat Sebagai Mitigasi Dampak Perubahan Iklim Melalui Upaya Penyimpanan Karbon Pada Kawasan Hijau. *Jurnal FORUM MIPA*, Volume. 7 No. 2.