

**PENDUGAAN STOK KARBON DAN SERAPAN KARBON PADA RUANG
TERBUKA HIJAU UNIVERSITAS ABDURACHMAN SALEH
SITUBONDO**

***ESTIMATION OF CARBON STOCK AND CARBON ABSORPTION IN
GREEN OPEN SPACES ABDURACHMAN SALEH UNIVERSITY
SITUBONDO***

**Mohammad Ikbal¹⁾, Andina Mayangsari²⁾, Titanio Auditya Pribadi³⁾,
Lailatul Imsakiyah⁴⁾**

^{1,2,4}Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi, Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

³Sekolah Pascasarjana, Universitas Brawijaya, Malang

¹Email: muhammad_ikbal@unars.ac.id

ABSTRAK

Polusi dan perubahan iklim menjadi permasalahan seluruh dunia, di era urbanisasi yang meningkat dan penggunaan bahan bakar fosil menjadi salah satu penyumbang polusi di perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman vegetasi, kualitas biomassa, dan cadangan karbon di ruang terbuka hijau Universitas Abdurachman Saleh Situbondo. Pengambilan data ini dilakukan pada bulan Januari-Maret 2025 di Ruang Terbuka Hijau kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo. Metode pengumpulan data terdiri dari survei lokasi, penetuan lokasi, pembuatan plot, dan pengambilan sampel. Hasil inventarisasi tegakan, pada keseluruhan tingkat pertumbuhan (pancang, tiang dan pohon) terdapat 304 individu yang tergolong dalam 26 jenis tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo memiliki produktivitas sedang, sehingga keanekaragaman strata pohon, tiang dan pancang masih dalam keadaan seimbang. Nilai total Biomassa di Ruang Terbuka Hijau (RTH) kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo mampu menyerap CO₂ sebesar 110.68 Kg per Hektar, dengan total akumulasi karbon dalam biomassa 1734.18 ton CO₂ per hektar setiap tahun yang memiliki peran penting dalam mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di perkotaan. Dengan menyerap CO₂, cadangan karbon berperan dalam mengatur suhu global dan iklim lokal. Hutan dan lahan terbuka hijau berfungsi sebagai pendingin alami yang membantu mengurangi efek pemanasan global.

Kata Kunci: Biomassa, Stok karbon, Ruang Terbuka Hijau

ABSTRACT

Pollution and climate change are global issues, with urbanization and fossil fuel use contributing significantly to urban pollution. This study examines vegetation diversity, biomass quality, and carbon stocks in the green open space of Abdurachman Saleh University, Situbondo. Data were collected from January to March 2025 through surveys, plot sampling, and inventory methods. A total of 304 individuals from 26 plant species were recorded across sapling, pole, and tree strata, indicating balanced diversity and moderate productivity. The green space can absorb 110.68 kg of CO₂ per hectare, with an annual carbon stock of 1734.18 tons of CO₂ per hectare. This contributes significantly to reducing greenhouse gases and regulating both global and local climates, as green spaces act as natural coolers against global warming.

Keywords: Biomass, Carbon stock, Green open space

PENDAHULUAN

Polusi dan perubahan iklim menjadi permasalahan seluruh dunia (Kousis et al, 2023) (Zheng et al. 2024), di era urbanisasi yang meningkat dan penggunaan bahan bakar fosil menjadi salah satu penyumbang polusi di perkotaan (Sundari. 2019). Hal ini memunculkan kekuatiran terhadap resiko kesehatan manusia dan lingkungan (Orellano et al. 2020), (Zhao. Et al. 2020). Beragam strategi telah disarankan guna mengurangi dampak polusi dan perubahan iklim di kota, seperti peningkatan standar emisi kendaraan, penerapan energi hijau dan pembangunan ruang terbuka hijau (Douglas et al 2019) (Kaspar et al 2022), (Li et al 2023). Ruang terbuka hijau merupakan salah satu strategi yang diterapkan oleh Indonesia, mengacu pada Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang.

Ruang terbuka hijau merupakan komponen penting dalam lingkungan perkotaan dan memberikan manfaat bagi ekosistem dan manusia (Dewiyanti. 2011). Vegetasi ruang terbuka hijau dicirikan dengan vegetasi pohon pancang dan area rerumputan, keanekaragaman jenis vegetasi dipengaruhi oleh kepentingan dalam pembangunan ruang terbuka hijau diantaranya estetika, area publik dan hutan kota (Rochim & Syahbana. 2013). Sebagai unsur utama vegetasi ruang terbuka hijau/hutan kota pepohonan memerlukan sinar matahari, karbon dioksida (CO₂), air dan unsur hara tanah untuk kehidupannya (Lukito & Rohmatiah, 2013).

Vegetasi pohon/ tanaman berfungsi sebagai penyerap karbon (CIFOR, 2003), karbon merupakan unsur yang diserap oleh tanaman dari atmosfer melalui

proses fotosintesis dan disimpan sebagai cadangan biomassa (Padang. Dkk. 2023). Faktor yang mempengaruhi kualitas biomassa pada tanaman diantaranya: iklim, topografi, kerapatan vegetasi dan umur tanaman (Widyasari dkk, 2010).

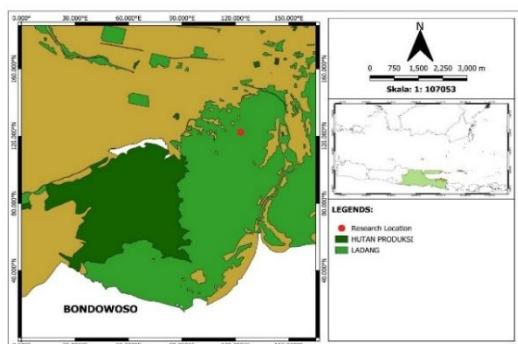
Universitas Abdurachman Saleh Situbondo merupakan salah satu universitas di Kabupaten Situbondo yang memiliki ruang terbuka hijau. Ruang terbuka hijau di Universitas Abdurachman Saleh memiliki kepentingan sebagai estetika kampus, ruang praktikum bagi mahasiswa, dan konservasi dengan keberagaman jenis tanaman. Menurut Gunawan (2005) vegetasi ruang terbuka hijau dapat memperbaiki iklim mikro kota dan menghasilkan rasa kenyamanan bagi aktivitas di sekitar area. Selain itu peran ruang terbuka hijau juga sebagai penghasil biomassa, cadangan karbon (Usmadi dkk 2015).

Penelitian terkait tentang pendugaan biomassa sudah dilakukan di lingkungan universitas diantaranya Universitas Bengkulu (Sugianto dkk, 2023). Hal ini dikarenakan kepentingan ruang terbuka hijau di perkotaan sangat penting untuk diketahui dan khususnya lingkungan kampus. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman vegetasi, kualitas biomassa, dan pencadangan karbon di ruang terbuka hijau Universitas Abdurachman Saleh Situbondo.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 2025 pada ruang terbuka hijau di Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo Provinsi Jawa Timur.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data

2. Teknik Pengumpulan Data

Data primer yang dikumpulkan dalam penelitian mencakup informasi tentang vegetasi, termasuk jenis, diameter, pada tingkat pohon, tiang, dan pancang. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari studi-studi sebelumnya dari beberapa jurnal-jurnal ilmiah yang serupa.

Pengumpulan data primer secara langsung diambil dari lahan terbuka hijau kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo melalui pembuatan plot. Ukuran plot untuk pendugaan cadangan karbon pada permukaan lahan terbuka hijau mengikuti Standard Nasional Indonesia (SNI 7724:2011) (BSN, 2011) yaitu 20 x 20 m untuk tingkat pohon, 10 x 10 m untuk tingkat tiang, 5 x 5 m untuk tingkat pancang.

3. Teknik Analisis Data

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Purposive Sampling atau pengambilan data yang dilakukan secara sengaja dan dengan beberapa pertimbangan tertentu. Adapun plot paling besar yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 10 plot ukuran 20 m x 20 m.

Secara umum pendugaan biomassa karbon untuk lahan terbuka hijau dapat menggunakan persamaan allometrik (Chave et al., 2014):

$$\text{AGBest} = \text{Perkiraan Biomassa di atas permukaan (kg)}$$

Keterangan:

ρ = Berat Jenis

D = Diameter (m)

H = Tinggi Pohon (m)

Rumus yang digunakan untuk pendugaan potensi karbon adalah sebagai berikut:

Keterangan :

C = Karbon (kg)

B = Biomassa tumbuhan (kg)

0,47 = Carbon fraction (Faktor konversi yang telah ditetapkan untuk pendugaan karbon

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Struktur Vegetasi Ruang Terbuka Hijau di Areal Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di areal Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo dengan luas sekitar 2,36 hektar, menunjukkan bahwa keseluruhan tingkat pertumbuhan (pancang, tiang dan pohon) terdapat 304 individu yang tergolong dalam 26 jenis tanaman. Dari jumlah keseluruhan tegakan pohon, spesies dengan jumlah terbanyak yaitu tanaman jati sebanyak 151 individu. Sedangkan spesies dengan jumlah paling sedikit yaitu tanaman Pinang, Bidara, Sirsak dan Alpukat masing-masing dengan jumlah 1 individu.

2. Indeks Keanekaragaman Ruang Terbuka Hijau Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Nilai indeks keanekaragaman jenis dari semua kategori berada pada kisaran nilai lebih dari 1 dan kurang dari 3 ($1 \leq H \geq 3$), artinya indeks keanekaragaman yang dimiliki oleh ruang terbuka hijau kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo termasuk dalam kategori sedang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fachrul (2007) yang menyatakan nilai $1 \leq H \geq 3$ menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis tanaman pada suatu transek sedang melimpah Berdasarkan data Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas Keaneakaragaman Ruang Terbuka Hijau Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Kategori	H'	Simpson	Evenness
Pohon	1,70	0,74	0,60
Tiang	1,30	0,54	0,27
Pancang	1,75	0,75	0,50

Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman flora di kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo memiliki produktivitas sedang, sehingga keanekaragaman strata pohon, tiang dan pancang masih dalam keadaan seimbang atau masih dalam keadaan stabil. Ekosistem dengan tingkat heterogenitas habitat yang tinggi menunjukkan stabilitas yang baik, dan produktivitas yang optimal biasanya menunjukkan keanekaragaman spesies (indeks H') yang tinggi pula (Mligo et al., 2011; Wijana, 2014; Ismaini et al., 2015)

3. Nilai Indeks Dominasi Ruang Terbuka Hijau Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Nilai indeks dominasi yang di sajikan pada Tabel 1. masing-masing tingkat kategori yaitu pohon 0,74 , tiang 0,54 dan pancang 0,75 menunjukkan nilai indeks dominasi sedang. Dari semua kategori, pancang memiliki nilai indeks dominasi yang paling tinggi yaitu 0,75. Hal ini sejalan dengan pernyataan Odum (1971) yang mengatakan indeks dominasi 0,50 - 0,75 menunjukkan dominasi sedang. Kondisi ini menunjukkan bahwa ada beberapa jenis yang mendominasi, tetapi tidak satu jenis pun yang menguasai secara signifikan. Secara umum komunitas ruang terbuka hijau di kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo relatif seimbang, tetapi mulai menunjukkan kecenderungan dominasi spesies tertentu.

4. Nilai Indeks Kemerataan Ruang Terbuka Hijau Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Nilai indeks kemerataan masing-masing tingkat kategori berdasarkan data pada Tabel 1. yaitu; pohon 0,60, tiang 0,27 dan pancang 0,50. Secara keseluruhan indeks kemerataan jenis di kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo tidak merata pada semua jenis tanaman. Sebagaimana pernyataan Odum (1993) indeks kelimpahan jenis berkisar antara 0 (nol) sampai 1 (satu), jika indeks kelimpahan mendekati nilai 1 (satu) maka seluruh jenis yang ada memiliki kelimpahan yang sama atau merata sedangkan jika nilai $e < 1$ maka seluruh jenis yang ada kelimpahannya tidak merata. Hal ini menunjukkan ruang terbuka hijau kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo ada satu atau beberapa spesies memiliki jumlah individu yang jauh lebih tinggi daripada yang lain.

5. Estimasi Biomassa dan Stok Karbon Pada Ruang Terbuka Hijau Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Biomassa permukaan tanah merujuk pada keseluruhan massa materi tumbuhan hidup yang terdapat di atas tanah, meliputi batang, batang pohon, cabang, kulit kayu, biji, serta daun (Glossary et al. 2012)(FAO, 2023), bisa juga mencakup bahan organik yang sudah mati. Pengukuran biomassa permukaan tanah dapat dimanfaatkan untuk menaksir jumlah cadangan karbon dan nutrisi yang terdapat dalam suatu ekosistem (Schlesinger & Bernhardt, 2013).

Kerapatan pohon mengacu pada jumlah individu pohon dibagi dengan luas areal inventarisasi vegetasi. Menurut Fandeli, 1992 menyatakan tingkat kerapatan vegetasi diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu: kategori rendah dengan rentang nilai 12-50%, kategori sedang dengan rentang nilai 51-100%, dan kategori tinggi dengan nilai lebih dari 201%.

Tabel 2. Kerapatan Tegakan per Hektar

Kategori Tegakan	Jumlah (n)	Individu	Luas Areal (Ha)	Kerapatan (ton/Ha)
Pohon	64		2.36 Ha	27.11
Pancang	103		2.36 Ha	43.64
Tiang	137		2.36 Ha	58.05

Berdasarkan Tabel 2. Kerapatan pada tegakan pohon dan pancang masing-masing memiliki nilai 27,11 dan 43,64 tergolong dalam kategori kerapatan rendah, adapun pada tegakan tiang memiliki nilai 58,05 termasuk dalam kategori kerapatan sedang. Kerapatan pohon memiliki dampak terhadap jumlah biomassa, semakin tinggi kerapatan pohon maka biomassa cenderung meningkat (Hanafi dan Bernardianto, 2012).

Studi telah mengungkap bahwa ruang terbuka hijau memiliki kapasitas signifikan dalam menyimpan karbon. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan di Universitas Tanjung pura mengidentifikasi bahwa pohon-pohon di area tersebut mampu menyimpan rata-rata 77.52 ton karbon per hektar, dengan total akumulasi karbon dalam biomassa pohon mencapai 148,53 ton di seluruh lokasi (Yonatan et al, 2021), Penelitian lain memperkirakan bahwa ruang terbuka hijau tertentu mampu menyerap karbon hingga 4.434,94 ton CO₂ per hektar setiap tahun (Fadila, 2024).

Cadangan karbon di Ruang Terbuka Hijau (RTH), meskipun jumlahnya relatif kecil, tetap berkontribusi dalam upaya mitigasi emisi gas rumah kaca (GRK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa vegetasi di Ruang Terbuka Hijau kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo mampu menyerap CO₂ sebesar 110.68 Kg per Hektar, dengan total akumulasi karbon dalam biomassa 1734.18 ton CO₂

per hektar setiap tahun. Sebagaimana yang disajikan pada Tabel 3. Karbon tersebut akan terus tersimpan dalam biomassa vegetasi dan terus bertambah selama tidak mengalami kematian atau gangguan. Dengan demikian, Ruang Terbuka Hijau memiliki peran penting dalam mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di perkotaan (Yonatan et al, 2021).

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 3, cadangan karbon yang tersimpan di Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo kategori pohon mendapatkan nilai paling tinggi yaitu 72.72 ton per hektar, sedangkan pada kategori pancang mendapatkan nilai yang paling kecil yaitu 4.06 ton per hektar dengan total cadangan karbon mencapai 110.68 ton per hektar dengan rata-rata 36.89 ton per hektar.

Tabel 3. Nilai Stok Karbon Pada Setiap Kategori Tanaman di Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Kelompok	Biomassa (ton/ha)	%C	Karbon (ton/ha)
Pohon	3417.94	47%	72.72
Tiang	1593.47	47%	33.9
Pancang	191.14	47%	4.06
Total dalam luasan 23600 m²		5202.55	110.68
Rata-rata per hektar		1734.18	36.89

Nilai ini diperoleh dengan menerapkan metode SNI 7724 (2011), yang menghitung jumlah karbon berdasarkan perkalian antara total biomassa setiap spesies dengan persentase kandungan karbon dalam biomassa, yaitu sebesar 47%. Selain itu, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1, kelompok pohon memiliki kapasitas penyerapan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dua kelompok lainnya, dengan persentase mencapai 66%. Hal ini selaras dengan pendapat (Masripatin, et al. 2010), semakin tua umur tanaman maka cadangan karbon cenderung semakin besar.



Gambar 2. Gambar Kelompok Penyimpanan Karbon di Areal Kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

Bappenas Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2010) menyatakan bahwa cadangan karbon dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu: kategori tinggi apabila total cadangan karbon >100 ton/ha, kategori sedang apabila total cadangan karbon 35-100 ton/ha, dan kategori rendah apabila total cadangan karbon <35 ton/ha. Berdasarkan kategori tersebut, dapat diketahui bahwa nilai cadangan karbon di kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo termasuk dalam kategori sedang.

Dengan menyerap CO₂, cadangan karbon berperan dalam mengatur suhu global dan iklim lokal. Hutan dan lahan terbuka hijau berfungsi sebagai "pendingin" alami yang membantu mengurangi efek pemanasan global (Irfan dkk, 2021). Ekosistem dengan cadangan karbon yang tinggi cenderung lebih tahan terhadap perubahan iklim ekstrem seperti kekeringan dan banjir (Flerlage et al, 2021).

6. Peran Ekologis dan Implikasi Terhadap Lingkungan Perkotaan

Ruang terbuka hijau (RTH) kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo memiliki peranan yang sangat penting dalam menyeimbangkan iklim mikro wilayah perkotaan. Proses transpirasi dari beragam jenis tanaman meningkatkan kelembapan udara, sehingga bisa menciptakan iklim mikro yang lebih sejuk. Hal ini sejalan dengan pendapat Effendy (2007), keberadaan ruang terbuka hijau (RTH) sebagai paru-paru kota secara alami berperan dalam membentuk iklim mikro yang sejuk dan nyaman. Tingkat kenyamanan tersebut ditentukan oleh keterpaduan antara beberapa faktor lingkungan, yaitu suhu udara, kelembaban, intensitas cahaya, dan sirkulasi angin.

Pada wilayah perkotaan ruang terbuka hijau (RTH) kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo memiliki peranan menjaga keseimbangan ekologis di tengah pembangunan yang masif serta mendukung edukasi dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya Bio diversitas. Dari segi fungsi RTH dapat berfungsi secara ekologis, sosial/budaya, arsitektural, dan ekonomi (Mashur dan Rusli, 2018), di era urbanisasi keanekaragaman hayati di wilayah perkotaan menjadi sumber daya vital untuk penyangga dan penyeimbang lingkungan di wilayah perkotaan tersebut (Wuisang, 2015), sehingga dengan adanya edukasi akan meningkatkan kesadaran masyarakat terkait pentingnya peranan RTH di perkotaan.

Ruang terbuka hijau (RTH) kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo berkontribusi terhadap peningkatan kesehatan fisik dan mental masyarakat melalui penyediaan kualitas udara yang bersih, ruang untuk beraktivitas fisik, serta lanskap vegetatif yang memberikan efek relaksasi secara psikologis. Dari aspek psikologis, elemen visual berupa pemandangan hijau yang alami memberikan efek menenangkan, mengurangi stres, serta meningkatkan suasana hati dan kesejahteraan emosional. Hal ini selaras dengan pernyataan (Eckerling, 1996 dalam Kurniawati, 2007) Ruang terbuka hijau dirancang sedemikian rupa sehingga dapat membuat orang merasa lebih baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai keanekaragaman vegetasi yang dilakukan di kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo memiliki produktivitas sedang, sehingga keanekaragaman strata pohon, tiang dan pancang masih dalam keadaan seimbang atau masih dalam keadaan stabil. Biomassa yang terdapat di Ruang Terbuka Hijau kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo menunjukkan bahwa ekosistem vegetasi mampu menyerap CO₂ sebesar 110.68 Kg per Hektar dengan total akumulasi karbon dalam biomassa 1734.18 ton CO₂ per hektar setiap tahun yang memiliki peran penting dalam mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di perkotaan. Terakhir pada cadangan karbon yang tersimpan di Ruang Terbuka Hijau kampus 2 Universitas Abdurachman Saleh Situbondo kategori pohon mendapatkan nilai paling tinggi yaitu 72.72 ton per hektar, sedangkan pada kategori pancang mendapatkan nilai yang paling kecil yaitu

4.06 ton per hektar dengan total cadangan karbon mencapai 110.68 ton per hektar dengan rata-rata 36.89 ton per hektar. Dengan menyerap CO₂, cadangan karbon berperan dalam mengatur suhu global dan iklim lokal. Hutan dan lahan terbuka hijau berfungsi sebagai "pendingin" alami yang membantu mengurangi efek pemanasan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2010). Strategi Nasional REDD+. Jakarta: Bappenas, Kemenhut, UN-REDD Programme.
- BSN. 2011. Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon - Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (ground based forest carbon accounting). Badan Standardisasi Nasional-Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Chave, J. R. Condit, S. Aguilar A. Hernandez, S. Lao, and R. Perez. 2005. Propagation and Scaling for Tropical Forest Biomass Estimates. Phil. Trans. R. Soc. Lond. DOI 10.1098/rstb.2003.1425.
- CIFOR. 2003. Perdagangan Karbon. WartaKebijakan. 8.1-6.
- Dewiyanti. D. 2011. Ruang Terbuka Hijau Kota Bandung : Suatu Tinjauan Awal Taman Kota Terhadap Konsep Kota Layak Anak. Majalah Ilmiah UNIKOM. 7(1).13-26.
- 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. 247, 474–481. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.099>.
- Eckerling, M. (1996). Guidelines for designing healing gardens. Journal of Therapeutic Horticulture, 8, 21-25.
- Effendy S. 2007. Keterkaitan ruang terbuka hijau dengan urban heat island wilayah Jabotabek. Bogor. (Disertasi). Tidak dipublikasikan. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Fachrul, M .F. 2007. Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta.

- Fadila, I., Martiana, T., Rohim, A., & Tualeka, A. Z. P. (2024). THE EFFECTIVENESS OF GREEN OPEN SPACES IN ABSORBING CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN THE AREA OF PT. PELABUHAN INDONESIA (PERSERO) REGIONAL 3 SUBREGIONAL JAWA. *Journal of Environmental Health*, 16(4).
- Fandeli, C. 1992. Perhutanan Kota. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta.
- FAO. 2023. "Terms and Definitions - FRA 2025." Forest Resources Assessment (FRA) Working Paper 194. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flerlage, H., Velders, G. J., & de Boer, J. (2021). A review of bottom-up and top-down emission estimates of hydrofluorocarbons (HFCs) in different parts of the world. *Chemosphere*, 283, 131208.
- Glossary. M.S. Ashton et al. (eds.), *Managing Forest Carbon in a Changing Climate*, DOI 10.1007/978-94-007-2232-3, © Springer Science+Business Media B.V. 2012
- Gunawan. A. 2005. Evaluasi Kualitas Estetika Lanskap Kota Bogor. *Jurnal Lanskap Indonesia*. 1(1).77-80.
- Hairiah, K., Rahayu, S. 2007. Pengukuran 'Carbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya. Indonesia. 77-80
- Hanafi N., Bernardianto R.B. 2012. Pendugaan Cadangan Karbon Pada Sistem Penggunaan Lahan di Areal PT. Sikatan Wana Raya. Media SainS, Volume 4 Nomor 2.
- Irfan, M., Widhanarto, G. O., & Dewantara, I. (2021). Estimasi Cadangan Karbon Dari Kegiatan Reklamasi Blok Tambang Pt. Citra Mineral Investido, Tbk. Kecamatan Sandai Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(3), 354-365.
- Ismaini, L., M. Lailati, Rustandi, D. Sunandar. 2015. Analisis Komposisi dan Keanekaragaman tumbuhan di Gunung Dempo, Sumatera Selatan.

- Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. 1(6): 1397-1402.
- Kăspar, V., Zapletal, M., Samec, P., Kom'arek, J., Bílek, J., Jur'áň, S., 2022. Unmanned aerial systems for modelling air pollution removal by urban greenery. *Urban For. Urban Green.* 78, 127757. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127757>.
- Kousis, I., I. Pigliautile., A. L. Pisello. 2023. Investigating the Intra-Urban Thermal and Air Quality Environment: New Transect Sensing Methodology and Measurements. *Measurement.* 219.1-16. DOI: 10.1016/j.measurement.2023.113210.
- Kurniawati, F. (2007). Peran Healing Environment Terhadap Proses Penyembuhan. Universitas Gadjah Mada.
- Li, Y., Zhang, Y., Wu, Q., Xue, R., Wang, X., Si, M., et al., 2023b. 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.* 88, 128086. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128086>.
- Lukito, M., A. Rohmatiah. 2013. Estimasi Biomassa dan Karbon Tanaman Jati Umur 5 Tahun (Kasus Kawasan Hutan Tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) Desa Krowe, Kecamatan Lembejan Kabupaten Magetan. Agritek. 14(1).1-23.
- Mashur, D., & Rusli, Z. (2018). Upaya dan implikasi penyediaan ruang terbuka hijau (RTH). *Jurnal Kebijakan Publik*, 9(1), 45.
- Masripatin N, Ginoga K, Pari G, Darmawan WS, Siregar KA, Wibowo A, Puspasari D, Utomo AS, Sakuntaladewi N, Lugina M, Indartik, Wulandari 35 *Jurnal Ilmu Kehutanan Volume VII No. 1 - Januari-Maret 2013* W, Darmawan S, Heryansah I, Heriyanto NM, Seringoringo HH, Damayanti R, Anggraeni D, Krisnawati H, Maryani R, Apriyanto D & Subekti B. 2010.
- Ng, Y., Astiani, D., & Ekamawanti, H. A. (2021). Estimation of tree carbon stocks in the green open space of the Faculty of Forestry, Tanjungpura University. *Jurnal Sylva Lestari*, 9(3), 434-443.

- Odum E P 1971 Fundamental of Ecology Ed. 3 (New York: Oxford University Press) Mligo, C., H.V.M. Lyaruu, H.J. Ndangalasi. 2011. The effect of anthropogenic disturbances on population structure and regeneration of *Scorodophloeus fischeri* and *Manilkara sulcata* in coastal forests of Tanzania. Southern Forests. 73(1):33-40.
- Orellano, P., Reynoso, J., Quaranta, N., Bardach, A., Ciapponi, A., 2020. Short-term exposure to particulate matter (PM 10 (O₃ and PM 2.5), nitrogen dioxide (NO₂), and ozone) and all-cause and cause-specific mortality: systematic review and meta-analysis. Environ. Int. 142, 105876. DOI:10.1016/j.envint.2020.105876.
- 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.
- Rochim. F. N., J. A. Syahbana. 2013. Penetapan Fungsi dan Kesesuaian Vegetasi Pada Taman Publik Sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) Di Kota Pekalongan (Studi Kasus: Taman Monumen 45 Kota Pekalongan). Jurnal Teknik PWK. 2(3).314-327.
- Schlesinger, W. H., & Bernhardt, E. S. (2013). Biogeochemistry: An Analysis of Global Change (3rd ed.). Amsterdam: Academic Press.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 7724). (2011). Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon: Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sundari. S. 2019. Polusi Udara Kendaraan Bermotor Tidak Berpengaruh Terhadap Penyakit ISPA. Jurnal Kesehatan Ligkungan. 16(1).697-706. DOI: 10.31964/jkl.v15i2.157
- Usmadi. D., S. Hidayat., Yuzammi. D. Asikin. 2015. Potensi Biomassa Dan Cadangan Karbon Kebun Raya Balikpapan, Kalimantan Timur. Buletin Kebun Raya. 18(1).1-13.
- Widyasari. N. A. E., B. H. Saharjo., Solichin., Istomo. 2010. Pendugaan Biomassa Dan Potensi Karbon Terikat Di Atas Permukaan Tanah Pada Hutan Rawa

- Gambut Bekas Terbakar Di Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia.* 15(1).41-49.
- Wijana, N. 2014. Analisis Komposisi dan Keanekaragaman Spesies Tumbuhan di Hutan Desa Bali Aga Tigawasa, Buleleng - Bali. *Jurnal Sains dan Teknologi.*3(1): 1 - 12.
- Wuisang, C. (2015). Konservasi biodiversitas di wilayah perkotaan: evaluasi lansekap koridor hijau di kota Manado. *Media Matrasain,* 12(2), 47–60.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102106>.
- 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 Impacts of Damage Costs. *Journal of Hydrology.* 1-4. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.132260.