

Evaluasi Fungsi Ekologis Pohon pada Alun-Alun Merdeka Malang

Evaluation of the Ecological Function of Trees at Alun-Alun Merdeka Malang

Caesa Adzania Zahra^{1*}, Rosyi Damayanti Twinsari Manningtyas², Tati Budiarti²

¹CV Asri Jaya, Pakuwon City, Surabaya

²Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

*Email: rosyidamayanti@apps.ipb.ac.id

Artikel Info

Diajukan: 30 April 2024

Direvisi: 21 Juli 2025

Diterima: 21 Juli 2025

Dipublikasi: 01 April 2026

Keywords

carbon sequestration

ecological function

i-Tree Eco

trees

urban park

ABSTRACT

Urban parks play a crucial role in enhancing the quality of the urban environment. Evaluating the ecological functions of trees is essential to assess their effectiveness in providing environmental benefits. This study aims to identify the landscape characteristics and assess the ecological functions of trees, specifically in terms of carbon absorption, carbon storage, and oxygen production. The research was conducted at Alun-Alun Merdeka, Malang, a city park spanning over 5,000 m² and dominated by tree cover. Data collection involved field measurements, observations, and literature reviews, with analysis performed using the i-Tree Eco model. The findings indicate that Alun-Alun Merdeka absorbs carbon 1,388 tons/year, stores carbon 202.9 tons, and produces oxygen 3,702 tons/year. The most effective species for carbon absorption and oxygen production include *Pterocarpus indicus* (angsana), *Filicium decipiens* (umbrella tree), and *Araucaria heterophylla* (norfolk island pine). Meanwhile, *Ficus benjamina* (weeping fig), *Ficus religiosa* (bodhi tree), and *Polyalthia longifolia* (false ashoka) demonstrate the highest carbon storage capacity. Based on these results, the recommended planting strategy is to add plant species that provide the highest ecological contribution and redesign the layout of the plants according to the function of the garden space. This study provides valuable insights into optimizing urban green spaces by utilizing i-Tree Eco for ecological evaluations in Alun-Alun Merdeka, Malang.

PENDAHULUAN

Kota Malang merupakan salah satu lanskap kota dengan kepadatan penduduk tertinggi di Provinsi Jawa Timur, dengan luas wilayah sekitar 111,1 km² yang terbagi dalam lima kecamatan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang, jumlah penduduk kota ini mencapai 846.126 jiwa pada tahun 2022 dan terus mengalami peningkatan akibat urbanisasi, industrialisasi, serta pertumbuhan ekonomi yang pesat. Perkembangan ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan permukiman, infrastruktur, dan fasilitas publik, yang berkontribusi pada perubahan tata guna lahan dari ruang terbuka hijau (RTH) menjadi area terbangun (Artandio *et al.* 2019). Konsekuensinya, terjadi penurunan kualitas lanskap akibat berkurangnya area vegetasi yang berperan dalam menyerap polutan, mereduksi suhu, dan meningkatkan kualitas udara.

Keberadaan RTH memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekologis lanskap perkotaan. Berdasarkan Permendagri No. 1 Tahun 2007, suatu kota idealnya memiliki RTH minimal 30% dari total luas wilayahnya, dengan 20% untuk RTH publik dan 10% untuk RTH privat. Namun, data dari Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2021 menunjukkan bahwa Kota Malang hanya memiliki RTH sebesar 16,76 km² atau sekitar 15,23% dari luas kota, yang masih jauh dari standar yang telah ditetapkan. Kurangnya RTH dapat berdampak pada peningkatan suhu udara dan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dalam lanskap perkotaan (Andari *et al.* 2018; Dwiputri *et al.* 2018; Putra *et al.* 2022). Vegetasi di taman kota berkontribusi terhadap perbaikan kualitas lanskap dengan

menghasilkan oksigen, menyerap karbon dioksida, dan mengurangi pencemaran udara, sehingga keberadaannya sangat penting dalam perencanaan lanskap perkotaan secara berkelanjutan (Lukmanniah dan Fatimah 2017; Andryani dan Murtini 2020; Kaswanto *et al.* 2023; Wibowo dan Sulistyantara 2023; Nadhifa *et al.* 2024; Rohadi *et al.* 2024).

Salah satu taman kota yang memiliki peran strategis dalam penyediaan fungsi ekologis di Kota Malang adalah Alun-Alun Merdeka. Taman kota ini memiliki luas 23.610 m² dan merupakan salah satu RTH utama yang digunakan untuk aktivitas rekreasi, sosial, dan ekologis. Vegetasi yang ada di dalam taman berperan dalam mengatur iklim mikro, menyerap polusi udara, serta menghasilkan oksigen yang mendukung kualitas lingkungan perkotaan. Studi menunjukkan bahwa jenis dan karakteristik vegetasi memengaruhi kapasitas penyimpanan karbon serta efektivitas taman kota dalam mereduksi polusi udara (Juliarti 2014). Pohon-pohon dengan diameter besar dan tajuk yang luas memiliki kapasitas lebih tinggi dalam menyerap karbon dan menghasilkan oksigen dibandingkan vegetasi dengan biomassa rendah (Kaliky dan Ohorella 2011; Aulia *et al.* 2023).

Untuk memahami sejauh mana Alun-Alun Merdeka mampu berkontribusi terhadap keseimbangan ekologi lanskap kota, diperlukan evaluasi terhadap fungsi ekologis pohon yang ada di taman tersebut. Evaluasi ini mencakup penyerapan karbon, penyimpanan karbon, dan produksi oksigen oleh vegetasi yang ada. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam analisis ini adalah *i-Tree Eco*, sebuah perangkat lunak berbasis model ekologi yang dikembangkan oleh United States Forest Service (USFS) untuk menilai

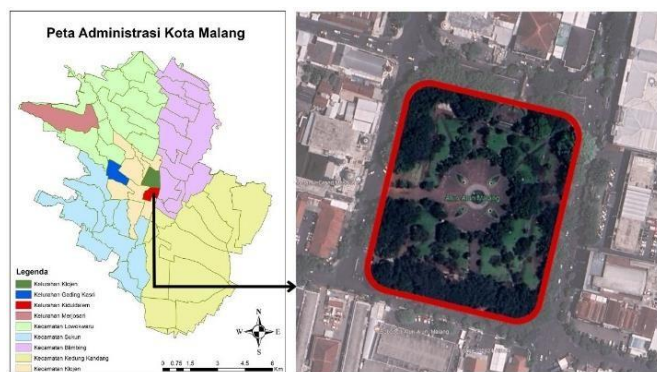
manfaat lanskap yang dihasilkan oleh pohon-pohon perkotaan (*i-Tree Eco* Field Guide Manual v.6.0 2019). Perangkat ini memungkinkan perhitungan karbon terserap, karbon tersimpan, produksi oksigen, pengurangan polusi udara, dan dampak lingkungan lainnya berdasarkan parameter struktural pohon seperti diameter batang (*Diameter at Breast Height - DBH*), tinggi pohon, luas tajuk, dan kondisi kesehatan vegetasi. *i-Tree Eco* telah digunakan secara luas di berbagai negara untuk mendukung kebijakan pengelolaan RTH lanskap perkotaan karena keakuratan modelnya dalam memprediksi jasa lanskap yang diberikan oleh pohon (Fajar dan Nur 2017; Kaswanto 2022; Qisthina dan Kaswanto 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi fungsi ekologis pohon di Alun-Alun Merdeka Malang dengan menganalisis kapasitas penyerapan karbon, penyimpanan karbon, dan produksi oksigen menggunakan metode *i-Tree Eco*. Dengan mengidentifikasi spesies pohon yang paling efektif dalam memberikan manfaat ekologis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk optimalisasi pengelolaan taman kota dan RTH di Kota Malang. Selain itu, hasil studi ini juga dapat menjadi acuan bagi perencanaan kota yang lebih berkelanjutan, terutama dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan peningkatan polusi udara di kawasan perkotaan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada salah satu taman kota di Malang yaitu Alun-Alun Merdeka dengan luas area mencapai 23.610 m². Kegiatan penelitian dilaksanakan sejak bulan Oktober 2023 hingga bulan Mei 2024. Citra lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras seperti alat tulis, phi band, hypsometer digital, laser disto, mobile phone, serta laptop dengan software (perangkat lunak) yaitu *i-Tree Eco*, Microsoft Word 2019, Microsoft Excel 2019, Google Earth, dan ArcGIS.

Metode Penelitian

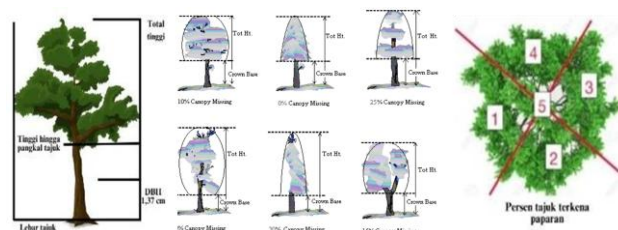
1. Persiapan

Tahap persiapan berupa tahap pra-survei yang kegiatannya meliputi penentuan lokasi penelitian, penetapan tujuan, pengumpulan data sekunder, studi pustaka awal, literatur dan mempelajari *i-Tree Eco*, pembuatan proposal usulan penelitian, perizinan kepada instansi terkait, serta persiapan alat dan bahan yang akan digunakan.

2. Pengumpulan Data

Tahapan ini meliputi pengumpulan data dan informasi terkait tapak yang mendukung penelitian, dimana pada tahap ini terdapat pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran secara langsung pada tapak serta pemotretan tapak untuk mendukung penelitian. Data sekunder diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Malang serta pengumpulan studi pustaka dan literatur.

Terdapat beberapa jenis data yang dibutuhkan dalam tahap pengumpulan ini mencakup letak geografis dan karakteristik vegetasi. Metode pengambilan data dengan observasi lapang secara langsung dilakukan untuk mengukur beberapa variabel dari pohon, antara lain: DBH, total tinggi pohon, tinggi hingga pangkal tajuk, lebar tajuk, persen tajuk hilang, kesehatan tajuk, serta persen tajuk terkena paparan cahaya. Gambar 2 menunjukkan cara mengukur variabel pohon pada berbagai tipe tajuk.



Gambar 2. Ilustrasi Pengukuran Variabel Pohon
Sumber: Syasita (2022); *i-Tree Eco* user manual 4.1.0

Pengambilan data pada Alun-Alun Merdeka dilakukan melalui beberapa tahap:

- Membuat *tally sheet* untuk mencatat pengukuran pada saat di lapang.
- Mengunduh peta *base map* taman melalui Google Maps atau Google Earth untuk menggambarkan letak pohon yang akan diambil data.
- Mengidentifikasi spesies pohon yang akan diukur menggunakan aplikasi *Pl@ntNet*.
- Melakukan pengukuran pohon dan mencatat hasil pengukuran pada *tally sheet*.

Vegetasi yang digunakan pada penelitian ini berfokus pada vegetasi berjenis pohon yang dapat diidentifikasi menggunakan aplikasi *Pl@ntNet* dan divalidasi menggunakan buku *Tanaman Hias Lanskap* karya (Lestari dan Kencana 2015). Aplikasi *Pl@ntNet* merupakan sebuah aplikasi yang berguna untuk mengidentifikasi tanaman berdasarkan foto menggunakan perangkat android ataupun iOS (*iPhone Operating System*) (Pujiyanto *et al.* 2020). Menurut Michigan State University, aplikasi ini mendapatkan peringkat ke-2 performa terbaik dengan 50% akurasi.

3. Pengolahan dan Analisis Data

Tahap pengolahan data dilakukan dengan cara menginput data pohon yang telah didapatkan dari hasil pengukuran pada Alun-Alun Merdeka ke dalam aplikasi *i-Tree Eco* untuk mendapatkan hasil evaluasi fungsi ekologis pohon. Standar prosedur pengolahan data menggunakan tools *i-Tree Eco* dilakukan melalui beberapa tahap.

- Melakukan persiapan data awal seperti data inventarisasi pohon untuk analisis.
- Mengunduh dan menginstal perangkat lunak pada situs resmi *i-Tree*.
- Mengatur proyek dengan memberi nama dan memilih lokasi geografis yang akan diteliti.
- Menginput data pohon hasil inventarisasi di Alun-Alun Merdeka pada tabel yang telah disediakan *i-Tree Eco*.

- e. Mensubmit data yang telah diinput pada *i-Tree Eco*.
- f. Melakukan pengecekan email secara berkala untuk melihat hasil dari pengolahan data *i-Tree Eco* setelah dianalisis.
- g. Analisis regresi linier dilakukan untuk melihat hubungan antara penyerapan CO₂ dengan fungsi penghasil oksigen
- h. Menggunakan hasil dari analisis untuk mengambil keputusan atau memberikan rekomendasi terkait perencanaan maupun pengelolaan taman kota.

4. Rekomendasi

Pada tahap ini dirumuskan rekomendasi berupa tabel daftar spesies dan gambar desain penanaman dalam bentuk planting plan berdasarkan hasil evaluasi fungsi ekologis di Alun-Alun Merdeka yang disesuaikan dengan kebutuhan Kota Malang. Rekomendasi ini berfungsi sebagai pedoman bagi pemerintah dalam pengembangan taman kota lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lanskap Alun-Alun Merdeka, Malang

Karakteristik lanskap pada taman kota dapat dilihat dari kondisi fisik/biofisik dan kondisi sosial. Kondisi fisik/biofisik taman yang diamati seperti luas, topografi, iklim, fasilitas/utilitas, dan vegetasi. Sedangkan kondisi sosial pada taman merupakan aspek yang berkaitan dengan interaksi sosial dan dampaknya terhadap penggunaan taman dan pengelolaan taman seperti tipe pengunjung, aktivitas, dan spot favorit pada taman (Nisa 2021).

Karakteristik pohon yang ditanam pada suatu taman kota memiliki karakteristik yang berbeda atau bahkan sama tergantung pada tujuan dan fungsi pembangunan taman kota tersebut. Terdapat dua syarat utama yang harus diperhatikan dalam pemilihan pohon untuk suatu taman kota, yaitu: (1) syarat-syarat hortikultural atau ekologi, yang mencakup persyaratan pertumbuhan dan toleransi terhadap suhu, air, hama, penyakit, cahaya, tanah, angin, pemangkasan dan pencemaran, sifat penyebaran bunga dan sifat adaptasi, perbanyakan, pemindahan, serta gugur bunga, (2) syarat-syarat fisik, yang mencakup tujuan pembangunan taman kota berdasarkan fungsinya, ukuran dewasa, kecepatan pertumbuhan, dan sifat umur, bentuk, tekstur, warna, aroma, serta syarat budidaya (Juliarti 2014).

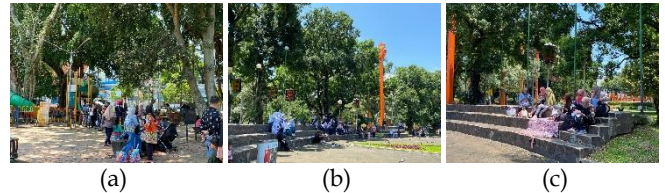
Alun-Alun Merdeka merupakan taman kota aktif terluas yang berada di Kota Malang. Alun-Alun Merdeka memiliki landform yang datar dengan topografi 0-25%. Suhu harian rata-rata di Alun-Alun Merdeka adalah 27 °C dengan kelembapan 71% dan kecepatan angin 10 km/jam. Alun-Alun Merdeka memiliki struktur ruang RTH dengan pola ekologis yang berbentuk square atau mengelompok. Alun-Alun Merdeka memiliki luas ±2,397 ha atau 23.970 m² yang terletak di pusat Kota Malang dan dikelilingi oleh bangunan berumur lama.

Alun-Alun Merdeka dibangun pada tahun 1882 dan bertahan hingga sekarang melalui berbagai macam perbaikan. Alun-Alun Merdeka merupakan salah satu destinasi di Kota Malang yang sangat terkenal dan populer sebagai taman publik aktif sehingga taman ini memiliki fasilitas umum yang cukup lengkap dan juga spot-spot favorit untuk menunjang berbagai aktivitas sosial yang dilakukan masyarakat seperti *amphitheater*, area olahraga, area bermain anak, dan lain sebagainya (Gambar 3).

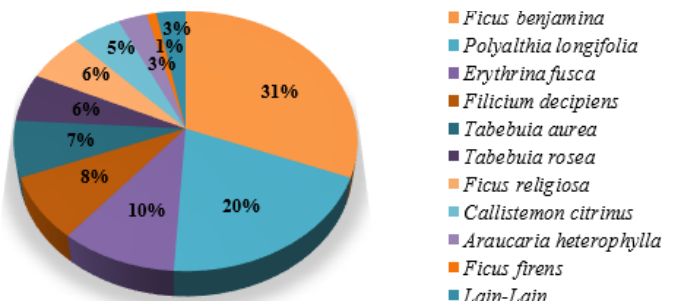
Pengunjung Alun-Alun Kota Malang memiliki usia yang beragam mulai dari anak-anak hingga orang dewasa. Aktivitas yang dilakukan masyarakatpun beragam mulai dari bersantai, memberi makan merpati, bermain di area

playground, atau sekedar berkumpul sehingga fasilitas- fasilitas yang disediakan sangat menunjang kegiatan masyarakat tersebut.

Identifikasi karakteristik pohon pada Alun-Alun Merdeka dapat dilihat berdasarkan komposisi vegetasi dan kelas DBH (*Diameter at Breast High*) pohon tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, komposisi spesies pohon pada Alun-Alun Merdeka terdapat 3 spesies pohon yang paling mendominasi diantaranya *Ficus benjamina* (31%), *Polyalthia longifolia* (20%), dan *Erythrina fusca* (10%) yang dapat dilihat pada diagram Gambar 4. Alun-Alun Merdeka memiliki total 100 jumlah pohon dengan 13 jumlah spesies.



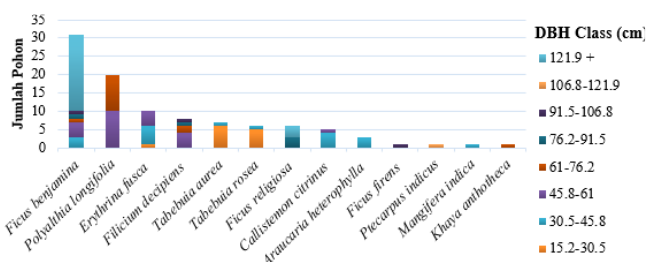
Gambar 3. Spot favorit di Alun-Alun Merdeka (a) *playground*; (b) *amphitheater*; (c) area olahraga



Gambar 4. Komposisi spesies pohon di Alun-Alun Merdeka

Seluruh pohon yang ada pada Alun-Alun Merdeka diukur dan diklasifikasikan berdasarkan DBH. DBH adalah ukuran diameter batang pohon yang diukur pada ketinggian dada manusia sekitar 1,3-1,4 m. Diameter batang tegakan merupakan parameter penting untuk mengukur biomassa tegakan yang termuat dalam persamaan alometrik. Persamaan alometrik merupakan persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel diameter pohon setinggi dada dengan biomassa pohon bagian atas, bawah dan total (Siregar 2012). Semakin besar diameter tegakan, semakin banyak biomassa dan karbon yang disimpan didalamnya. Sebaliknya, semakin kecil diameter batang tegakan, semakin sedikit biomassa dan karbon yang disimpan di dalamnya (Fajar dan Nur 2017). Menurut hasil penelitian, klasifikasi kelas pohon berdasarkan DBH pada Alun-Alun Merdeka berada pada range 15,2-30,5 cm untuk DBH minimum dan range di atas atau lebih dari 121,9 cm untuk DBH maksimum yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa spesies *Tabebuia aurea* memiliki DBH minimum terbanyak dan spesies *Ficus benjamina* memiliki DBH maksimum terbanyak di Alun-Alun Merdeka.



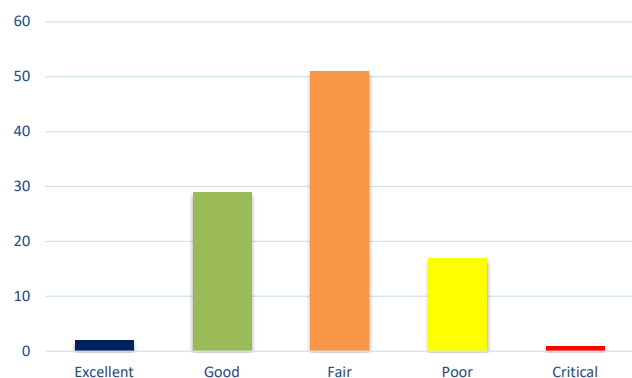
Gambar 5. Klasifikasi kelas pohon berdasarkan DBH pada Alun-Alun Merdeka

Perbedaan kelas DBH tersebut dipengaruhi oleh usia pohon, kelas DBH yang rendah menunjukkan bahwa pohon tersebut baru ditumbuhkan, sementara DBH yang memiliki kelas tinggi merupakan pohon yang sudah lama ditumbuhkan. Klasifikasi kelas diameter ini berpengaruh pada kapasitas penyimpanan karbon pohon tersebut sehingga hal ini sangat penting. Kelas DBH yang semakin tinggi menunjukkan bahwa pohon tersebut memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menyimpan karbon.

Penilaian kondisi pohon berdasarkan *i-Tree Eco* dikategorikan menurut penilaian kesehatan tajuk sebagai berikut:

- *Excellent* = 100% condition
- *Good* = 90-99% condition
- *Fair* = 75-90% condition
- *Poor* = 50-75% condition
- *Critical* = 25-50% condition
- *Dying* = 1-25% condition
- *Dead* = 0% condition

Berdasarkan hasil klasifikasi terhadap kondisi kesehatan tajuk tersebut diketahui bahwa mayoritas pohon di Alun-Alun Merdeka berada pada kondisi "*fair*" yang berarti hanya 75-90% tajuk yang berada pada kondisi sehat (Gambar 6). Selain itu terdapat 18% pohon yang berada pada kondisi *poor* dan *critical* sehingga perlu perawatan lebih lanjut.



Gambar 6. Klasifikasi kondisi kesehatan tajuk pohon Alun-Alun Merdeka

Fungsi Penyerap dan Penyimpanan Karbon

Pemanasan global merupakan isu lingkungan yang menjadi perhatian dunia. Pemanasan global terjadi ketika energi sinar matahari diserap sebagai radiasi gelombang pendek dan dipantulkan kembali ke atmosfer dalam bentuk panas yang menyebabkan perubahan iklim global sehingga terjadi perubahan iklim dan peningkatan suhu lingkungan. Beberapa faktor yang menyebabkan perubahan iklim adalah polusi udara akibat peningkatan aktivitas kendaraan, penebangan pohon, dan adanya alih fungsi lahan. Pohon dapat membantu mengurangi perubahan iklim perkotaan dengan menyimpan dan menyerap karbon di atmosfer.

Pohon mampu menyerap karbon (dari karbondioksida) di atmosfer melalui proses fotosintesis yang kemudian disimpan dalam tumbuhan hijau dan dikembalikan ke udara dalam bentuk oksigen melalui proses respirasi untuk menghasilkan energi. Penyimpanan karbon adalah jumlah karbon yang terikat di bagian atas dan bawah tanah dari vegetasi berkayu. Karbon yang diserap pohon disimpan pada biomassa atas permukaan (*aboveground biomass*), biomassa bawah permukaan (*underground biomass*), bahan organik mati, dan kandungan karbon organik tanah (Ponisri *et al.* 2022). Karbon tersimpan dalam bentuk biomassa pohon yang terkandung dalam bagian tumbuhan yang sudah mati seperti

batang, ranting pohon maupun serasah yang jatuh ke permukaan tanah. Biomassa merupakan banyaknya materi organik yang tersimpan dalam pohon (Kaliky dan Ohorella 2011). Serasah adalah lapisan bahan organik yang terdiri dari dedaunan mati, ranting dan material organik lainnya yang jatuh ke permukaan tanah di dalam hutan atau lingkungan alami yang masih menyimpan cadangan karbon yang termasuk dalam karbon organik (C-organik). Jumlah karbon pada pohon dapat dilakukan perhitungan biomassa dan cadangan karbon (C) serasah. Proses penyimpanan karbon di dalam tanaman yang sedang tumbuh disebut sebagai sequestrasi karbon (*carbon sequestration*). Jumlah karbon yang ditimbun dalam tanaman sangat bergantung pada jenis dan sifat tanaman itu sendiri (Putri dan Wulandari 2015).

Berdasarkan hasil pengolahan data, Alun-Alun Merdeka mampu menyerap karbon sebesar 1,388 ton/tahun dengan nilai penghematan sebesar Rp4.240.000 dan penyimpanan karbon sebesar 202,9 ton karbon dengan nilai penghematan sebesar Rp620.000.000, dimana dari seluruh spesies yang dijadikan sampel diketahui bahwa *Ficus benjamina* menyimpan karbon paling banyak yaitu sebesar 76,4% dari total karbon yang tersimpan dan *Polyalthia longifolia* menyerap karbon paling banyak yaitu sebesar 27,4% dari karbon yang diserap di Alun-Alun Merdeka. Nilai penghematan dapat diartikan sebagai nilai penggantian dimana nilai penggantian adalah nilai pohon berdasarkan sumberdaya fisik itu sendiri, misalnya biaya karena harus mengganti pohon dengan pohon serupa. Nilai penggantian didasarkan pada prosedur *the Council of Tree and Landscape Appraisers* yang menggunakan informasi spesies pohon, diameter, kondisi, dan lokasi pohon berdasarkan hasil *i-Tree Eco*. Nilai penyimpanan karbon dan penyerapan karbon didasarkan pada perkiraan atau nilai karbon lokal yang disesuaikan. Untuk laporan internasional yang tidak memiliki nilai lokal, perkiraan didasarkan pada nilai karbon untuk Amerika Serikat (U.S. Environmental Protection Agency 2015, Interagency Working Group on Social Cost of Carbon 2015) dan dikonversi ke mata uang lokal dengan nilai tukar yang ditetapkan pengguna, dalam hal ini US\$ ke rupiah yaitu 1 US\$ dollar sama dengan Rp16.246.

Menurut Nisa (2021), terdapat kriteria dalam penyerapan karbon yang digolongkan sebagai berikut:

- | | | |
|------------------------|---|--------------------------|
| < 14.200 kg/tahun | = | Penyerapan karbon rendah |
| 14.200–28.400 kg/tahun | = | Penyerapan karbon sedang |
| >28.400 kg/tahun | = | Penyerapan karbon tinggi |

Berdasarkan kriteria tersebut maka Alun-Alun Merdeka tergolong dalam klasifikasi rendah dalam kemampuannya menyerap karbon setiap tahunnya. Tingkat penyerapan karbon ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanaman itu sendiri, ukuran taman, kualitas tempat tumbuh, iklim, usia dan kerapatan vegetasi, serta komposisi jenis tanaman (Istomo *et al.* 2014). Ukuran taman yang kecil menyebabkan kapasitas penyerapan karbon yang terbatas begitupun sebaliknya. Tempat tumbuh dan iklim berpengaruh pula pada laju fotosintesis sehingga memengaruhi hasil dari penyerapan karbon. Usia tanaman berpengaruh pada kemampuan penyerapan karbon dikarenakan semakin tua usia pohon maka kemampuannya dalam menyerap karbon akan semakin rendah. Begitu pula kerapatan vegetasi berpengaruh terhadap penyerapan karbon dimana jumlah tanaman yang semakin banyak akan menyerap karbon semakin banyak pula begitupun sebaliknya. Terdapat beberapa spesies pohon yang mampu menyerap karbon paling tinggi berdasarkan hasil pengolahan data *i-Tree Eco* di Alun-Alun Merdeka seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesies pohon penyerap karbon teratas di Alun-Alun Merdeka

Spesies	Rata-rata penyerapan karbon oleh pohon (kg/thn)
<i>Pterocarpus indicus</i>	53,62
<i>Filicium decipiens</i>	32,04
<i>Khaya anthothea</i>	26,64
<i>Araucaria heterophylla</i>	25,64
<i>Ficus religiosa</i>	25,53
<i>Ficus firens</i>	20,05
<i>Polyalthia longifolia</i>	19,00

Menurut Rochmayanto *et al.* (2014), terdapat kriteria dalam penyimpanan karbon yang digolongkan sebagai berikut:

Wtc < 42,172 (ton/ha)	=	Karbon tersimpan rendah
42,17 < Wtc < 64,15 (ton/ha)	=	Karbon tersimpan sedang
Wtc > 64,150 (ton/ha)	=	Karbon tersimpan tinggi

Keterangan:

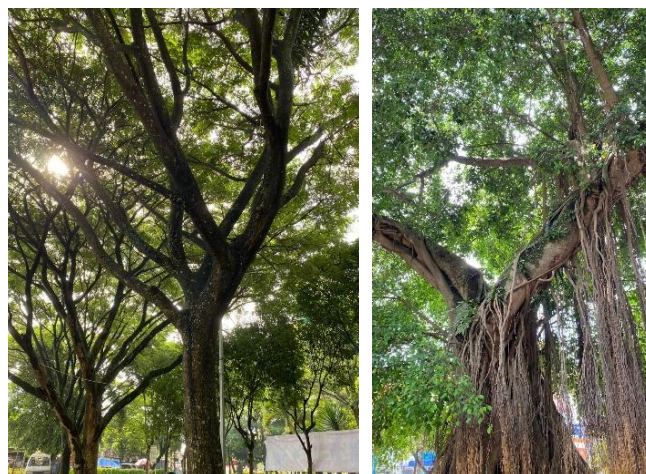
Wtc : Wood Total Carbon

Berdasarkan kriteria tersebut, Alun-Alun Merdeka tergolong dalam klasifikasi tinggi dalam kapasitasnya menyimpan karbon yaitu sebesar 202,9 ton atau 85,94 ton/ha dikarenakan sebagian besar pohon yang ada pada Alun-Alun Merdeka merupakan pohon yang sudah lama ditumbuhkan atau berusia tua. Terdapat beberapa spesies pohon yang memiliki kapasitas penyimpanan karbon paling tinggi berdasarkan hasil pengolahan data *i-Tree Eco* di Alun-Alun Merdeka yang ditunjukkan pada Tabel 2. Kapasitas penyimpanan karbon pohon pada Alun-Alun Merdeka merupakan total karbon dari seluruh spesies pohon yang ada pada taman sehingga jumlah pohon juga mempengaruhi kapasitas penyimpanan karbon pada masing-masing spesies.

Tabel 2. Spesies pohon (peringkat teratas) penyimpan karbon di Alun-Alun Merdeka

Spesies	Jumlah pohon	Penyimpanan karbon (ton/thn)
<i>Ficus benjamina</i>	31	154,9
<i>Ficus religiosa</i>	6	20,1
<i>Polyalthia longifolia</i>	20	9,9
<i>Filicium decipiens</i>	8	8,4
<i>Pterocarpus indicus</i>	1	3,7
<i>Khaya anthothea</i>	1	1,1
<i>Ficus firens</i>	1	1,0

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, diketahui bahwa tingginya hasil penyerapan karbon oleh suatu pohon tidak menjamin hasil penyimpanan karbon pada pohon tersebut lebih tinggi jika dibandingkan pohon lainnya. Apabila diambil contoh, spesies *Pterocarpus indicus* menyerap karbon lebih tinggi dari *Ficus benjamina*, tetapi *Ficus benjamina* dapat menyimpan karbon lebih tinggi dibandingkan dengan *Pterocarpus indicus* (Gambar 7). Hal ini disebabkan karena banyaknya karbon yang tersimpan dalam pohon juga dipengaruhi oleh ukuran dan usia pohon. Tumbuhan atau pohon berumur panjang yang tumbuh di hutan maupun di kebun campuran merupakan tempat penimbunan atau penyimpanan karbon yang jauh lebih besar daripada tanaman semusim. Oleh karena itu, hutan alami dengan keragaman jenis pepohonan berumur panjang dan serasah yang banyak merupakan gudang penyimpanan karbon tertinggi (baik di atas maupun di dalam tanah) (Fajar dan Nur 2017).

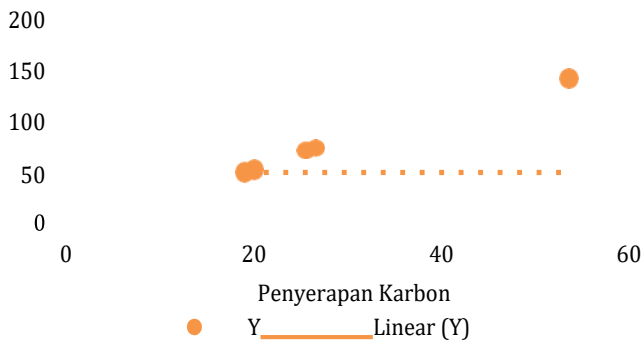
Gambar 7. Spesies penyerap karbon teratas (*Pterocarpus indicus*) dan penyimpan karbon teratas (*Ficus benjamina*)

Fungsi Penghasil Oksigen

RTH memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan. Salah satu fungsi utama RTH dalam lingkungan perkotaan yaitu sebagai paru-paru kota yang berperan dalam produsen (penghasil) oksigen. Oksigen merupakan komponen kebutuhan dasar yang sangat diperlukan manusia untuk metabolisme sel dalam tubuh. Oksigen banyak tersedia secara alami melalui vegetasi yang tumbuh. Vegetasi hijau melakukan proses fotosintesis pada daunnya dengan menyerap karbondioksida dan menghasilkan oksigen. Jumlah oksigen yang dihasilkan oleh tumbuhan berbeda-beda tergantung pada ukuran dan jenis pohonnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor pada tumbuhan seperti mutu klorofil, lebar keseluruhan daun, umur daun, dan fase pertumbuhan tanaman (Andryani dan Murtini 2020). Proporsi jumlah luas RTH akan sangat berpengaruh terhadap besar atau kecilnya kadar oksigen yang dihasilkan. Menurut Sahid dalam Samsuri *et al.* 2021, setiap 1 m² luas RTH mampu menghasilkan O₂ sebesar 50,625 gr/m²/hari, maka jika luas RTH disimbolkan dengan (n) akan menghasilkan O₂ sebesar n x 50,625 gr/hari. Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa luas suatu RTH akan berbanding lurus dengan besar atau kecilnya produksi oksigen yaitu semakin besar luas RTH maka akan semakin besar jumlah oksigen yang dihasilkan begitu pula sebaliknya. Hasil penelitian dan pengolahan data menunjukkan bahwa Alun-Alun Merdeka mampu menghasilkan oksigen untuk lingkungannya sebesar 3.702 ton/tahun. Terdapat beberapa spesies pohon yang mampu menghasilkan oksigen dengan jumlah tinggi dari Alun-Alun Merdeka berdasarkan hasil pengolahan data *i-Tree Eco* seperti pada Tabel 3.

Gambar 8 merupakan hasil grafik analisis regresi linear sederhana yang dilakukan untuk memvalidasi bahwa pohon yang mampu menyerap karbon tinggi akan menghasilkan oksigen tinggi pula. Berdasarkan Gambar 8, setelah dilakukan analisis regresi linear sederhana spesies pohon yang mampu menyerap karbon tinggi memiliki nilai korelasi yang sangat kuat bahwa pohon tersebut juga akan menghasilkan oksigen yang tinggi pula (*Multiple R*: 0,999 tergolong dalam kategori sangat kuat) yang berarti semakin tinggi serapan karbon oleh pohon maka semakin tinggi pula oksigen yang dihasilkan. Secara umum, korelasi ini dilatarbelakangi oleh beberapa faktor seperti fotosintesis itu sendiri, pertumbuhan pohon, dan massa daun. Pohon yang menyerap banyak karbon akan menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis, dimana pohon yang membutuhkan pertumbuhan cepat akan cenderung

memerlukan atau menyerap karbon tinggi sehingga oksigen yang dihasilkan akan tinggi pula. Massa daun yang dimiliki pohon akan berpengaruh terhadap fotosintesis yang mana semakin banyak daun atau semakin luas area permukaan daun maka semakin banyak energi matahari yang terserap sehingga akan besar pula area permukaan untuk melakukan fotosintesis, hal tersebut akan menyebabkan produksi oksigen suatu pohon semakin tinggi pula (Likhodakarami *et al.* 2021). Korelasi antara fungsi ekologis dari penyerapan karbon dan penghasil oksigen suatu pohon menyebabkan hasil yang sama untuk spesies teratas dari fungsi ekologis penyerapan karbon serta penghasil oksigen pada Alun-Alun Merdeka.



Gambar 8. Grafik regresi antara penyerapan karbon dan produksi oksigen spesies pohon teratas dari empat taman kota

Tabel 3. Spesies pohon (peringkat teratas) penghasil oksigen di Alun-Alun Merdeka

Spesies	Jumlah pohon	Efektifitas Produksi Oksigen (kg/thn)
<i>Pterocarpus indicus</i>	1	142,97
<i>Filicium decipiens</i>	8	85,44
<i>Khaya anthothea</i>	1	71,04
<i>Araucaria heterophylla</i>	3	68,42
<i>Ficus religiosa</i>	6	68,09
<i>Ficus firens</i>	1	53,47
<i>Polyalthia longifolia</i>	20	50,67

Berdasarkan hasil pengolahan data yang ditunjukkan oleh Tabel 3, diketahui bahwa spesies Pohon Glodogan (*Polyalthia longifolia*) mampu memberikan kontribusi terbesar dalam menghasilkan oksigen pada Alun-Alun Merdeka dengan jumlah 20 pohon. Akan tetapi, berdasarkan hasil rata-rata individu spesies, pohon angšana (*Pterocarpus indicus*) mampu menghasilkan oksigen individu tertinggi yaitu sebesar 142,97 kg. Meskipun pohon angšana (*Pterocarpus indicus*) hanya ada satu individu pada Alun-Alun Merdeka tetapi pohon ini berpotensi dan berpengaruh besar dalam menghasilkan oksigen untuk lingkungannya. Selain angšana (*Pterocarpus indicus*), terdapat beberapa spesies pohon lain yang juga menghasilkan rata-rata oksigen individu dengan jumlah tinggi seperti kerai payung (*Filicium decipiens*) sebesar 85,44 kg, mahoni timur (*Khaya anthothea*) sebesar 71,04 kg, dan cemara norfolk (*Araucaria heterophylla*) sebesar 68,42 kg.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil evaluasi fungsi ekologis menggunakan *i-Tree Eco* pada Alun-Alun Merdeka di Kota Malang, terdapat beberapa strategi atau pendekatan sebagai acuan dalam perencanaan maupun perbaikan taman kota yang dapat digunakan dan diterapkan untuk meningkatkan aspek fungsi ekologis kualitas udara lingkungan perkotaan.

- Merekomendasikan spesies-spesies pohon dengan kontribusi ekologis tertinggi berdasarkan hasil pengolahan data *i-Tree Eco* dari Alun-Alun Merdeka (penyerapan dan penyimpanan karbon, serta penghasil oksigen) dalam bentuk daftar tabel yang ditunjukkan pada Tabel 4 untuk dipertahankan dan/atau ditambahkan di dalam tapak.
- Mengusulkan rekomendasi penanaman pohon pada Alun-Alun Merdeka menggunakan hasil spesies teratas dari hasil pengolahan data *i-Tree Eco* (Tabel 4), dimana spesies pohon ini lebih efektif dalam menyediakan fungsi ekologis (penyerapan dan penyimpanan karbon, serta penghasil oksigen). Pohon yang diganti dan diletakkan pada gambar *planting plan* Alun-Alun Merdeka didasari oleh beberapa hal yaitu:
 - Dengan mempertimbangkan aktivitas pengunjung, pengelola direkomendasikan untuk meletakkan pohon yang mampu menghasilkan oksigen tinggi pada area penuh aktivitas pengunjung dan meletakkan pohon penyerap serta penyimpan karbon pada area sekeliling taman atau area yang dekat dengan aktivitas kendaraan.
 - Berdasarkan pertimbangan terhadap kebutuhan ruang, pengelola direkomendasikan untuk meningkatkan jumlah pohon sehat pada area yang masih dapat dimanfaatkan untuk penambahan pohon.
 - Berdasarkan hasil evaluasi fungsi ekologis pohon, pengelola direkomendasikan untuk mempertahankan pohon-pohon yang masih berada pada kategori “*excellent, good, fair*” meskipun nilai penyerapan karbonnya berada dibawah 5 kg/tahun, dikarenakan pohon-pohon ini bermanfaat untuk fungsi lain yaitu fungsi arsitektural dan estetika. Hasil fungsi ekologis penyerapan karbon di masing-masing taman kota dapat dilihat pada Lampiran .
 - Dengan mempertimbangkan kondisi kesehatan tajuk pohon, pengelola direkomendasikan untuk mengganti pohon yang kondisinya berada pada kriteria “*poor, critical, dying, dead*” dengan kemampuan penyerapan karbonnya sudah dibawah 5 kg/tahun yang artinya sudah kurang potensial dalam memberikan fungsi ekologis berdasarkan hasil penilaian dari *i-Tree Eco*.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Alun-Alun Merdeka berperan dalam memenuhi fungsi ekologis yaitu fungsi penyerap dan penyimpan karbon serta penghasil oksigen. Tutupan pohon yang paling dominan pada Alun-Alun Merdeka yaitu spesies *Ficus benjamina* (31%), *Polyalthia longifolia* (20%), dan *Erythrina fusca* (10%). Alun-Alun Merdeka mampu menyerap karbon dengan total karbon sebesar 1.388 ton/tahun dan menyimpan karbon total sebesar 202,9 ton dimana spesies *Ficus benjamina* menyimpan karbon paling banyak yaitu sekitar 76,4% dari total karbon yang tersimpan dan *Polyalthia longifolia* menyerap karbon paling banyak yaitu sekitar 27,4% dari karbon yang diserap oleh Alun-Alun Merdeka. Berdasarkan hasil penelitian, spesies pohon yang mampu menyerap karbon tinggi seperti *Pterocarpus indicus*, *Filicium decipiens* serta spesies pohon yang mampu menyimpan karbon tinggi seperti *Ficus benjamina*, dan *Ficus religiosa*. Alun-Alun Merdeka juga berkontribusi dalam memberikan fungsi penghasil oksigen yaitu sebesar 3.702 ton/tahun. Berdasarkan hasil penelitian, spesies pohon yang mampu menghasilkan oksigen dalam jumlah besar berbanding lurus dengan spesies yang mampu menyerap karbon tinggi seperti *Pterocarpus indicus* sebesar 142,97 kg dan *Filicium decipiens* sebesar 85,44 kg.

Tabel 4. Rekomendasi spesies pohon fungsi ekologis yang efektif di Alun-Alun Merdeka

Spesies	Fungsi Penyerapan Karbon	Fungsi Penyimpanan Karbon	Fungsi Penghasil Oksigen
<i>Pterocarpus indicus</i>	√	√	√
<i>Filicium decipiens</i>	√	√	√
<i>Khaya Anthothea</i>	√	√	√
<i>Araucaria heterophylla</i>	√	-	√
<i>Ficus religiosa</i>	√	√	√
<i>Ficus firens</i>	√	√	√
<i>Polyalthia longifolia</i>	√	√	√
<i>Ficus benjamina</i>	√	√	√

Saran

Strategi atau pendekatan pengelolaan taman kota yang dapat digunakan dan diterapkan untuk meningkatkan kualitas udara lingkungan perkotaan adalah meningkatkan spesies pohon yang mampu menyimpan karbon tinggi dengan pengadaan keragaman jenis pohon berumur panjang serta penggunaan pohon dengan perawatan rendah seperti *Ficus benjamina*, *Ficus religiosa*, dan *Polyalthia longifolia*, perlu juga meningkatkan spesies pohon yang mampu menyerap dan menghasilkan oksigen tinggi dengan karakteristik pohon yang sehat berdaun rimbun serta bertajuk dan diameter besar seperti *Pterocarpus indicus*, *Filicium decipiens*, *Khaya anthothea*, dan *Filicium decipiens*.

DAFTAR PUSTAKA

[BPS] Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2023. Kota Malang dalam Angka 2022. Malang (ID): BPS Kota Malang.

[DPU] Dinas Pekerjaan Umum. 2008. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Penataan Ruang DPU.

[SIPSN] Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional. 2021. Ruang Terbuka Hijau. diakses pada November 17, 2021. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/rth>

[Permendagri] Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan. 2007.

Andari SY, Herlina N, Wiwin D, Dwi S. 2018. Pengaruh Taman Kota terhadap Konsentrasi CO₂ dan Suhu Udara Ambient di Kota Malang. *Jurnal Produksi Tanaman* 6(4): 602-608.

Andryani AE, Murtini S. 2020. Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau terhadap Kebutuhan Oksigen di Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. *Swara Bhumi* 3(3).

Artandio B, Setyono DA, Basuki E. 2019. Prioritasi Lokasi Penyediaan Lahan Pemenuhan Ruang Terbuka Hijau Publik Perkotaan Kota Malang. *Planning for Urban Region and Environment* 8(3).

Aulia R, Kaswanto RL, Arifin HS, Mosyaftiani A, Syasita N, Wahyu A, Wiyoga H. 2023. Assessing the Benefits and Management of Urban Forest in Supporting Low Carbon City in Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas* 24:6151-6159. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d24i1136>

Dwiputri DA, Nasrullah N, Alim Mas'ud Z. 2018. Developing Plant Tolerance Indicator to Air Pollution, Case Study in Krakatau Industrial Estate Cilegon City, Indonesia. *Jurnal Lanskap Indonesia* 10(1): 19-27. <https://doi.org/10.29244/jli.v10i1.18734>

Fajar AR, Nur A. 2017. Estimation of Carbon Stock Modeling

Tamarindus Indica Cultivation Applied in Green Line Street Rembang Regency. Volume ke-14.

Juliarti A. 2014. Karakteristik Jenis Pohon pada Berbagai Tipe Lokasi Hutan Kota di Pekanbaru Propinsi Riau. *Jurnal Hutan Tropis* 2(1).

Kaliky F, Ohorella S. 2011. Biomassa dan Karbon di bawah Permukaan Tanah Tegakan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) pada Lahan Agroforestri. *Jurnal Agrohut* 2(2). [diakses 2025 Mei 21].

Kaswanto RL. 2022. Manajemen Metabolisme Lanskap Mewujudkan Lanskap Rendah Karbon. Dalam Ragam Aktualisasi Agromaritim Indonesia Bunga Rampai: Pemikiran Dosen Muda Institut Pertanian Bogor. IPB Press. Bogor.

Kaswanto RL, Ilmi MR, Nurhayati HSA. 2023. Waterfront City Management to Realize Low Carbon Landscape in Pekanbaru City, Indonesia. *International Journal of Conservation Science* 14 (3): 1151-1162. <https://doi.org/10.36868/IJCS.2023.03.24>.

Lestari G, Kencana IP. 2015. *Tanaman Hias Lanskap (Edisi Revisi)*. Jakarta: Penebar Swadaya Group

Likhodakarami L, Pourmanafi S, Soffianian A, Lotfi A. 2021. Pemodelan Distribusi Spasial Penyerapan Karbon, Penyerapan CO₂, dan Produksi O₂ di Kawasan Perkotaan Mengintegrasikan Data Berbasis Darat, Teknik Penginderaan Jauh, dan Model GWR. *Ilmu Bumi dan Antariksa* 9.

Lukmanniah P, Fatimah IS. 2017. Manfaat Kanopi Pohon dalam Upaya Penyimpanan dan Daya Serap Karbon di Kawasan Perumahan. *Jurnal Lanskap Indonesia* 8(1): 13-20. <https://doi.org/10.29244/jli.v8i1.16604>

Nadhifa DH, Budiarti T, Manningtyas RDT. 2024. Evaluation of Thermal Comfort, Aesthetic and User's Perception of Urban Parks in Depok. *Jurnal Lanskap Indonesia* 16(1). <https://doi.org/10.29244/jli.v16i1.42735>

Nisa K. 2021. Pengaruh Arsitektur Vegetasi Terhadap Kualitas Visual Ruang Koridor Hijau Jalan [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Ponisri P, Fajeriana N, Ali A, Farida A, Irnawati I. 2022. Penghijauan dan Penataan Taman Kampus Universitas Muhammadiyah Sorong. *Abdimas: Papua Journal of Community Service* 4(2):29-34. <https://doi.org/10.33506/pjcs.v4i2.1850>

Pujianto AA, Degeng INS, Sugito S. 2020. Pengaruh Penggunaan Aplikasi PlantNet dan Gaya Belajar terhadap Hasil Belajar. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan* 7(1): 12-22. <https://doi.org/10.21831/jitp.v7i1.31365>

Putra BU, Krisnandika AAK, Dharmadiatmika IMA. 2022. Pengaruh Kombinasi Kerapatan Kanopi Pohon terhadap Kenyamanan Termal di Lapangan Puputan Margarana, Denpasar. *Jurnal Lanskap Indonesia* 14(1): 16-21. <https://doi.org/10.29244/jli.v14i1.38646>

Putri AHM, Wulandari C. 2015. Potensi Penyerapan Karbon

- pada Tegakan Damar Mata Kucing di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari* 3(2):13–20. <https://doi.org/10.23960/jsl2313-20>
- Rochmayanto Y, Wibowo A, Lugina M, Butarbutar T, Mulyadin RM, Wicaksono D, Rusolono T. 2014. . *Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia (Seri 2)* Ed ke-2. DI Yogyakarta: Kanisius.
- Rohadi PP, Qisthina N, Aulia R, Arifin HS, Kaswanto RL. 2024. Urban Landscape Management of Makassar City Based on Waterfront City Concept. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1384 (1): 012029. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1384/1/012029>
- Siregar CA. 2012. Formulasi Persamaan Allometrik untuk Pendugaan Biomassa Karbon Jati (*Tectona grandis* Linn. F) di Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* 9(3): 160–169. <https://doi.org/10.20886/jpsek.2012.9.3.160-169>
- Istomo, Subiako A, Rahmadiano S. 2014. Effect of Origin Material and Cutting Media on Successful of Shoot Cutting Tembesu *Fagraea fragrans* (Roxb.)]. *Berita Biologi* 13(3).
- Syasita NN. 2022. Manajemen Jasa Lanskap Ruang Terbuka Hijau Publik Menggunakan *i-Tree Eco* di Hutan Kota Jakarta [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Qisthina N, Kaswanto RL, Arifin HS. 2023. Manajemen Pekarangan Ramah Lebah Tanpa Sengat sebagai Upaya Peningkatan Jasa Lanskap Perkotaan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 28(1): 46-58. <https://doi.org/10.18343/jipi.28.1.46>
- Wibowo KRR, Sulistyantara B. 2023. Perencanaan Jalur Hijau Kota Wisata Cibubur Berbasis Prediksi Kapasitas Serapan NO₂ Melalui Analisis Menggunakan *Software CITYgreen*. *Jurnal Lanskap Indonesia* 15(2):118–126. <https://doi.org/10.29244/jli.v15i2.43633>