

Efektivitas Tutupan Vegetasi dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca di RW 08 Gunung Anyar Tambak Surabaya

Jihan Nazifa Abdul Rochim*, Muhammad Faisal Fadhil

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 22034010108@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 18 Juni 2025

Disetujui: 21 Juni 2025

Abstract

Vegetation cover plays a vital role in climate change mitigation by absorbing atmospheric carbon dioxide (CO₂) through natural photosynthetic processes. This study assesses the effectiveness of vegetation cover in reducing greenhouse gas (GHG) emissions in RW 08, Gunung Anyar Tambak Sub-district, Surabaya. Data were collected through vegetation surveys and carbon stock calculations using allometric equations and referring to SNI 7724:2019. The results show that the total GHG emissions of 4,836.4 tons CO₂e/year (from a population of 2,140 with 2.26 tons CO₂e per capita) are still lower than the existing vegetation's carbon sequestration capacity of 7,267.9 tons CO₂e/year. However, with a projected population growth of 0.82% per year, emissions are expected to surpass sequestration capacity by 2075, reaching 7,274.94 tons CO₂e/year. To prevent a shift to carbon deficit status, the study recommends planting high carbon-sequestering species such as *Pongamia pinnata* and *Albizia chinensis*. Those types of trees are chosen due to their properties such as high carbon sequestering, low maintenance, non-invasive, and adaptive to the urban conditions.

Keywords: *vegetation cover, ghg emissions, carbon sequestration, climate mitigation, climate village program (proklm), sni 7724-2019*

Abstrak

Tutupan vegetasi memiliki peran strategis dalam mitigasi perubahan iklim melalui proses fotosintesis yang menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas tutupan vegetasi dalam mereduksi emisi gas rumah kaca (GRK) di RW 08 Kelurahan Gunung Anyar Tambak, Surabaya. Pengumpulan data dilakukan melalui survei vegetasi dan penghitungan cadangan karbon menggunakan persamaan alometrik serta mengacu pada SNI 7724:2019. Hasil studi menunjukkan bahwa total emisi GRK sebesar 4.836,4 ton CO₂e/tahun (dari 2.140 jiwa dengan emisi 2,26 ton CO₂e/kapita/tahun) masih lebih rendah dari kapasitas serapan vegetasi sebesar 7.267,9 ton CO₂e/tahun. Namun, dengan proyeksi pertumbuhan penduduk 0,82% per tahun, emisi diperkirakan akan melampaui kapasitas serapan pada tahun 2075, mencapai 7.274,94 ton CO₂e/tahun. Untuk mencegah transisi menuju defisit karbon, direkomendasikan melakukan penanaman spesies vegetasi berdaya serap tinggi seperti *Pongamia pinnata* dan *Albizia chinensis*. Kedua jenis pohon ini memiliki daya serap karbon tinggi, perawatan rendah, tidak merusak infrastruktur, dan adaptif terhadap kondisi urban.

Kata Kunci: *tutupan vegetasi, emisi grk, serapan karbon, mitigasi iklim, program kampung iklim (proklm), sni 7724-2019*

1. Pendahuluan

Perubahan iklim global yang ditandai dengan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer telah menjadi isu lingkungan yang mendesak dalam skala lokal maupun global. Emisi GRK, terutama karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O), sebagian besar bersumber dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, perubahan penggunaan lahan, dan aktivitas domestik. (IPCC, 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi yang terukur dan berbasis ekosistem untuk menurunkan emisi sekaligus meningkatkan daya serap karbon. Upaya mitigasi perubahan iklim memerlukan pendekatan berbasis ekosistem, salah satunya melalui pemanfaatan tutupan vegetasi yang mampu menyerap dan menyimpan karbon secara alami melalui proses fotosintesis.

Tutupan vegetasi memainkan peran krusial dalam siklus karbon global. Melalui proses fotosintesis, vegetasi mampu menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Fungsi ini menjadikan vegetasi sebagai "carbon sink" yang efektif dalam menekan laju peningkatan GRK (FAO, 2016). Studi oleh Nowak et al. (2013) menunjukkan bahwa kawasan perkotaan

yang memiliki tutupan vegetasi memadai dapat menyerap antara 0,05 hingga 0,5 ton karbon per hektar per tahun, tergantung jenis vegetasi, umur pohon, dan kondisi lingkungan setempat.

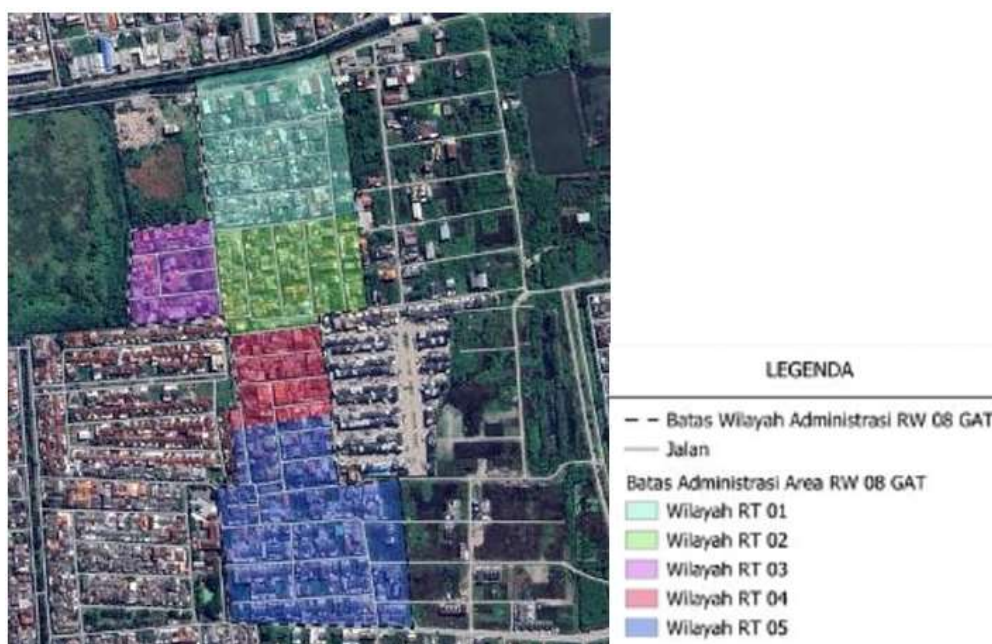
RW 08 Gunung Anyar Tambak merupakan kawasan yang memiliki tantangan dan peluang dalam hal pengelolaan lingkungan. Kelurahan ini, meskipun berada di kawasan perkotaan, masih memiliki beberapa ruang terbuka hijau yang dapat dimanfaatkan untuk menampung karbon. Kondisi geografis yang strategis namun padat penduduk menjadikannya area yang sangat penting untuk studi stok karbon. Namun, upaya komunitas untuk menghidupkan lingkungan melalui program Kampung Iklim (ProKlim) dan pemanfaatan lahan sempit sebagai taman atau lorong hijau menunjukkan potensi lokal dalam adaptasi dan mitigasi iklim. RW 08 Gunung Anyar Tambak merupakan salah satu wilayah yang aktif melakukan penanaman vegetasi lokal dan konservasi ruang hijau berbasis masyarakat. Keberadaan vegetasi di wilayah ini diharapkan mampu berkontribusi dalam mereduksi emisi GRK yang dihasilkan dari aktivitas domestik warga, seperti konsumsi energi listrik, penggunaan kendaraan bermotor, dan pembakaran limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas tutupan vegetasi dalam mereduksi emisi GRK di RW 08 Gunung Anyar Tambak. Dengan mengukur cadangan karbon vegetasi dan membandingkannya dengan estimasi emisi warga, studi ini memberikan gambaran sejauh mana keseimbangan emisi dan serapan karbon dapat dicapai di skala mikro. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi penguatan kebijakan lingkungan berbasis komunitas dan pengembangan Kampung Iklim yang lebih terukur dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di RW 08 Kelurahan Gunung Anyar Tambak, Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya yang terdiri dari 5 RT dengan luas wilayah 15 Ha dan ketinggian wilayah 2 mdpl. Secara geografis, di sebelah utara berbatasan dengan Kali Kebon Agung (Kelurahan Medokan Ayu), di sebelah selatan berbatasan dengan Kelurahan Tambak Oso (Kabupaten Sidoarjo), di sebelah barat berbatasan dengan Kelurahan Gunung Anyar, dan di sebelah timur berbatasan dengan Selat Madura. Berikut adalah Peta Batas Administrasinya:



Gambar 1. Peta Batas Administrasi di RW 08 Kelurahan Gunung Anyar Tambak

Sumber: Qgis, 2025

Lokasi ini dipilih karena aktif dalam program Kampung Iklim dan memiliki kombinasi antara area permukiman padat dan ruang terbuka hijau komunitas. Pengumpulan data dilakukan selama periode Februari hingga Mei 2025.

Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi lapangan dan analisis proyeksi. Penelitian ini menggunakan dua jenis data:

- **Data primer** diperoleh melalui survei lapangan, wawancara singkat dengan warga serta pengurus RW terkait jenis dan jumlah pohon, pengukuran vegetasi (DBH pohon) yang terdapat di dalam **Tabel 1**, yaitu perhitungan stok karbon untuk tanaman keras dengan BJ Kayu yang berasal dari database milik Zanne et. al., (2009) dan DLH Kota Surabaya.
- **Data sekunder** diperoleh dari data excel inventarisasi pohon dari DLH Kota Surabaya, laporan emisi GRK nasional (KLHK), data jumlah penduduk dari kelurahan dan BPS, peta administrasi, serta literatur ilmiah.

Analisis Data

1. *Perhitungan Biomassa menggunakan persamaan allometrik untuk jenis tanaman keras* (Chave et. al., 2005)

$$(AGB)_{est} = \rho \times \exp \left(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3 \right)$$

AGB: biomassa di atas permukaan tanah (Above-Ground Biomass)

ρ : berat jenis kayu

D: diameter setinggi dada batang pohon (DBH)

2. *Pertumbuhan eksponensial penduduk* (Weeks, J. R., 2011)

$$P(t) = P_0 \times (1 + r)^t$$

P(t): jumlah penduduk pada tahun ke-t

P₀: jumlah penduduk awal (2025)

r: laju pertumbuhan penduduk (0,82%)

t: jumlah tahun setelah tahun awal

3. *Total emisi karbon* (KLHK, 2017)

$$E(t) = P(t) \times e$$

E(t): total emisi karbon (CO₂e)

P(t): jumlah penduduk pada tahun ke-t

t: jumlah tahun sejak tahun dasar (2025)

e: emisi karbon rata-rata per jiwa per tahun (2,26 ton CO₂e)

4. *Proyeksi Total Emisi Karbon*

Didapatkan dari gabungan antara rumus eksponensial penduduk dengan total emisi karbon untuk mengetahui total emisi karbon di masa mendatang sesuai dengan proyeksi jumlah penduduk.

$$E(t) = P_0 \times (1 + r)^t \times e$$

E(t): total emisi karbon (CO₂e)

P₀: jumlah penduduk awal (2025)

r: laju pertumbuhan penduduk (0,82%)

t: jumlah tahun setelah tahun awal

e: emisi karbon rata-rata per jiwa per tahun (2,26 ton CO₂e)

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan serapan karbon yang dihasilkan oleh tanaman keras diperoleh melalui pengumpulan data berupa jenis dan jumlah pohon, rata-rata keliling, rata-rata DBH, serta berat jenis kayu sesuai dengan spesies tiap pohon. Data hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Dalam upaya mendukung mitigasi perubahan iklim melalui penanaman pohon, telah tercatat sebanyak 39 jenis pohon yang tersebar di wilayah RW 08 Gunung Anyar Tambak. Jumlah vegetasi terbesar adalah *Mangifera indica* (Mangga) dengan jumlah mencapai 200 pohon. Sedangkan jumlah vegetasi terkecil adalah *Ficus benjamina* (Beringin) yang hanya berjumlah 1 pohon.

Tabel 1. Data Perhitungan Stok Karbon Tanaman Keras
PERHITUNGAN STOK KARBON UNTUK TANAMAN KERAS

No	Rincian Jenis	Scientific Name	Jumlah (Pohon)	Rata-rata Keliling (cm)	Rata-rata DBH (cm)	BJ Kayu	Biomassa (kg.jenis pohon)
1	Asem	<i>Tamarindus indica</i>	10	150	47,77	0,70	22.391,9
2	Alpukat	<i>Persea americana</i>	20	78	24,84	0,55	7.604,1
3	Belimbing Wuluh	<i>Averrhoa bilimbi</i>	120	38	12,10	0,50	7.282,1
4	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	1	147	46,82	0,46	1.389,3
5	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	10	64	20,38	0,38	1.636,3
6	Belimbing	<i>Averrhoa carambola</i>	45	39	12,42	0,58	3.358,6
7	Bougenvil	<i>Bougainvillea sp</i>	50	28	8,92	0,56	1.600,2
8	Cemara	<i>Casuarinaceae Sp.</i>	20	46	14,65	0,75	2.904,5
9	Cerme	<i>Phyllanthus acidus</i>	20	43	13,69	0,60	1.971,1
10	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	5	43	13,69	0,52	423,8
11	Ara Jejawi	<i>Ficus retusa</i>	20	21	6,69	0,42	234,6
12	Jambu Air	<i>Syzygium aquenum</i>	60	47	14,97	0,39	4.774,6
13	Jambu Klutuk	<i>Psidium guajava</i>	50	36	11,46	0,60	3.204,3
14	Jambu Darsono	<i>Syzygium malaccense</i>	50	68	21,66	0,62	15.439,6
15	Jarak	<i>Jatropha curcas</i>	30	36	11,46	0,17	542,0
16	Jati	<i>Tectona grandis</i>	5	87	27,71	0,57	2.553,7
17	Jeruk Nipis	<i>Citrus aurantifolia</i>	50	20	6,37	0,33	407,9
18	Jeruk Purut	<i>Citrus hystrix</i>	26	50	26	0,70	14.023,5
19	Jeruk Limo	<i>Citrus amblycarpa</i>	25	30	25	0,70	12.282,9
20	Katuk	<i>Sauropus androgynous</i>	41	10	41	0,70	64.484,6
21	Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	86	2	86	0,64	664.652,8
22	Kelengkeng	<i>Dimocarpus longan</i>	100	47	14,97	0,70	14.283,1
23	Kelor	<i>Moringe oleifera</i>	65	45	14,33	0,26	3.101,7
24	Kemuning	<i>Murraya paniculata</i>	50	38	12,10	0,87	5.279,5
25	Kenanga	<i>Cananga odorata</i>	10	23	7,32	0,33	115,7
26	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	30	75	23,89	0,49	9.254,7
27	Lamtoro	<i>Leucanea leucocephala</i>	20	36	11,46	0,68	1.445,4
28	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	200	74	23,57	0,55	67.435,1
29	Mengkudu/Pace	<i>Morinda citrifolia</i>	30	43	13,69	0,63	3.104,5
30	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	10	57	18,15	0,50	1.638,5
31	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	3	43	13,69	0,79	388,8
32	Randu	<i>Ceiba pentandra</i>	8	46	14,65	0,29	452,3
33	Salam	<i>Eugenia polyantha</i>	60	46	14,65	0,57	6.622,2
34	Sawo kecil	<i>Manilkara kauki</i>	60	56	17,83	0,83	15.542,8
35	Sono	<i>Dalbergia latifolia</i>	30	52	16,56	0,75	5.869,1
36	Srikaya	<i>Annona squamosa</i>	30	45	14,33	0,62	3.402,7
37	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>	3	53	16,88	0,43	352,4
38	Tabebuia	<i>Tabebuia aureia</i>	50	54	17,20	0,76	10.861,2
39	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	3	177	56,37	0,63	8.761,8
Total (kg DM)							3.964.296,0
Total (ton DM)							3.964,3
Total (ton C)							1.982,1
Total (ton CO₂e₂)							7.267,9
eterangan :							
DM = Dry Matter Content (Biomassa)							
BJ = "Global wood density database, Zanne et. al" & DLH Kota Surabaya							
DBH = Diameter Breast High (Pengukuran 1,3 meter dari permukaan tanah)							

Sumber : DLH Kota Surabaya, 2025

Jika dilihat dari DBH, yang menggambarkan umur pohon, vegetasi yang memiliki rata-rata DBH terbesar adalah *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih), sebesar 86cm. Sebaliknya, *Citrus aurantifolia* (Jeruk Nipis) merupakan spesies yang terkecil dengan DBH rata-rata 6,37cm. Untuk jumlah serapan karbon, pohon kayu putih memberikan kontribusi paling signifikan dengan total serapan karbon sebesar 664.652,8 kg CO₂, dibandingkan dengan pohon mangga yang memiliki jumlah pohon yang lebih banyak. Hal ini dikarenakan pohon kayu putih berumur lebih tua sehingga memiliki DBH pohon yang lebih besar. Sebaliknya, pohon *Cananga odorata* (Kenanga) menyumbang serapan terkecil, yakni hanya 115,7 kg CO₂, walaupun berjumlah 10 pohon.

Dengan demikian, data ini menunjukkan bahwa keberagaman jenis, jumlah, dan umur tanaman keras sangat berpengaruh terhadap total serapan karbon di suatu wilayah. Jenis pohon seperti *Samanea saman* (Trembesi) dapat menjadi prioritas dalam program penghijauan karena kemampuan serapan karbonnya yang tinggi, yaitu 8.761,8 kg CO₂ untuk 3 pohon.

Kemudian, dilakukan perhitungan emisi berdasarkan jumlah penduduk yang ada di RW 08 Gunung Anyar Tambak. Dengan jumlah penduduk 2.140 jiwa, dan emisi karbon per kapita di Indonesia sebesar 2,26 ton CO₂e per tahun (Sustaination, 2022), maka total emisi yang dihasilkan adalah:

$$E = P \times e$$

$$E_{2025} = 2.140 \times 2,26 = 4.836,4 \text{ ton CO}_2\text{e/tahun}$$

RW 08 Gunung Anyar Tambak saat ini masih dalam kondisi karbon negatif (*negative carbon*) karena jumlah karbon yang diserap oleh vegetasi lebih besar dari total emisi penduduk (7.267,9 ton CO₂e/tahun > 4.836,4 ton CO₂e/tahun) yaitu 2.431,5 ton CO₂e/tahun. Namun, hal ini dapat berubah dalam puluhan tahun ke depan jika jumlah penduduk meningkat dan tidak disertai dengan penambahan tutupan vegetasi atau pengurangan emisi per kapita. Seperti contoh pada perhitungan proyeksi emisi karbon berikut:

$$\begin{aligned} E(t) &= P_0 \times (1 + r)^t \times e \\ 7.267,9 &= 2.140 \times (1 + 0,0082)^t \times 2,26 \\ 2.140 \times 2,26 &= 4.836,4 \\ 7.267,9 &= 4.836,4 \times (1,0082)^t \\ \frac{7.267,9}{4.836,4} &= (1,0082)^t \Rightarrow 1,5022 = (1,0082)^t \\ \log(1,5022) &= t \times \log(1,0082) \\ t &= \frac{\log(1,5022)}{\log(1,0082)} \\ t &= \frac{0,1763}{0,00354} = 49,8 \approx 50 \end{aligned}$$

Jumlah penduduk dan Emisi karbon tahun 2075 (ke-50)

$$P_{50} = 2.140 \times (1,0082)^{50} = 3.219 \text{ jiwa}$$

$$E_{50} = 3.219 \times 2,26 = 7.274,94 \text{ ton CO}_2\text{e/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi, titik keseimbangan karbon di RW 08 Gunung Anyar Tambak akan terjadi sebelum tahun ke-50 yaitu pada rentang tahun 2074 sampai dengan tahun 2075. Emisi yang akan dihasilkan melebihi dari jumlah karbon yang diserap, sekitar 7,1 ton CO₂e/tahun. Ini menunjukkan, wilayah tersebut akan menjadi kontributor emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya mitigasi, seperti peningkatan ruang terbuka hijau, penggunaan energi terbarukan, serta pengelolaan pertumbuhan penduduk yang lebih berkelanjutan.

Rekomendasi

Untuk mendukung pengendalian emisi karbon di RW 08 Kelurahan Gunung Anyar Tambak, dibutuhkan pemilihan jenis vegetasi yang memiliki daya serap karbon tinggi, perawatan rendah (*low maintenance*), tidak merusak infrastruktur (*non-invasive*), dan adaptif terhadap kondisi urban. Berdasarkan kriteria parameter tersebut, jenis pohon yang direkomendasikan adalah *Pongamia pinnata* (Kranji Bangkong) dan *Albizia chinensis* (Sengon). *Pongamia pinnata* (Kranji Bangkong) dikenal sebagai spesies tropis yang memiliki daya serap karbon cukup tinggi ($\pm 2,5$ ton CO₂e/ha/tahun), tahan kekeringan, dan tidak memiliki akar invasif sehingga cocok ditanam di kawasan pemukiman padat (Wahid, 2017). Sementara itu, *Albizia chinensis* (Sengon) terbukti menyerap karbon dalam jumlah besar; studi di kawasan hutan kota Malang (Wibowo, 2021) menunjukkan serapan mencapai $\pm 6,2$ ton CO₂e per pohon.

Waktu penanaman ideal adalah awal musim hujan tahun 2025 (Oktober–Desember), dengan masa efektif serapan dimulai sejak tahun ke-3 setelah tanam dan mencapai puncaknya pada tahun ke-5 sehingga akan memberi manfaat tambahan seperti peneduh dan penyerap polutan. Untuk menjamin keberhasilan awal, pohon perlu ditopang dengan tiang pancang bambu atau kayu selama fase pertumbuhan dini. Strategi ini mendukung upaya mitigasi emisi karbon yang diproyeksikan mencapai 7.274,94 ton CO₂e pada tahun 2075, selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan mendukung Program Kampung Iklim (ProKlim).

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa tutupan vegetasi di RW 08 Kelurahan Gunung Anyar Tambak Surabaya berperan signifikan dalam mendukung upaya mitigasi perubahan iklim di tingkat lokal. Kondisi ini menunjukkan wilayah tersebut dalam status netral karbon bahkan lebih. Namun, berdasarkan hasil proyeksi bahwa keseimbangan karbon akan terlampaui pada tahun ke-50 dari tahun dasar, yaitu pada tahun 2075, di mana emisi karbon dari aktivitas penduduk akan melampaui kapasitas serapan eksisting. Untuk menghindari pergeseran dari status netral menuju defisit karbon, maka perlu dilakukan intervensi berupa penambahan stok karbon melalui penanaman pohon yang memiliki kemampuan serapan tinggi, seperti *Pongamia pinnata* (Kranji Bangkok) dan *Albizia chinensis* (Sengon), yang efektif mulai tahun ke-3 pasca tanam dan mencapai kinerja maksimal di tahun ke-5. Penanaman ideal dilakukan mulai musim hujan 2025 agar waktu efektif serapan tercapai sebelum tahun 2075.

Namun penelitian ini memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan proyeksi pertumbuhan tutupan vegetasi di masa mendatang. Perhitungan emisi karbon dan cadangan karbon hanya didasarkan pada kondisi eksisting tahun 2025 tanpa memperhitungkan potensi penambahan atau pengurangan luas, pertumbuhan, dan kualitas vegetasi di tahun-tahun berikutnya. Oleh karena itu, hasil proyeksi emisi dan keseimbangan karbon dapat berubah apabila faktor tersebut juga dipertimbangkan dalam perhitungan di wilayah studi.

6. Referensi

- [1] IPCC, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2021.
- [2] Food and Agriculture Organization (FAO), *Forestry for a Low-Carbon Future: Integrating Forests and Wood Products in Climate Change Strategies*. Rome, Italy: FAO, 2016.
- [3] D. J. Nowak, E. J. Greenfield, R. E. Hoehn, and E. Lapoint, "Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States," *Environmental Pollution*, vol. 178, pp. 229–236, 2013, doi: 10.1016/j.envpol.2013.03.019.
- [4] World Resources Institute, "Emission Reduction and Sequestration Initiative/Inisiatif Pengurangan dan Penyerapan," [Online]. Available: <https://wriindonesia.org/id/inisiatif/emission-reduction-and-sequestration-initiativeinisiatif-pengurangan-dan-penyerapan>.
- [5] Sustaination, "Semua Produk Memiliki Jejak Karbon, Tapi Bisa Diimbangi Hingga Netral," Sustaination, 5 Des. 2022. Menyebutkan bahwa menurut *Our World In Data*, rata-rata emisi karbon per kapita di Indonesia adalah sekitar 2,26 ton CO₂e/tahun. [Online]. Tersedia: <https://sustaination.id/menetralisir-jejak-karbon-produk/>
- [6] UNFCCC, "The Paris Agreement," *UNFCCC*, Adopted 12 Dec. 2015, entered into force 4 Nov. 2016. [Online]. Available: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- [7] D. S. Nugraheni, R. A. Putri, dan E. F. Rini, "Kemampuan tutupan vegetasi RTH dalam menyerap emisi CO₂ sektor transportasi di Kota Surakarta," *Region*, vol. 13, no. 2, pp. 182–198, Jul. 2018. doi: 10.20961/region.v13i2.
- [8] F. Oharogi, "Efektivitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca," *Laporan Penelitian*, 2021.
- [9] A. E. Zanne, D. C. Tank, W. K. Cornwell, J. M. Eastman, S. A. Smith, R. G. FitzJohn, D. J. McGlinn, B. C. O'Meara, A. T. Moles, P. B. Reich, D. L. Royer, D. E. Soltis, P. F. Stevens, M. Westoby, I. J. Wright, L. Aarssen, R. D. Bertin, A. Calaminus, R. Govaerts, F. A. Hemmings, M. R. Leishman, J. Oleksyn, R. G. R. Peet, and J. J. Wiens, "Global wood density database," *Dryad Digital Repository*, 2009. doi: 10.5061/dryad.234
- [10] Akkasaeng, R., 1997. Samanea saman (Jacq.) Merrill. In: Faridah Hanum, I & van der Maesen, L.J.G. (Editors): *Plant Resources of South-East Asia No 11: Auxiliary plants*. PROSEA Foundation, Bogor, Indonesia. Database record: prota4u.org/prosea
- [11] J. Chave, C. Andalo, S. Brown, M. Cairns, J. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J. Lescure, B. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riéra, dan T. Yamakura, "Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests," *Oecologia*, vol. 145, no. 1, pp. 87–99, 2005. doi: 10.1007/s00442-005-0100-x.
- [12] J. R. Weeks, *Population: An Introduction to Concepts and Issues*, 11th ed. Belmont, CA, USA: Cengage Learning, 2011.
- [13] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), *Pedoman Teknis Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional dan Daerah*, Jakarta, Indonesia: KLHK, 2017.

- [14] Pebriandi, P., Yoza, D., Sukmantoro, W., Darlis, V. V., Qomar, N., Mardhiansyah, M., & Muslih, A. M. (2024). Estimation of aboveground carbon stock in PT KOJO's forest in Riau, Indonesia. In BIO Web of Conferences (Vol. 99, p. 03002). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249903002>
- [15] A. S. Wahid, M. S. Shahid, and A. M. Malik, "Carbon Sequestration Potential of Pongamia pinnata in Urban Ecosystems," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 23, pp. 54–62, 2017.
- [16] I. R. Wibowo, "Kapasitas Penyimpanan Karbon dan Potensi Serapan Gas Rumah Kaca Vegetasi Albizia chinensis di Hutan Kota Malang," *Jurnal Sylva Lestari*, vol. 9, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [17] Z. Rehman, M. Zubair, B. A. Dar, M. M. Habib, A. M. Abd-ElGawad, G. Yasin, M. M. Gilani, J. A. Malik, M. T. Rafique, dan J. Jahanzaib, "Urban Parks and Native Trees: A Profitable Strategy for Carbon Sequestration and Climate Resilience," *Land*, vol. 14, no. 4, artikel 903, Apr. 2025, doi:10.3390/land14040903.
- [18] Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 7722:2019 - Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon berbasis lahan (land-based carbon accounting). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.