

Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau sebagai Penyerap Emisi CO₂ di Pabrik Kelapa Sawit

Esta Azzahra, Dian Rahayu Jati, dan Aji Ali Akbar*

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia; e-mail korespondensi: aji.ali.akbar.2011@gmail.com

ABSTRAK

Emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari aktivitas industri berkontribusi signifikan terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dan mempercepat laju perubahan iklim global. Industri pengolahan kelapa sawit, yang umumnya masih bergantung pada bahan bakar fosil, merupakan salah satu sektor utama penyumbang emisi CO₂ yang berdampak pada pemanasan global. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah mitigasi yang tepat guna mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan. Salah satu strategi mitigasi yang efektif dan berkelanjutan adalah pengoptimalan Ruang Terbuka Hijau (RTH), yang berfungsi sebagai penyerap karbon alami melalui proses fotosintesis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas industri di PT. X, menentukan luas RTH yang tersedia di lokasi penelitian, serta mengevaluasi kemampuan vegetasi dalam RTH tersebut untuk menyerap emisi CO₂. Metode yang digunakan meliputi perhitungan emisi CO₂ berdasarkan pedoman IPCC 2006 dengan pendekatan Tier 1. Analisis spasial dilakukan untuk menentukan luas RTH, sementara survei lapangan digunakan untuk mengidentifikasi jumlah dan jenis vegetasi yang ada. Evaluasi daya serap vegetasi didasarkan pada literatur ilmiah mengenai potensi serapan karbon dari berbagai jenis penutup lahan hijau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar solar mencapai 553,36 ton/tahun, sementara daya serap vegetasi mencapai 557,79 ton/tahun. Dengan demikian, terdapat surplus daya serap sebesar 4,43 ton/tahun. RTH yang tersedia seluas 6,93 Ha dari total lahan, telah melampaui standar minimum 10% sesuai regulasi. Kesimpulannya, PT. X menunjukkan kemampuan serapan karbon terbatas pada emisi dari penggunaan bahan bakar solar yang dianalisis dalam penelitian ini.

Kata kunci: Emisi CO₂, Ruang Terbuka Hijau, Vegetasi

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) emissions generated by industrial activities contribute significantly to the rise in greenhouse gas concentrations in the atmosphere, leading to accelerated global climate change. The palm oil processing industry, which generally relies on fossil fuels, is one of the major sources to CO₂ emissions, contributing to global warming. Therefore, appropriate mitigation measures are required to reduce the environmental impact. One effective and sustainable mitigation strategy is optimizing green open spaces (RTH), which function as natural carbon sinks through photosynthesis. This study aims to analyze the CO₂ emission load resulting from industrial activities at PT. X, determine the area of green open space available at the study site, and evaluate the ability of vegetation within the green open space to absorb CO₂ emissions. The study employed a Tier 1 approach based on the 2006 IPCC Guidelines to calculate CO₂ emissions. Spatial analysis was conducted to determine the extent of green open space, while field surveys were employed to identify the quantity and types of existing vegetation. The evaluation of vegetation absorption capacity was based on scientific literature regarding the carbon absorption potential of various types of green land cover. The results showed that total CO₂ emissions from diesel fuel combustion reached 553.36 tons/year, while vegetation absorption capacity reached 557.79 tons/year, resulting in a surplus carbon absorption capacity of 4.43 tons/year. The available green open space area of 6.93 ha exceeds the minimum regulatory standard of 10% of the total land area. In conclusion, PT. X demonstrates carbon neutrality with respect to diesel fuel emissions analyzed in this study.

Keywords: CO₂ Emissions, Green Open Space, Vegetation

Citation: Azzahra, E., Jati, D. R., dan Akbar, A. A. (2026). Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau sebagai Penyerap Emisi CO₂ di Pabrik Kelapa Sawit. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(2), 304-314, doi:10.14710/jil.24.2.304-314

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri berkembang sangat pesat baik di dalam negeri maupun di mancanegara. Perkembangan dan keberhasilan industri saat ini

memiliki efek buruk yang tidak bisa dihindari, yaitu pemanasan global (Maulana, 2023). Menurut Tana & Nugraheni, (2021) pelaku usaha industri adalah penyumbang terbesar emisi karbon di bumi yang dapat

menyebabkan pemanasan global. Pemanasan global merupakan salah satu dampak dari meningkatnya emisi yang terus-menerus dihasilkan oleh aktivitas industri.

Fenomena ini menunjukkan adanya gangguan keseimbangan ekosistem global, yang ditandai oleh kenaikan suhu rata-rata di atmosfer, permukaan tanah, dan perairan laut. Dalam kurun waktu satu abad terakhir, suhu permukaan bumi tercatat mengalami kenaikan sebesar $0,74 \pm 0,18$ °C ($1,33 \pm 0,32$ °F) (Leu, 2021). Menurut IPCC, lonjakan suhu global pada pertengahan abad ke-20 dipicu oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO₂), sebagai akibat dari aktivitas manusia yang memicu efek rumah kaca (Durrotunnisa *et al.*, 2023). Pemanasan global ini merupakan konsekuensi dari perkembangan industri, baik melalui aktivitas langsung maupun tidak langsung.

PT. X adalah industri pengolahan kelapa sawit yang berlokasi di Kecamatan Anjongan, Kalimantan Barat. Sebagai perusahaan yang bergerak di sektor industri pangan, permintaan dan produksi minyak kelapa sawit memiliki peningkatan secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir (Irfani, 2023). Aktivitas produksi yang semakin meningkat menyebabkan PT. X membutuhkan energi dalam jumlah besar, terutama dari bahan bakar. Penggunaan energi ini memberikan dampak buruk bagi lingkungan, terutama dalam bentuk meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Industri kelapa sawit, sebagai bagian dari sektor pangan, berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca sebesar 33,3%, sehingga penggunaan energi dalam skala besar oleh perusahaan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap masalah tersebut (Sucipto & Assomadi, 2023).

Salah satu kontribusi utama gas rumah kaca yang bertanggung jawab atas meningkatnya pemanasan global adalah CO₂. Setelah diidentifikasi, gas karbondioksida CO₂ adalah polutan terbesar dari gas rumah kaca yaitu dengan persentase 76,7% dari seluruh emisi GRK (Wahid, 2023). Aktivitas industri menjadi salah satu sumber utama emisi CO₂. Oleh karena itu, sektor industri perlu berkomitmen dalam upaya mitigasi emisi yang sejalan dengan Rencana Aksi Nasional yang bertujuan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, yang ditetapkan melalui Perpres No 61/2011.

Dalam operasionalnya, PT. X menggunakan energi berbasis pembakaran bahan bakar untuk mendukung proses produksi minyak kelapa sawit, terutama melalui penggunaan genset berbahan bakar solar dan boiler berbasis biomassa. Aktivitas tersebut berpotensi menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) yang terus meningkat seiring bertambahnya kebutuhan produksi perusahaan. Di sisi lain, perusahaan telah memiliki kawasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berpotensi berfungsi sebagai penyerap karbon alami. Namun demikian, hingga saat ini belum diketahui secara pasti apakah kapasitas serapan karbon dari vegetasi eksisting mampu mengimbangi emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas operasional perusahaan.

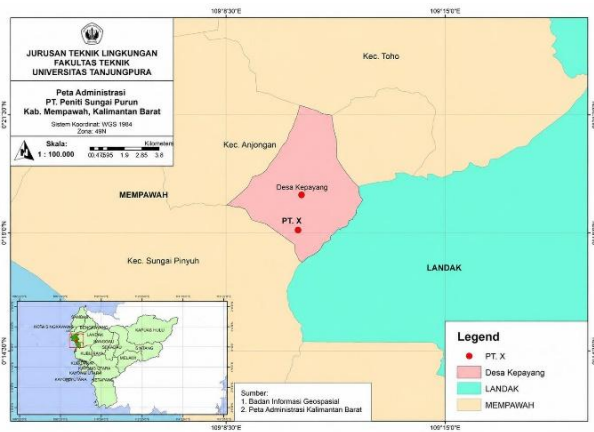
Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan salah satu upaya mitigasi pemanasan global yang efektif dan relatif mudah diterapkan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (Rawung, 2015). Selain berfungsi sebagai penyerap polutan udara, RTH juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem, mengurangi risiko banjir, serta menyediakan habitat bagi berbagai makhluk hidup (Maharani *et al.*, 2017).

Ruang Terbuka Hijau (RTH) didefinisikan sebagai kawasan yang bersifat terbuka, berupa jalur memanjang atau area yang mengelompok, yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman, baik yang ditanam ataupun tumbuh secara alami, seperti taman lingkungan dan berbagai ruang umum terbuka lainnya (UU RI No. 26/2007). Peraturan tersebut juga menetapkan bahwa setiap kawasan industri diwajibkan mengalokasikan paling sedikit 10% dari total luas lahannya untuk Ruang Terbuka Hijau sebagai bagian dari upaya menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung pengendalian emisi gas rumah kaca. Namun demikian, masih banyak kawasan industri yang belum sepenuhnya mengintegrasikan fungsi RTH sebagai bagian dari strategi pengendalian emisi karbon. Prijanati (2019) telah menganalisis hubungan antara emisi Perusahaan dan kemampuan vegetasi dalam menyerap CO₂ berdasarkan jenis tutupan lahan hijau. Namun, kajian tersebut belum secara spesifik membahas kawasan industri kelapa sawit serta belum memasukkan analisis proyeksi kebutuhan RTH dalam jangka panjang. Sebaliknya, kajian ini lebih mengintegrasikan analisis emisi industri terutama dari sektor energi, inventarisasi vegetasi, evaluasi kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO₂, serta proyeksi kebutuhan RTH pada kawasan industri kelapa sawit di PT. X dengan skenario berdasarkan jenis vegetasi yang dominan di Lokasi, seperti Tabebuya (*Handroanthus chrysotrichus*), dan Sengon (*Paraserianthes falcataria*), yang memperkaya Ruang Terbuka Hijau (RTH) eksisting. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kebutuhan RTH sebagai upaya mitigasi emisi CO₂ serta mengevaluasi kemampuan vegetasi eksisting dalam mendukung pengelolaan lingkungan industri yang lebih berkelanjutan di PT. X.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan PT. X yang berlokasi di Desa Kepayang, Kecamatan Anjongan, Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat, selama empat hari, yaitu pada tanggal 12 hingga 15 Desember 2024. PT. X merupakan perusahaan agroindustri yang memproduksi *crude palm oil* (CPO) dengan menggunakan kelapa sawit sebagai bahan baku utama. Perusahaan ini memiliki lahan seluas 20 hektare dengan kapasitas pabrik sebesar 60 ton per jam. PT. X terletak pada titik koordinat 0°30'14.05" LS dan 109°18'10.55" BT.



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian

2.2. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif guna mengukur dan mengevaluasi data yang diperoleh dari aktivitas industri. Proses analisis data dibagi menjadi tiga tahapan, dengan tahap pertama berupa perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas industri di PT. X; kedua, menghitung luasan RTH eksiting pada PT. X serta mengidentifikasi jenis dan jumlah vegetasi yang tersedia; dan ketiga melakukan perbandingan antara jumlah emisi CO₂ dengan total luasan RTH untuk menentukan kemampuan RTH dalam mereduksi emisi CO₂ pada PT. X. Data yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri atas:

1. Data Primer: Survei lapangan untuk verifikasi kondisi RTH serta identifikasi jenis dan jumlah vegetasi.
2. Data Sekunder: Konsumsi bahan bakar (solar dan biomassa), faktor emisi (Direktorat Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan, 2019), citra satelit Google Earth, peta administrasi, dan data daya serap vegetasi dari penelitian terdahulu. Data konsumsi solar dan biomassa diperoleh dari laporan operasional perusahaan periode Januari-Desember 2024. Validasi data dilakukan melalui pencocokan antara laporan penggunaan bahan bakar dengan logbook operasional genset dan boiler perusahaan untuk memastikan kesesuaian data konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam perhitungan emisi.

2.3. Pengolahan dan Analisis Data

2.3.1. Analisis Beban Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ pada penelitian ini dilakukan dari aktivitas industri yaitu pada sektor energi sumber stasioner yang mencakup pembakaran bahan bakar berupa solar yang digunakan untuk tiga genset dan biomassa yang digunakan untuk dua boiler. Perhitungan emisi dilakukan berdasarkan pedoman yang diterbitkan oleh Kementerian ESDM (Direktorat Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan, 2019), yang mengacu pada IPCC *Guideline* 2006 Volume 2. Jumlah dan jenis bahan bakar yang digunakan memengaruhi besarnya emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan. Data aktivitas

digunakan untuk menghitung jumlah bahan bakar, sedangkan jenis bahan bakar ditentukan berdasarkan nilai faktor emisinya. Perhitungan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan Tier 1 dengan Metode 1. Pendekatan Tier 1 memiliki keterbatasan karena menggunakan faktor emisi default IPCC sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi operasional spesifik perusahaan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (IPCC, 2007):

$$E = DA \times FE$$

Keterangan:

E = Emisi GRK (ton CO₂/tahun)

DA = Data Aktivitas (Tj/tahun)

FE = Faktor Emisi (Ton CO₂/Tj)

Perhitungan data aktivitas bahan bakar dilakukan secara terpisah untuk BBM (solar) dan biomassa, dengan mempertimbangkan perbedaan dalam faktor emisi dan nilai kalor bersih (NCV) masing-masing. Rumus perhitungan data aktivitas bahan bakar BBM (solar) dan biomassa yang digunakan adalah sebagai berikut (Direktorat Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan, 2019):

A. Data aktivitas bahan bakar BBM (solar)

$$DA_{BBM} = F_{BBM} \times \rho \times NCV \times 10^{-6}$$

Keterangan:

DA_{BBM} = Data Aktivitas (Tj/tahun)

F_{BBM} = Konsumsi BBM dalam setahun (kl/tahun), yang dihitung berdasarkan konsumsi solar untuk 3 unit diesel genset:

Solar untuk Diesel Genset 1 (250 KVA)

Solar untuk Diesel Genset 2 (500 KVA)

Solar untuk Diesel Genset 3 (1000 KVA)

NCV = Kalor Bersih dari Bahan Bakar Minyak (TJ/GgBBM)

ρ = Berat jenis/densitas BBM (kgBBM/m³) = 873,5

B. Data aktivitas bahan bakar biomass- based fuel

$$DA_{BM} = F_{BM} \times NCV$$

Keterangan:

DA_{BBM} = Data Aktivitas (Tj/tahun)

F_{BBM} = Konsumsi bahan bakar berbasis biomassa dalam setahun (dalam satuan massa biomassa). yang dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar biomassa untuk boiler:

- Fibre untuk bahan bakar boiler (dalam satuan ton/tahun)
- Shell untuk bahan bakar boiler (dalam satuan ton/tahun)

NCV = Kalor Bersih dari *Biomass-based fuel* (TJ/ dalam satuan massa biomassa)

2.3.2. Perhitungan Luas Ruang Terbuka Hijau

Analisis luasan RTH dilakukan menggunakan metode pemetaan spasial. Data diperoleh melalui citra satelit Google Earth hasil akuisisi tahun 2024 dengan resolusi spasial tinggi yang kemudian diolah

menggunakan teknik digitasi untuk menentukan batas-batas RTH Digitasi dilakukan untuk mengidentifikasi area hijau dan distribusi vegetasi secara lebih akurat. Selain itu, metode sensus digunakan untuk mendata jenis dan jumlah vegetasi yang ada di area penelitian. Identifikasi vegetasi dilakukan pada seluruh area RTH dengan mencatat jenis vegetasi, jumlah individu, dan kondisi visual tanaman yang ditemukan di lokasi penelitian. Penentuan jenis vegetasi dilakukan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan dan referensi identifikasi tanaman. Parameter lain seperti umur tanaman, diameter batang, dan kondisi kesehatan vegetasi secara detail belum diukur sehingga dapat menjadi keterbatasan dalam menggambarkan kemampuan serapan karbon aktual setiap vegetasi.

2.3.3. Perhitungan Luas Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap CO₂

a. Perhitungan Daya Serap Pohon (DSP) dan Daya Serap Semak (DSS)

Total karbon dioksida (CO₂) yang dapat diserap oleh pohon dan semak dalam satu tahun disebut sebagai daya serap pohon dan Semak. Daya serap vegetasi pohon dan semak dihitung dengan mengalikan jumlah pohon atau semak yang ada dengan nilai daya serap setiap jenis vegetasi. Nilai daya serap vegetasi diperoleh dari penelitian terdahulu yang telah mengkaji kemampuan serapan karbon berdasarkan jenis vegetasi tertentu, seperti penelitian Dahlan (2007), Ardiansyah (2009) dan Septian (2014). Penggunaan data dari literatur terdahulu dilakukan karena keterbatasan pengukuran langsung daya serap karbon di lokasi penelitian. Nilai daya serap dipilih berdasarkan kesesuaian jenis vegetasi yang ditemukan pada area penelitian, meskipun nilai tersebut belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi spesifik lingkungan tumbuh di PT. X. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya serap pohon dan semak adalah sebagai berikut (Suryani & Damayanti, 2014).

$$\text{DSP (Kg/Tahun)} = \text{Nilai Daya Serap Pohon (Kg/Pohon/Tahun)} \times \text{Jumlah Pohon}$$

$$\text{DSS (Kg/Tahun)} = \text{Nilai Daya Serap Semak (Kg/Tahun/Rumpun)} \times \text{Jumlah Semak}$$

b. Perhitungan Daya Serap Rumput (DSR)

Daya serap rumput (DSR) adalah jumlah CO₂ yang dapat diserap oleh area yang ditanami rumput dalam satu tahun. Satuan luasan rumput dalam perhitungan berbentuk hektar (ha). Nilai daya serap rumput menggunakan hasil penelitian terdahulu. Berikut adalah rumus untuk menghitung daya serap rumput (Suryani & Damayanti, 2014):

$$\text{DSR} = \text{Nilai DSR} \times \text{Total Luas Rumput}$$

c. Perhitungan Total Daya Serap Vegetasi

Perhitungan Daya serap CO₂ oleh vegetasi di PT. X diperoleh dengan menjumlahkan daya serap pohon, semak, dan rumput (Ambarsari, dkk., 2018)

$$\text{Total} = \text{Daya Serap Pohon (Ton/Tahun)} + \text{Daya Serap Semak (Ton/Tahun)} + \text{Daya Serap Rumput (Ton/Tahun)}$$

d. Perhitungan Sisa Emisi

Total emisi CO₂ yang telah dihitung dengan menggunakan persamaan sebelumnya kemudian dikurang dengan emisi yang dihasilkan berdasarkan kemampuan daya serap berbagai jenis penutup vegetasi. Menurut (Malioy *et al.*, 2022) sisa emisi dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Sisa Emisi CO}_2 = A - B$$

Keterangan:

Sisa Emisi CO₂ = Sisa Emisi CO₂ yang tidak dapat diserap oleh RTH

A = Jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan (ton CO₂/tahun)

B = Jumlah daya serap CO₂ oleh RTH (ton CO₂/tahun)

e. Perhitungan Rekomendasi Luasan RTH

Penentuan luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang dibutuhkan dalam mereduksi sisa emisi karbon dioksida (CO₂) dilakukan dengan pendekatan perhitungan berdasarkan kemampuan vegetasi dalam menyerap CO menggunakan persamaan sebagai berikut (Malioy dkk., 2022):

$$\text{Kebutuhan RTH} = \frac{\text{Sisa Emisi CO}_2}{\text{Kemampuan pohon dalam menyerap CO}_2}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Beban Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ dilakukan menggunakan pendekatan Tier 1 dengan Metode 1 sesuai pedoman IPCC (2006) dan Direktorat Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan (2019) Dua parameter utama yang digunakan adalah data aktivitas dan faktor emisi, di mana data aktivitas dihitung berdasarkan jumlah konsumsi bahan bakar dalam satu tahun, sedangkan faktor emisi mengacu pada nilai kalor bersih (NCV) dan karakteristik masing-masing bahan bakar.

Hasil analisis menunjukkan bahwa emisi CO₂ dari bahan bakar solar mencapai 553,37 ton CO₂ pada periode Januari hingga Desember 2024, berasal dari tiga unit genset (250 KVA, 500 KVA, dan 1000 KVA). Genset 500 KVA tercatat memiliki konsumsi bahan bakar tertinggi. Variasi konsumsi dipengaruhi oleh beban operasional, efisiensi genset, dan kebijakan penggunaan energi. Konsumsi tertinggi tercatat pada bulan April. Peningkatan efisiensi dan pengelolaan operasional diusulkan untuk menurunkan emisi dari sumber ini.

Sementara itu, emisi dari pembakaran biomassa (cangkang dan fiber) pada boiler tercatat sebesar 40.036,24 ton CO₂ per tahun. Berdasarkan pedoman IPCC (2006) emisi biomassa dikategorikan sebagai emisi biogenik sehingga tidak dihitung dalam total

emisi nasional karena diasumsikan dapat diserap kembali melalui siklus alami vegetasi. Namun demikian, proses pembakaran biomassa tetap menghasilkan emisi CO₂ aktual yang dilepaskan ke atmosfer serta berpotensi menghasilkan partikulat dan gas lain yang dapat memengaruhi kualitas udara apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengelolaan pembakaran biomassa yang efisien tetap diperlukan sebagai bagian dari upaya pengendalian emisi dan peningkatan kinerja lingkungan industri. Pelaporan emisi biomassa juga tetap penting dilakukan untuk menjaga transparansi dan mendukung strategi mitigasi perubahan iklim (Puji *et al.*, 2017). Meskipun emisi biomassa sebesar 40.036,24 ton CO₂ dikategorikan sebagai karbon biogenik yang netral secara siklus menurut IPCC (2019), secara operasional kondisi ini tetap memerlukan perhatian khusus. Penelitian Khasanah *et al.* (2015) pada industri kelapa sawit di Asia Tenggara menunjukkan bahwa klaim carbon neutral pada biomassa sering kali mengabaikan adanya carbon debt, yaitu jeda waktu antara pelepasan emisi saat proses pembakaran dengan kemampuan vegetasi menyerap kembali karbon tersebut melalui pertumbuhan biomassa baru. Selain itu, pembakaran biomassa yang tidak efisien berpotensi menghasilkan partikulat dan polutan udara lainnya yang dapat menurunkan kualitas udara di sekitar kawasan industri. Dengan demikian, strategi mitigasi emisi tidak hanya berfokus pada keseimbangan nilai CO₂ secara teoritis, tetapi juga perlu mempertimbangkan efisiensi teknologi pembakaran, pengendalian polutan, dan keberlanjutan sistem pengelolaan biomassa.

Besarnya emisi biomassa menunjukkan bahwa aktivitas boiler menjadi sumber emisi dominan dari sektor energi di PT. X. Kondisi ini menunjukkan perlu strategi pengelolaan energi yang lebih berkelanjutan, seperti peningkatan efisiensi pembakaran, optimalisasi pemanfaatan biomassa, serta penguatan fungsi Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebagai penyerap karbon untuk membantu mengurangi akumulasi emisi di lingkungan industri. Dengan demikian, hubungan antara tingkat konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ bersifat berbanding lurus, di mana semakin besar konsumsi bahan bakar maka semakin besar pula emisi yang dihasilkan. Di sisi lain, efisiensi dalam penggunaan energi dan pengelolaan beban dapat menurunkan jumlah emisi yang dilepaskan ke atmosfer oleh PT. X (El Ghiffary dkk., 2018).

3.2. Perhitungan Luas Ruang Terbuka Hijau di PT. Peniti Sungai Purun

Analisis spasial yang dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh menunjukkan bahwa luas total lahan PT. X adalah 20 hektar, yang terdiri atas lahan hijau seluas 6,93 ha, lahan non-hijau seluas 6,80 ha, dan lahan terbangun seluas 5,40 ha. Dengan demikian, luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) mencapai 34,7% dari total lahan, jauh melebihi ketentuan minimal 10% UU RI No. 26/2007

dan Permenperin No 40/2016. Luas RTH ini mencakup berbagai jenis vegetasi, termasuk pohon, semak, dan rumput, yang berkontribusi terhadap keseimbangan ekosistem serta penyerapan emisi CO₂. Data berikut menyajikan jenis jenis dan jumlah dari vegetasi pohon yang terdapat di Lokasi PT. X.

Tabel 1. Jenis dan Jumlah Vegetasi Pohon

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Famili	Jumlah Pohon
1	Asoka	<i>Polyalthia longifolia</i>	Fabaceae	3
2	Palem Ratu	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Arecaceae	7
3	Pucuk Merah	<i>Syzygium myrtifolium</i>	Myrtaceae	34
4	Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	3
5	Cemara Norfolk	<i>Araucaria heterophylla</i>	Araucariaceae	3
6	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	3
7	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	Apocynaceae	10
8	Matoa	<i>Pometia pinnata</i>	Sapindaceae	25
9	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	11
10	Karet Merah	<i>Ficus Elastica</i>	Moraceae	7
11	Angsana	<i>Pterocarpus indicus willd</i>	Fabaceae	37
12	Sengon	<i>Paraserianthes falcataria</i>	Fabaceae	38
13	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	5
14	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae	3
15	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	Malvaceae	3
16	Lengkeng	<i>Dimocarpus longan</i>	Sapindaceae	1
17	Pisang	<i>Musa Sp.</i>	Musaceae	70
18	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	1
19	Balik Angin	<i>Mallotus paniculatus</i>	Euphorbiaceae	25
20	Tabebuaya	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	Bignoniaceae	6
21	Pepaya	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	6

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 1 jenis pohon dengan jumlah tertinggi adalah Pisang, yang mencapai 70 pohon, diikuti oleh Sengon 38 pohon dan Angsana 37 pohon. Sementara itu, jenis pohon dengan jumlah paling sedikit adalah Kelengkeng dan Akasia, masing-masing hanya satu pohon.

Dari data yang ditampilkan pada Tabel 2, jenis semak dengan jumlah tertinggi adalah Sig-sag, yang mencapai 117 semak. Jenis semak dengan jumlah terbanyak kedua adalah Asoka, yang mencapai 35 semak, dan diikuti oleh Bunga Kertas 14 semak. Sementara itu, jenis Semak dengan jumlah paling sedikit yaitu Andong yang hanya terdiri dari 2 semak.

Vegetasi rumput tersebar di berbagai area seperti kolam IPAL, tempat parkir, dan area komposting, dengan luas mencapai 6,93 ha. Rumput berfungsi sebagai penutup tanah yang efektif untuk mengurangi

erosi, meningkatkan infiltrasi air, dan membantu penyerapan CO₂ melalui fotosintesis (Tarigan & Dewanti, 2023).

Tabel 2. Jenis dan Jumlah Vegetasi Semak

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Famili	Jumlah Semak
1	Sig-sag	<i>Euphorbia tithymalooides</i>	Euphorbiaceae	117
2	Melati Jepang	<i>Pseuderanthemum maculatum</i>	Acanthaceae	4
3	Andong	<i>Cordyline fruticosa</i>	Asparagaceae	2
4	Bunga Alamanda	<i>Allamanda cathartica</i>	Apocynaceae	8
5	Bunga Kertas	<i>Bougainvillea glabra</i>	Nyctaginaceae	14
6	Beringin Cina	<i>Ficus microcarpa</i>	Moraceae	10
7	Soka	<i>Ixora coccinea</i>	Rubiaceae	35

Sumber: Hasil Analisis, 2025

3.3. Perhitungan Luas Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap Emisi CO₂

Ruang Terbuka Hijau (RTH) di PT. X berperan penting dalam menyerap emisi CO₂ dari aktivitas industri. Perhitungan kebutuhan RTH dilakukan dengan membandingkan antara emisi CO₂ akibat pembakaran solar dan kemampuan vegetasi untuk menyerap emisi tersebut, yang diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama: pohon, semak, dan rumput.

Tabel 3. Perhitungan Daya Serap Vegetasi Pohon

No	Nama Lokal	Jumlah Pohon	Nilai Daya Serap (Kg/pohon /tahun)	Total Daya Serap (Kg/pohon /tahun)
1	Glodokan	3	1.016,42	3.049,26
2	Palem Ratu	7	52,52	367,64
3	Pucuk Merah	34	259,52	8.823,68
4	Mahoni	3	295,73	887,19
5	Cemara Norfolk	3	60	180
6	Mangga	3	455,17	1.365,51
7	Pulai	10	1.475,14	14.751,4
8	Matoa	25	329,76	8.244
9	Kelapa	11	48,03	528,33
10	Karet Merah	7	1.255,4	8787,8
11	Angsana	37	11,12	411,44
12	Sengon	38	6.049,02	229.862,76
13	Nangka	5	126,51	632,55
14	Rambutan	3	4,55	13,65
15	Durian	3	1.608,90	4.826,7
16	Lengkeng	1	0,4	0,4
17	Pisang	70	48,03	3.362,1
18	Akasia	1	48,68	48,68
19	Balik Angin	25	358,13	8.953,25
20	Tabebuaya	6	18.624,70	111.748,2
21	Pepaya	6	727,08	4.362,48

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil inventarisasi menunjukkan total vegetasi pohon sebanyak 301 batang dari 21 jenis, dengan daya serap tertinggi pada jenis Sengon (229,86 ton/tahun) dan terendah pada Kelengkeng (0,0004 ton/tahun). Total daya serap dari seluruh pohon mencapai 411,21 ton CO₂/tahun.

Hasil inventarisasi pada Tabel 4 menunjukkan total vegetasi semak sebanyak 190 rumpun dari 7

jenis. Bunga Alamanda merupakan jenis dengan daya serap tertinggi (48 ton/tahun), sedangkan Andong terendah (2,46 kg/tahun), dengan total daya serap semak mencapai 63,31 ton CO₂/tahun. Sementara itu, vegetasi rumput yang tersebar seluas 6,93 ha memiliki kapasitas serapan sebesar 83,27 ton CO₂/tahun, berdasarkan estimasi 12 ton/ha/tahun.

Tabel 4. Perhitungan Daya Serap Vegetasi Semak

No	Nama Lokal	Jumlah Semak	Nilai Daya Serap (Kg/Semak /tahun)	Total Daya Serap (Kg/Semak/ tahun)
1	Sig-sag	117	0,5	58,5
2	Melati Jepang	4	0,73	2,92
3	Andong	2	1,23	2,46
4	Bunga Alamanda	8	6.000	48.000
5	Bunga Kertas	14	146,575	2.052,05
6	Beringin Cina	10	1.255,4	12.554
7	Asoka	35	18,38	643,3

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Akumulasi total daya serap seluruh vegetasi mencapai 557,79 ton CO₂/tahun, melebihi emisi CO₂ dari konsumsi bahan bakar solar sebesar 553,36 ton CO₂/tahun. Dengan selisih negatif sebesar -4,43 ton, dapat disimpulkan bahwa RTH di lokasi ini sudah dapat menyerap emisi dari penggunaan bahan bakar solar yang dianalisis dalam penelitian ini.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas serapan vegetasi eksisting lebih besar dibandingkan emisi solar yang dihitung, hasil tersebut perlu ditelaah secara kritis karena estimasi daya serap karbon dalam penelitian ini masih berupa indikatif, sehingga perlu untuk dilakukan pengukuran biomassa aktual di lapangan. Pendekatan berbasis inventarisasi vegetasi dan literatur masih umum digunakan dalam penelitian karbon pada Ruang Terbuka Hijau (RTH), khususnya pada studi berbasis pemetaan spasial dan inventarisasi vegetasi (Zhang *et al.* 2025). Namun demikian, kemampuan serapan karbon aktual setiap vegetasi dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti umur tanaman, diameter batang, luas tajuk, densitas vegetasi, kondisi tanah, iklim mikro, serta tingkat pemeliharaan tanaman.

Zhang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa karakteristik struktur komunitas vegetasi seperti kerapatan dan tutupan tajuk memiliki pengaruh signifikan terhadap kapasitas penyimpanan dan serapan karbon pada ruang hijau perkotaan. Selain itu, (Zhou *et al.*, 2023) juga menjelaskan bahwa potensi biomassa dan serapan karbon vegetasi dapat berbeda antar lokasi meskipun menggunakan spesies yang sama, akibat perbedaan kondisi lingkungan tumbuh dan pengelolaan vegetasi. Hasil penelitian ini relatif sejalan dengan studi pada kawasan industri kelapa sawit yang menunjukkan bahwa keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan vegetasi peneduh berkontribusi dalam mendukung penyerapan emisi karbon kawasan industri. Dibandingkan dengan penelitian tersebut, RTH di PT. X menunjukkan

potensi serapan karbon yang cukup baik karena didukung proporsi luas RTH yang tinggi serta keberagaman jenis vegetasi yang tersedia. Oleh karena itu, nilai daya serap yang digunakan dalam penelitian ini diposisikan sebagai estimasi indikatif untuk menggambarkan potensi serapan karbon vegetasi, bukan nilai serapan absolut di lapangan.

Kemampuan menyerap vegetasi terhadap emisi solar pada operasional industri CPO ini udah mencukupi. Meskipun demikian, hasil penelitian tetap menunjukkan bahwa keberadaan RTH memiliki kontribusi penting dalam mendukung mitigasi emisi karbon kawasan industri, terutama apabila didukung oleh pemilihan vegetasi dengan kapasitas serapan tinggi dan pengelolaan ruang hijau yang berkelanjutan.

Keberhasilan ini didukung oleh proporsi RTH yang mencapai 34,7% dari total lahan, melebihi standar minimal 10% sebagaimana diatur dalam regulasi (UU 26/2007 dan Permen PU 5/2008). Selain dari segi kuantitas, keberagaman jenis vegetasi turut menentukan efektivitas penyerapan CO₂. Misalnya, Tabebuya memiliki daya serap per pohon sangat tinggi (18,6 kg/tahun), sehingga pemilihan jenis tanaman strategis menjadi faktor kunci dalam manajemen RTH.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketersediaan RTH di PT. X saat ini telah mencukupi untuk menyerap emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar solar tahun 2024. Namun demikian, guna menjamin keberlanjutan dalam jangka panjang, terutama apabila terjadi peningkatan aktivitas industri yang berpotensi menaikkan emisi diperlukan skenario penambahan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Berikut merupakan tabel proyeksi emisi CO₂ selama 30 tahun ke depan yang dapat digunakan sebagai acuan dalam merancang skenario penambahan RTH.

Setelah mengetahui proyeksi emisi CO₂ selama 30 tahun ke depan, tahap selanjutnya adalah menghitung emisi CO₂ berdasarkan penggunaan genset selama periode 2024 hingga 2055. Proyeksi ini disusun dengan asumsi bahwa genset digunakan secara konsisten setiap tahun, dengan peningkatan emisi secara bertahap akibat penurunan efisiensi mesin, dan penurunan kembali ke tingkat awal setelah dilakukan pergantian unit genset setiap 10 tahun.

Sebagai langkah mitigasi terhadap emisi tersebut, penanaman pohon dinilai sebagai pendekatan yang efektif untuk menyerap karbon dioksida (CO₂) yang dilepaskan ke atmosfer. Dibuat Pemilihan jenis pohon yang tepat sangat penting untuk memastikan keberhasilan program mitigasi emisi dalam jangka panjang. Pohon yang dipertimbangkan adalah Tabebuya yang memiliki daya serap CO₂ sebesar 18.624,7 kg per pohon per tahun dan Sengon yang memiliki daya serap CO₂ sebesar 6.049,02 kg per pohon per tahun. Untuk mengkaji efektivitas vegetasi dalam menyerap emisi CO₂, dilakukan pemodelan menggunakan tiga skenario berbeda.

Tabel 5. Proyeksi Emisi CO₂

Tahun	Emisi CO ₂ (Ton/Tahun)	Emisi CO ₂ (Kg/Tahun)
2024	553	553.370
2025	564	564.437
2026	576	575.726
2027	587	587.241
2028	599	598.985
2029	611	610.965
2030	623	623.184
2031	636	635.648
2032	648	648.361
2033	661	661.328
2034	675	674.555
2035	688	688.046
2036	702	701.807
2037	716	715.843
2038	730	730.160
2039	745	744.763
2040	760	759.658
2041	775	774.852
2042	790	790.349
2043	806	806.156
2044	822	822.279
2045	839	838.724
2046	855	855.499
2047	873	872.609
2048	890	890.061
2049	908	907.862
2050	926	926.019
2051	945	944.540
2052	963	963.431
2053	983	982.699
2054	1.002	1.002.353
2055	1.022	1.022.400

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Tabel 6. Proyeksi Emisi CO₂ Berdasarkan Penggunaan Genset

Tahun	Emisi CO ₂ (Ton/Tahun)	Emisi CO ₂ (Kg/Tahun)
2024	553	553.370
2025	564	564.437
2026	576	575.726
2027	587	587.241
2028	599	598.985
2029	611	610.965
2030	623	623.184
2031	636	635.648
2032	648	648.361
2033	661	661.328
2034	675	674.555
2035	553	553.370
2036	564	564.437
2037	576	575.726
2038	587	587.241
2039	599	598.985
2040	611	610.965
2041	623	623.184
2042	636	635.648
2043	648	648.361
2044	661	661.328
2045	675	674.555
2046	553	553.370
2047	564	564.437
2048	576	575.726
2049	587	587.241
2050	599	598.985
2051	611	610.965
2052	623	623.184
2053	636	635.648
2054	648	648.361
2055	661	661.328

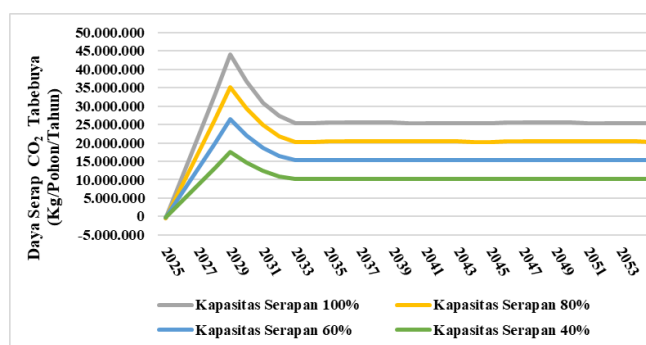
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Skenario 1. Vegetasi Tabebuaya

Skenario pertama menggunakan vegetasi Tabebuaya (*Handroanthus chrysotrichus*) yang dipilih karena nilai estetika, kemampuan adaptasi tinggi, serta kapasitas serapan karbon yang besar. Tanaman ini berasal dari kawasan tropis Amerika dan mampu tumbuh optimal di berbagai kondisi lingkungan, termasuk iklim panas dan tanah miskin hara. Tabebuaya memiliki tinggi rata-rata 5–8 meter dan diameter batang 8–12 cm, dengan potensi maksimum mencapai 20 meter (Zulfajri dkk., 2025).

Pola tanam dirancang sebanyak 400 pohon per hektar (jarak 5×5 m), tanpa penjarangan selama lima tahun. Daya serap maksimum pohon ini diasumsikan sebesar 18.625 kg CO₂/pohon/tahun pada usia lima tahun, saat fase vegetatif paling aktif terjadi. Nilai daya serap CO₂ vegetasi Tabebuaya ini mengacu pada hasil penelitian Dahlan (2007). Nilai tersebut dipengaruhi oleh karakteristik pertumbuhan vegetasi, luas tajuk, serta kemampuan akumulasi biomassa tanaman. Namun demikian, kemampuan serapan karbon aktual di lapangan dapat berbeda tergantung kondisi lingkungan tumbuh, umur tanaman, serta tingkat pemeliharaan vegetasi, sehingga nilai tersebut digunakan sebagai pendekatan estimasi teoritis dalam perhitungan.

Untuk menjaga kestabilan serapan karbon, sistem rotasi tanam tahunan diterapkan mulai tahun keenam, dengan penjarangan (*pruning*) dan penanaman ulang seluas 1 hektar setiap tahun pada total lahan 6 hektar. Sebagai bentuk representasi variasi kondisi lapangan, dibuat empat skenario efisiensi serapan karbon, yaitu 100%, 80%, 60%, dan 40%, untuk merefleksikan kemungkinan variasi akibat kualitas tanah, air, hama, serta perawatan yang tidak merata.



Gambar 2. Proyeksi Daya Serap CO₂ Vegetasi Tabebuaya (2025–2055) Berdasarkan Skenario Kapasitas Serapan 100%, 80%, 60%, dan 40%

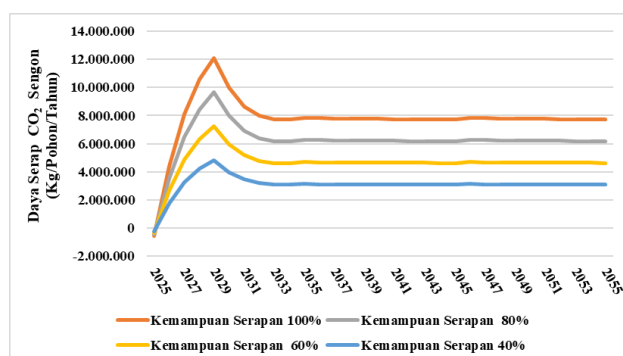
Grafik pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa kapasitas serapan karbon meningkat tajam dan mencapai puncak pada tahun 2030, ketika seluruh vegetasi berumur lima tahun. Pada skenario 100%, total serapan mencapai 44 juta kg CO₂/tahun, sedangkan pada efisiensi 80%, 60%, dan 40%, masing-masing sebesar 35 juta, 26 juta, dan 17 juta kg CO₂/tahun.

Setelah tahun 2030, tren serapan menunjukkan pola stabil, menunjukkan bahwa sistem rotasi tahunan mampu menjaga performa serapan karbon secara konsisten. Hal ini memperkuat posisi Tabebuaya sebagai vegetasi peneduh sekaligus penyerap karbon yang efektif, terutama jika dikelola secara terencana dan berkelanjutan. Pendekatan ini juga lazim digunakan dalam studi proyeksi karbon berbasis vegetasi sebagai bagian dari analisis sensitivitas terhadap ketidakpastian di lapangan.

Skenario 2. Vegetasi Sengon

Skenario kedua menggunakan vegetasi Sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang dikenal sebagai tanaman cepat tumbuh dengan manfaat ekologis dan ekonomis. Sengon berasal dari kawasan Asia Tenggara dan Pasifik, dan telah banyak dibudidayakan karena kemampuannya beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan. Kayunya ringan dan banyak digunakan dalam industri seperti mebel, papan partikel, serta pulp dan kertas (Alawiyah dkk., 2021). Secara morfologis, pohon ini dapat tumbuh hingga 24 meter dengan diameter batang maksimum 31,02 cm (Priyono, 2019).

Pada awal tanam, populasi mencapai 1.100 pohon/ha, namun dikurangi secara bertahap menjadi 350 pohon/ha pada tahun kelima melalui sistem penjarangan (Nugroho, 2011), untuk mengoptimalkan ruang tumbuh. Daya serap maksimum tercapai pada usia lima tahun, yaitu sekitar 6,049 ton CO₂ per hektar. Untuk menjaga stabilitas serapan karbon, diterapkan sistem rotasi tanam tahunan dimulai pada tahun keenam, di mana 1 hektar dipanen dan ditanam ulang setiap tahun, menciptakan rotasi berkelanjutan pada total 6 hektar. Empat tingkat efisiensi serapan digunakan, yaitu 100%, 80%, 60%, dan 40%, guna menggambarkan variabilitas kondisi lapangan seperti ketersediaan air, serangan hama, dan kualitas pemeliharaan.



Gambar 3. Proyeksi Daya Serap CO₂ Vegetasi Sengon (2025–2055) Berdasarkan Skenario Kapasitas Serapan 100%, 80%, 60%, dan 40%

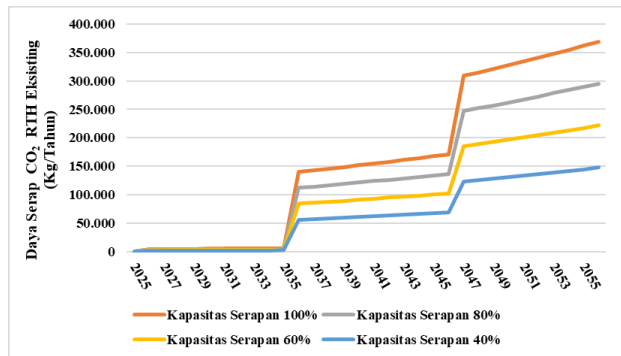
Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kapasitas serapan puncak terjadi pada tahun 2030, saat seluruh area mencapai usia lima tahun. Pada skenario 100%, daya serap mencapai 12 juta kg CO₂/tahun, sedangkan skenario 80%, 60%, dan 40% masing-masing berada pada 9,6 juta, 7,2 juta, dan 4,8

juta kg CO₂/tahun. Setelah tahun 2030, grafik menunjukkan tren yang stabil, menandakan bahwa sistem rotasi tahunan berhasil menjaga kontribusi serapan karbon secara konsisten.

Skenario 3: Ruang Terbuka Hijau (RTH) Eksisting

Skenario ketiga memanfaatkan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang telah tersedia di kawasan PT. X, dengan vegetasi berupa tanaman tahunan yang telah tumbuh dan berkembang secara alami. Berbeda dari dua skenario sebelumnya, tidak dilakukan penanaman ulang, melainkan diasumsikan bahwa kapasitas serapan karbon meningkat sebesar 2% per tahun akibat akumulasi biomassa alami.

Proyeksi dilakukan dengan empat tingkat efisiensi serapan karbon: 100%, 80%, 60%, dan 40%, untuk merepresentasikan variasi keberhasilan dalam pemeliharaan dan kondisi lingkungan. Skenario 100% mencerminkan kondisi ideal, sedangkan skenario 40% menggambarkan kemungkinan penurunan performa akibat minimnya perawatan atau gangguan ekologis.



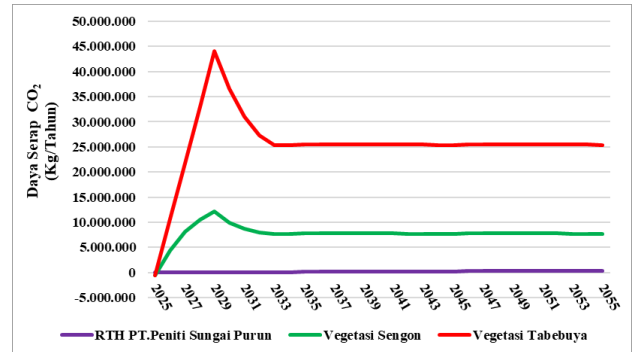
Gambar 4. Proyeksi Daya Serap CO₂ Vegetasi Eksisting pada RTH PT. X (2025–2055)

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kapasitas serapan karbon meningkat secara bertahap tiap tahun, sejalan dengan asumsi pertumbuhan biomassa vegetasi eksisting. Meskipun nilai serapan tahunan tidak sebesar skenario Tabebuaya dan Sengon, tren kenaikan ini memperlihatkan bahwa RTH tetap memberikan kontribusi nyata terhadap penurunan emisi karbon, bahkan tanpa intervensi aktif seperti penanaman ulang.

Gambar 5 merupakan grafik perbandingan proyeksi daya serap karbon dioksida (CO₂) dari tiga jenis vegetasi yang digunakan dalam skenario mitigasi emisi di kawasan PT. X yaitu **Tabebuaya (*Handroanthus chrysotrichus*)**, **Sengon (*Paraserianthes falcataria*)**, dan **Ruang Terbuka Hijau (RTH) eksisting**. Ketiganya disimulasikan pada **luasan yang sama, yakni 6 hektar**, selama periode **2025 hingga 2055**.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 vegetasi Tabebuaya menunjukkan kapasitas serapan karbon tertinggi. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya daya serap per pohon (18.625 kg/pohon/tahun) dan tidak adanya penjarangan, sehingga jumlah pohon per

hektar tetap stabil selama masa rotasi. Vegetasi Sengon memiliki kapasitas serapan lebih rendah akibat praktik penjarangan bertahap, yang mengurangi jumlah pohon dari 1.100 menjadi 350 per hektar pada tahun kelima. Meski demikian, Sengon tetap unggul dari sisi produktivitas biomassa dan nilai ekonomi kayu.



Gambar 5. Perbandingan Proyeksi Total Daya Serap Karbon (CO₂)

Sementara itu, RTH eksisting menunjukkan daya serap paling rendah, yaitu sekitar 400.000 kg CO₂ per tahun pada tahun 2055 dalam skenario 100%. Meskipun tidak ada rotasi atau penambahan tanaman, RTH tetap berkontribusi sebagai penyerap karbon pasif. Secara keseluruhan, hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis vegetasi, kapasitas serapan karbon, dan pola pengelolaan tanaman sangat memengaruhi efektivitas mitigasi emisi dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pengelolaan RTH perlu dilakukan secara berkelanjutan melalui pemilihan vegetasi berdaya serap tinggi, pemeliharaan vegetasi secara berkala, serta optimalisasi area terbuka melalui peningkatan kepadatan dan penambahan tanaman peneduh. Selain itu, penerapan sistem rotasi tanam pada vegetasi tertentu seperti Tabebuaya dan Sengon dapat menjadi strategi untuk menjaga kestabilan kapasitas serapan karbon seiring meningkatnya aktivitas operasional industri di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas industri pada sektor energi di PT. X mencapai 553,37 ton CO₂ per tahun dari penggunaan bahan bakar solar, serta 40.036,24 ton CO₂ per tahun dari pembakaran biomassa. Sementara itu, luas RTH eksisting yang tersedia saat ini mencapai 6,93 hektar atau sekitar 34,7% dari total luas lahan, sehingga telah memenuhi standar minimum luasan RTH sebagaimana diatur dalam UU No. 26 Tahun 2007. Hasil analisis menunjukkan bahwa vegetasi dalam RTH eksisting mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 557,79 ton per tahun, yang berarti hanya mencukupi untuk menyeimbangkan emisi dari solar yang dihasilkan pada tahun 2024, bahkan memberikan surplus serapan sebesar 4,43 ton CO₂ per tahun, sehingga kawasan ini berada dalam kondisi rendah

emisi dari bahan bakar solar. Namun demikian, proyeksi peningkatan emisi CO₂ selama 30 tahun ke depan diperkirakan mencapai 675 ton CO₂ per tahun, yang menunjukkan bahwa kapasitas serapan RTH yang ada saat ini belum mencukupi untuk mengimbangi potensi kenaikan emisi di masa mendatang. Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan atau penguatan fungsi RTH guna menjaga keseimbangan emisi karbon secara berkelanjutan, misalnya menanam spesies yang mampu menyerap emisi lebih besar lagi, serta perluasan area RTH. Penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama pada penggunaan faktor emisi default (Tier 1) serta asumsi nilai daya serap vegetasi dari literatur. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh merupakan pendekatan estimasi dan berupa indikatif terhadap kondisi aktual di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alawiyah, A., Yuwono, S. B., Riniarti, M., Dermiyati, D., & Wulandari, C. (2021). Respon Pertumbuhan Tanaman Sengon (*Paraserianthes Falcataria*) Terhadap Pemberian Amelioran Pada Media Campuran Tanah Pascatambang Batu Kapur. *Jurnal Hutan Tropis*, 9(3), 262-270.
- Ambarsari, D. N., Sari, K. E., & Maulidi, C. (2018). Daya Serap Vegetasi Alun-Alun Kota Batu Terhadap CO₂ Aktifitas Transportasi. *Perencanaan Wilayah Kota Dan Desa Terintegrasi Yang Berkelanjutan*. 244-254.
- Ardiansyah. (2009). *Daya rosot karbondioksida oleh beberapa jenis tanaman hutan kota di Kampus IPB Darmaga* [Skripsi, IPB]. Bogor.
- Dahlan, E. N. (2007). *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor Dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. (Disertasi, IPB). Bogor.
- Direktorat Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan. 2019. *Pedoman Penghitungan Dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Energi (Edisi Revisi)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, Dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM.
- Durrotunnisa, I. M., Amani, I. H., & Febriana, T. F. (2023). *Strategi Reduksi Emisi Udara Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, Dan N₂O) dari Sektor Transportasi, Persampahan, Dan Domestik di Kota Pekalongan*. (Disertasi, Universitas Diponegoro).
- El Ghiffary, M. N., Susanto, T. D., & Herdiyanti, A. (2018). Analisis Komponen Desain Layout, Warna, Dan Kontrol Pada Antarmuka Pengguna Aplikasi Mobile Berdasarkan Kemudahan Penggunaan (Studi Kasus: Aplikasi Orlide). *Jurnal Teknik ITS*, 7 (1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28723>.
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories. IPCC WGI Technical Support Unit, Hardley Center, Meteorology Office, London Road, Braknell, RG 122 NY, United Kingdom*.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution Of Working Groups I, II, And III To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. IPCC*.
- Irfani, M. I. (2023). *Manajemen Proyek Implementasi ERP pada PT. Pupuk Kaltim di Bontang, Kalimantan Timur*. (Disertasi, Universitas Islam
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2008). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kementerian Perindustrian. (2016). *Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 40 Tahun 2016 tentang Pedoman Teknis Kawasan Industri*. Jakarta: Kementerian Perindustrian.
- Khasanah, N., van Noordwijk, M., Ekadinata, A., Dewi, S., & Rahayu, S. (2015). Carbon debt and greenhouse gas emissions associated with oil palm expansion in tropical peatland and mineral soil landscapes in Indonesia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(4), 683-701.
- Kurniawan, A., Ashari, R., Salatalohy, A., & Marasabessy, M. H. (2023). Pemilihan jenis pohon untuk pengembangan arboretum Kampus IV Universitas Khairun. *Jurnal Pertanian Khairun*, 2(2).
- Leu, B. (2021). Dampak Pemanasan Global dan Upaya Pengendaliannya melalui Pendidikan Lingkungan Hidup dan Pendidikan Islam. *AT-TADBIR: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 1(2), 1-15.
- Maharani, A. F., Afriandi, I., & Nurhayati, T. (2017). Pengetahuan dan Sikap Tenaga Kesehatan Terhadap Pengelolaan Limbah Medis Padat pada Salah Satu Rumah Sakit di Kota Bandung. *Jurnal Sistem Kesehatan*, 3(2), 84-89. <https://doi.org/10.24198/jsk.v3i2.15008>
- Malioy, V. I., Boreel, A., & Loppies, R. (2022). Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida Di Kota Ambon. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 6(1), 109-118.
- Maulana, A. (2023). Analisis Pengaruh Globalisasi dan Perubahan Iklim Terhadap Perekonomian Indonesia yang Berkelanjutan. *Publiciana*, 16(1), 25-32.
- Nugroho, K (2011). *Analisis finansial hutan tanaman Sengon (Paraserianthes falcataria (L) Nielsen) dan industri veneer: studi kasus PT Nityasa Idola, Kalimantan Barat*. (Disertasi, IPB). Bogor.
- Prijono, A. (2019). Pertumbuhan Awal Tanaman Sengon Pada Berbagai Ukuran Lubang Tanam Dan Dosis Pupuk Kandang: *The Initial Growth of Paraseriathes falcataria on Some Planting Depth Holes and Compost Dose. Jurnal Wana Tropika*, 9(1).
- Prinajati, P. D. (2019). Analisis Ruang Terbuka Hijau terhadap Penyerapan Emisi Karbondioksida. *ENVIROSAN: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 34-41.
- Puji, N., Sasmita, A., & Andesgur, I. (2017). *Studi carbon footprint dari kegiatan industri pabrik kelapa sawit*. (Doctoral dissertation, Riau University).
- Rawung, F. C. (2015). Efektivitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kawasan Perkotaan Boroko. *Media Matrasain*, 12(2), 17-32.
- Republik Indonesia. (2007). Undang Undang Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- Republik Indonesia. (2011). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Septian, W. (2014). *Daya serap CO₂ hutan kota di Purwokerto* [Skripsi, Universitas Jenderal Soedirman]. Purwokerto.
- Sucipto, N. A., & Assomadi, A. F. (2023). Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Industri Kelapa Sawit (Studi Kasus: PT. X). *Jurnal Teknik ITS*, 12(3), 148-153.
- Suryani, Y., & Damayanti, A. (2014). Analisa Kemampuan

- Jalur Hijau Jalan sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik Untuk Menyerap Emisi Karbon Monoksida (CO) dari Kendaraan Bermotor di Kecamatan Genteng Surabaya. *Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya*.
- Tana, H. F. P., & Nugraheni, B. D. (2021). Pengaruh Tipe Industri, Tingkat Utang dan Profitabilitas Terhadap Pengungkapan Emisi Karbon. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Akuntansi*, 10(2).
- Tarigan, P. L., & Dewanti, F. D. (2023). Komposisi Vegetasi Di Ruang Terbuka Hijau Dataran Rendah, Surabaya Timur. , 11(1), 71-81. *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*.
- Wahid, F. I. (2023). *Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada Aktivitas Operasional Bank Sampah di Kabupaten Bantul*. (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Zhang, X., Huang, H., Tu, K., Li, R., Zhang, X., Wang, P., Li, Y., Yang, Q., Acerman, A. C., Guo, N., & Liu, Y. (2024). Effects of plant community structural characteristics on carbon sequestration in urban green spaces. *Scientific Reports*, 14, 7382.
- Zhang, J., Deng, Y., Wang, J., Torres, R. A. C., Li, J., Pan, J., Cheng, F., & Wang, C. (2025). Estimation of above-ground carbon storage in urban green space trees incorporating crown volume structural parameters. *Trees, Forests and People*, 101117.
- Zhou, X., Hu, C., & Wang, Z. (2023). Distribution of biomass and carbon content in estimation of carbon density for typical forests. *Global Ecology and Conservation*, 48, e02707.
- Zulfajri, M., Dwiputra, M. A., Kurniawan, R., Vina, H., Suderajat, E., Alawiyah, A., & Yusup, A. P. (2025). Monitoring Pertumbuhan Tabebuya Program ITERA Menanam Institut Teknologi Sumatera. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 2(11), 4954-4959.