



Evaluasi Taman Kota Untuk Menyerap Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Di Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur

Yusnia Dwi Anggraini¹, Agus Budianto²

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rahman Hakim No. 100 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
e-mail: yusniada93@gmail.com
e-mail: budichemical@itats.ac.id

ABSTRACT

Rapid population growth and motor vehicle activity in Surabaya City have a significant impact on increasing carbon dioxide (CO₂) emissions in the air. One of the ecological solutions to mitigate CO₂ emissions is through the provision and management of green open spaces (RTH), especially city parks, which function as natural carbon sinks. This study aims to analyze the potential CO₂ emissions from motorized vehicles and the absorption capacity of urban park vegetation in absorbing CO₂ at the Flora Park Surabaya location. The method used with data collection techniques in the form of direct observation of the number of vehicles crossing the road around the park and inventory of plant vegetation. CO₂ emissions are calculated based on IPCC (2019) standards, while CO₂ absorption capacity is calculated using the absorption capacity formula. The results showed that CO₂ emissions from motorized vehicles around Flora Park amounted to 997,225 kg/year and the total absorption capacity was 851,800 kg/year. The absorption capacity of Flora Park is able to absorb emissions by $\pm 85\%$. The imbalance between the amount of emissions and the absorption capacity indicates that the city park has not been able to optimally offset CO₂ emissions from surrounding transportation activities. This indicates the need to improve the quality and quantity of vegetation, as well as expand the area of urban parks with high carbon sequestration plant species.

Keywords: CO₂ emissions, tree absorption capacity, urban parks.

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan aktivitas kendaraan bermotor yang pesat di Kota Surabaya berdampak signifikan terhadap peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) di udara. Salah satu solusi ekologis dalam upaya mitigasi emisi CO₂ adalah melalui penyediaan dan pengelolaan ruang terbuka hijau (RTH), khususnya taman kota, yang berfungsi sebagai penyerap karbon alami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi emisi CO₂ dari kendaraan bermotor serta kemampuan daya serap vegetasi taman kota dalam menyerap CO₂ di lokasi Taman Flora Surabaya. Metode yang digunakan dengan teknik pengumpulan data berupa observasi langsung terhadap jumlah kendaraan yang melintasi jalan di sekitar taman serta inventarisasi vegetasi tanaman. Emisi CO₂ dihitung berdasarkan standar IPCC (2019), sedangkan daya serap CO₂ dihitung dengan rumus kemampuan daya serap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO₂ dari kendaraan bermotor di sekitar Taman Flora sebesar 997.225 kg/tahun dan total daya serap sebesar 851.800 kg/tahun. Daya serap Taman Flora mampu menyerap emisi sebesar $\pm 85\%$. Ketidakseimbangan antara jumlah emisi dan kapasitas serapan

menunjukkan bahwa taman kota belum mampu secara optimal mengimbangi emisi CO₂ dari aktivitas transportasi di sekitarnya. Hal ini mengindikasikan perlunya peningkatan kualitas dan kuantitas vegetasi, serta perluasan luasan taman kota dengan jenis tanaman penyerap karbon tinggi.

Kata kunci: Emisi CO₂, Daya Serap Pohon, Taman Kota.

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk yang terus terjadi di Indonesia berdampak signifikan terhadap meningkatnya aktivitas manusia yang pada akhirnya menimbulkan berbagai bentuk pencemaran lingkungan, termasuk pencemaran udara. Kota-kota besar seperti Surabaya menjadi wilayah yang paling rentan terhadap permasalahan ini karena tingginya kepadatan penduduk dan intensitas aktivitas kendaraan bermotor, industri, serta pembangunan infrastruktur yang massif. Salah satu permasalahan lingkungan yang sangat krusial adalah peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer yang menjadi penyumbang terbesar pemanasan global dan perubahan iklim global. Fenomena Urban Heat Island (UHI), di mana suhu wilayah perkotaan cenderung lebih tinggi dibandingkan wilayah sekitarnya, menjadi bukti nyata dari dampak langsung degradasi lingkungan yang salah satunya diakibatkan oleh rendahnya ruang terbuka hijau (RTH) dan tingginya lahan terbangun. Peningkatan kadar CO₂ di udara, yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan bermotor, aktivitas industri, hingga pembukaan lahan dan pembakaran sampah, turut memperparah dampak UHI tersebut. Sebagai upaya mitigasi terhadap dampak buruk dari CO₂, ruang terbuka hijau (RTH) di kawasan perkotaan memiliki peranan yang sangat penting. Vegetasi, terutama pohon-pohon besar di taman kota, memiliki kemampuan untuk menyerap karbon melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Hal ini menjadikan taman kota sebagai salah satu solusi ekologis dalam mengendalikan emisi karbon serta memperbaiki kualitas udara perkotaan.

Kota Surabaya merupakan salah satu kota metropolitan yang ada di Indonesia dengan perkembangan jumlah penduduk yang sangat cepat. Berdasarkan data BPPS [27], Kota Surabaya mengalami peningkatan jumlah penduduk sebesar 0,45% pada tahun 2022 dengan jumlah sebesar 2.887.223 jiwa sedangkan pada tahun 2023 jumlah penduduk Kota Surabaya sebesar 2.893.698 jiwa (Rosyadi, 2023). Dengan adanya populasi yang besar tentu akan meningkat pula aktivitas manusia yang berdampak pada kualitas lingkungan (Ratnasari, sitorus, & Tjahjono, 2015) [24]. Kota Surabaya memiliki luas lahan sebesar 334,51 Km² dengan cakupan tutupan lahan RTH sebesar 7359,77 Ha dengan prosentase lebih dari 20% (2022). Taman dan jalur hijau di Kota Surabaya sebesar 220,36 Ha sedangkan untuk taman kota sebesar 60,6 Ha. Taman kota merupakan salah satu upaya untuk mengurangi pencemaran udara di Kota Surabaya. Penelitian ini memilih Taman Flora diharapkan dapat mewakili hasil yang presentatif untuk menganalisa kemampuan daya serap karbon di Kota Surabaya. Penelitian ini untuk mengevaluasi optimalisasi taman kota sebagai penyerapan emisi CO₂ di sekitar taman yang bersumber dari kendaraan bermotor.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung emisi CO₂ dari kendaraan bermotor di sekitar taman, mengukur kapasitas daya serap vegetasi taman terhadap emisi tersebut, serta membandingkan efisiensi ketiga taman kota dalam menyerap

CO₂. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah yang relevan dalam pengelolaan lingkungan perkotaan secara berkelanjutan. Lebih lanjut, hasil dari penelitian ini dapat menjadi dasar dalam memberikan rekomendasi jenis vegetasi dan luas taman yang ideal untuk mengimbangi emisi karbon yang dihasilkan, serta mendukung kebijakan pemerintah Kota Surabaya dalam pengendalian gas rumah kaca (GRK). Dengan demikian, pengembangan dan pemeliharaan RTH bukan hanya sebagai sarana estetika kota, tetapi menjadi instrumen strategis dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di wilayah perkotaan.

2. Tinjauan Pustaka

Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

CO₂ atau karbon dioksida adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar di atmosfer bumi. Gas CO₂ tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan sedikit asam. Karbon dioksida adalah salah satu unsur penyumbang gas rumah kaca paling banyak di bumi (Firdaus&Wijayanti, 2019) [7]. Gas karbon dioksida banyak berasal dari aktivitas manusia disebabkan oleh aktivitas pembakaran menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas bumi. Selain menjadi penyebab efek rumah kaca, CO₂ memegang peran penting bagi kehidupan. Karbon dioksida diperlukan oleh tumbuhan sebagai bahan untuk proses fotosintesis sebagai penghasil karbohidrat (bagi tumbuhan) dan oksigen. Menurut Lindsey (2023) [20], pada pertengahan abad ke-20 emisi gas rumah kaca khususnya gas karbon dioksida mengalami peningkatan sebesar 5 miliar ton per tahun dan mengalami peningkatan tajam lebih dari 35 miliar ton per tahun pada akhir abad ke-20.

Senyawa CO₂ ini dihasilkan oleh semua makhluk hidup dalam proses respirasi, aktivitas manusia dan industri yang mengakibatkan timbulnya emisi karbon dioksida. Beberapa sumber CO₂ di kehidupan manusia berasal dari aktivitas industri, kendaraan berbahan bakar fosil, pembakaran hutan, dan pembakaran sampah. Dampak yang ditimbulkan dari karbon dioksida (CO₂) yaitu dapat menurunkan kualitas udara seperti polusi dan pemanasan global, menurunnya kesehatan masyarakat seperti gangguan pernapasan (ISPA), dan rusaknya bangunan dan tanaman yang dapat memicu terjadinya hujan asam.

Menurut Laksono dan Damayanti (2016) [17] perhitungan dalam mengukur total emisi suatu kendaraan diukur berdasarkan jumlah kendaraan, faktor emisi, panjang jalur yang ditinjau, dan jenis bahan bakar yang digunakan. Berikut ini faktor emisi CO₂ per masing masing jenis kendaraan. Perhitungan beban emisi CO mengacu pada IPCC dengan data yang diperlukan jumlah kendaraan, faktor emisi (g/Liter), konsumsi bahan bakar (IPCC, 2019) [12].

Tabel 1. Faktor Emisi CO₂ Pada Kendaraan Bermotor

No.	Tipe Kendaraan	Faktor Emisi CO ₂ (gram/liter)
1.	Sepeda Motor	2597,86
2.	Mobil	2597,86
3.	Truk / Bus	2597,86

Sumber : IPCC (2019) [12]

Ruang Terbuka Hijau

Live and Applied Science, Volume 5

Ruang terbuka hijau (RTH) adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh alamiah maupun sengaja ditanam (UU No 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang) [37]. Undang-Undang Penataan Ruang menjelaskan bahwa luas ruang terbuka hijau harus mencapai 30% dari total luas kota. Persentase ini terbagi ke dalam 2 kategori, yaitu ruang terbuka hijau publik seluas 20% yang disediakan oleh pemerintah dan ruang terbuka hijau privat seluas 10% yang disediakan oleh pihak swasta. RTH publik merupakan jenis RTH yang dimiliki serta dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yang dimanfaatkan guna kepentingan masyarakat luas. Beberapa contoh RTH yang bersifat publik yaitu taman kota, hutan kota, sabuk hijau (green belt), RTH di sekitar sungai, pemakaman, serta rel kereta api. Fungsi Ruang Terbuka Hijau RTH yaitu sebagai berikut:

1. Fungsi utama (intrinsik) yaitu fungsi ekologis:
 - a. Memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota);
 - b. Pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar;
 - c. Sebagai peneduh;
 - d. Produsen oksigen;
 - e. Penyerapan air hujan;
 - f. Penyedia habitat satwa;
 - g. Penyerap polutan media udara, air, dan tanah, serta;
 - h. Penahan angin.
2. Fungsi Tambahan (ekstrinsik) yaitu
 - a. Fungsi sosial dan budaya;
 - b. Fungsi ekonomi, dan;
 - c. Fungsi estetika

Beberapa manfaat Ruang Terbuka Hijau antara lain yaitu:

1. Penyerap Karbon dioksida (CO₂)
2. Menjaga Air Tanah
3. Penahan Angin
4. Habitat Kehidupan Liar
5. Ameliorasi Iklim

Beberapa macam contoh Ruang Terbuka Hijau yang ada di lingkungan sekitar:

1. Taman Kota
2. Taman Rekreasi
3. Taman Wisata Alam
4. Hutan Kota
5. Jalur Hijau
6. Sabuk Hijau

Taman adalah sebidang lahan berpagar yang digunakan untuk mendapatkan kesenangan, kegembiraan, dan kenyamanan. (Laurie,1986:9) [19] Kota adalah tempat berlangsungnya proses hidup dan kehidupan atau sebagai tempat berlangsungnya aktifitas manusia (Setyaningrum, Diyah,2002:4) [31]. Berbagai fungsi taman yang dapat dirasakan manfaatnya adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Ekologis

Live and Applied Science, Volume 5

Taman kota sebagai penjaga kualitas lingkungan kota. Dengan adanya penghijauan maka taman kota dapat berfungsi sebagai:

- a. Paru-paru kota yang menghasilkan banyak O₂.
 - b. Filter debu dan asap kendaraan bermotor, sehingga dapat meminimalisir polusi udara.
 - c. Tempat penyimpanan air tanah, sehingga mencegah datangnya banjir dan erosi serta menjamin pasokan air tanah. Semoga ga da cerita lagi “musim ujan kebanjiran, musim kemarau kekeringan”.
 - d. Peredam kebisingan kota yang padat aktivitas.
 - e. Pelestarian lingkungan ekosistem. “Kondisi yang langka mendengar cicit burung di lingkungan perkotaan”.
2. Fungsi Sosial
- a. Sebagai tempat komunikasi sosial
 - b. Sebagai sarana olahraga, bermain, dan rekreasi
 - c. Sebagai landmark sebuah kota
 - d. Menambah nilai estetika sebuah lingkungan sehingga menjadi daya tarik tersendiri bagi sebuah kota.

Kemampuan Daya Serap

Stok karbon adalah kandungan karbon dalam biomassa tumbuhan pada waktu tertentu, sedangkan penyerapan karbon adalah proses penangkapan dan penyimpanan karbon dioksida di atmosfer. Stok karbon adalah kandungan karbon absolut dalam biomassa tumbuhan, yang dinyatakan dalam berat karbon per luas lahan. Cadangan karbon adalah kandungan karbon tersimpan yang berada di permukaan tanah, sisa tanaman yang sudah mati, maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah. Sebagian karbon yang tersimpan akan terurai oleh proses alami dan kembali ke atmosfer sebagai CO₂, sedangkan sebagian lainnya akan tetap terkunci di dalam tanah untuk jangka waktu yang lama.

Keberadaan biomassa kurang lebih 90% yang ada di permukaan bumi terdapat dalam bentuk organ tumbuhan seperti batang kayu, dahan, daun, akar, sampah hutan, hewan dan jasad renik. Batang kayu menjadi sumber cadangan 13 karbon terbesar karena bagian batang mempunyai zat penyusun kayu yang lebih banyak dibandingkan bagian pohon lainnya. Setiap pohon memiliki berat jenis / massa jenis yang berbeda-beda. Berikut ini massa jenis per masing masing jenis tanaman (Ismayadi dan Ari, 2012) [13]. Perhitungan stok karbon vegetasi tanaman berdasarkan SNI 7724 Tahun 2019 [39] tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon.

Tabel 2. Konsentrasi Daya Serap CO₂ Tiap Jenis Pohon

No.	Nama Lokal Tanaman	Nama Latin Tanaman	Daya Serap CO ₂ (g/jam.pohon)
1.	Daun Kupu-Kupu	<i>Bauhinia purpurea</i>	1.331,38
2.	Pule	<i>Alstonia scholaris</i>	1.319,35
3.	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	310,52
4.	Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	3.112,43
5.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	59,96
6.	Jambu Biji	<i>Syzygium malaccense</i>	44,59
7.	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	1.146,51

Live and Applied Science, Volume 5

8.	Tabebuaya Kuning	<i>Tabebuia chrysantha</i>	24,2
9.	Karet Kebo	<i>Ficus elastica</i>	22
10.	Keben	<i>Barringtonia asiatica</i>	165
11.	Kol Banda	<i>Pisonia alba</i>	22
12.	Cemara Laut	<i>Casuarina equisetifolia</i>	45
13.	Nagasari	<i>Thevetia peruviana</i>	96,9
14.	Dadap Merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	165
15.	Belimbing Wuluh	<i>Averrhoa bilimbi</i>	6,33
16.	Palem Phoenix	<i>Phoenix roebelenii</i>	0,39
17.	Palem Kuning	<i>Dyopsis lutescens</i>	0,39
18.	Palem Ekor Tupai	<i>Wodyetia bifurcate</i>	0,39
19.	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	96,9
20.	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	165
21.	Kersen	<i>Muntingia calabura</i>	0,6
22.	Pandan Bali	<i>Dracaena draco</i>	0,39
23.	Bambu Cina	<i>Bambusa multiplex</i>	0,39
24.	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>	22
25.	Tabebuaya Pink	<i>Tabebuia rosea</i>	24,2
26.	Kembang Kecrutan	<i>Spathodea campanulata</i>	24,16
27.	Kacang Amazon	<i>Bunchosia armeniaca</i>	6,33
28.	Dadap Hijau	<i>Erythrina variegata</i>	165
29.	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	165
30.	Asam Landi	<i>Pithecellobium dulce</i>	165
31.	Palem Kenari	<i>Phoenix sylvestris</i>	0,39
32.	Sawo Manila	<i>Manilkara zapota</i>	96,9
33.	Kayu Bejaran	<i>Lannea coromandelica</i>	45
34.	Palem Bambu	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	0,39
35.	Ketapang Kencana	<i>Terminalia mantaly</i>	24,16
36.	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	3.252,1
37.	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	22
38.	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	51,96
39.	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	67,58
40.	Jati	<i>Tectona grandis</i>	12,41
41.	Glodokan	<i>Polyalthia longifolia</i>	719,74
42.	Pucuk Merah	<i>Oleina syzygium</i>	155,58
43.	Palem Putri	<i>Veitchia merrillii</i>	32,6
44.	Jabon	<i>Neolamarckia cadamba</i>	9,95

Sumber : Data primer Kawasan Kampus ITS Sukolilo Surabaya, 2016 [39]

Ruang Terbuka Hijau dalam Pengendalian Kualitas Udara

Menurut Handoko 2016 [6], menyatakan bahwa iklim mikro merupakan iklim yang membahas atmosfer sebatas ruang antara perakaran hingga sekitar puncak tajuk tanaman atau sifat atmosfer di sekitar tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu di permukaan bumi antara lain:

1. Jumlah radiasi yang diterima per tahun, per hari, dan per musim.
2. Pengaruh daratan atau lautan.

Live and Applied Science, Volume 5

3. Pengaruh ketinggian tempat, semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, maka suhu akan semakin rendah.
4. Pengaruh angin secara tidak langsung, misalnya angin yang membawa panas dari sumber secara horizontal.
5. Pengaruh panas laten, yaitu panas yang disimpan dalam atmosfer.
6. Penutup tanah, yaitu tanah yang ditutupi vegetasi yang mempunyai temperatur yang lebih rendah daripada tanah tanpa vegetasi.
7. Tipe tanah, tanah gelap indeks suhunya lebih tinggi.
8. Pengaruh sudut datang sinar matahari.

Kelembaban Udara Kelembaban udara adalah banyaknya kadar uap air yang terdapat di udara. Terdapat beberapa istilah dalam kelembaban udara, yaitu:

1. Kelembaban udara mutlak, merupakan massa uap air yang berada dalam satu satuan udara yang dinyatakan dalam gram per meter kubik.
2. Kelembaban udara spesifik, merupakan perbandingan massa uap air di udara dengan satuan massa udara yang dinyatakan dalam satuan gram per kilogram.
3. Kelembaban udara relatif, merupakan perbandingan jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air yang terkandung pada panas dan temperatur tertentu dinyatakan dalam persen.

3. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif deskriptif. Menghitung emisi karbon dioksida (CO₂) pada kendaraan bermotor (motor, mobil, dan truk/bus) akan dilakukan dengan cara pengamatan langsung yaitu perhitungan jumlah kendaraan bermotor yang melalui disekitaran Taman Flora Kota Surabaya selama 7 (tujuh) hari pada jam puncak yaitu pada pagi (06.00 – 08.00), siang (12.00 – 14.00), dan sore (16.00 – 18.00) WIB.

Tabel 3. Lokasi Taman Yang Dilakukan Penelitian

No.	Nama Taman	Alamat Taman	Luasan (M ²)
1.	Taman Flora	Jl. Raya Manyar No. 80 Kelurahan Baratajaya Kecamatan Gubeng	33.810



Gambar 1. Peta Pengukuran Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Pada Kendaraan Bermotor di Taman Flora Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur

Jarak antara jalan Raya dengan Taman Flora :

Sisi Timur, Taman Flora – Jl. Raya Manyar : 2 m

Sisi Utara, Taman Flora – Jl. Ngagel Jaya Selatan : 2 m

Live and Applied Science, Volume 5

Sisi Barat, Taman Flora – Jl. Raya Bratang Binangun : 130 m

Sisi Selatan, Taman Flora – Jl. Raya Manyar : 2 m

Pengukuran pohon pada taman dilakukan dengan cara pengamatan langsung pada taman dengan objek yang diamati yaitu jenis, diameter, tinggi dan jumlah pohon pada masing-masing taman. Diameter batang pohon atau Diameter at Breast Height (DBH) dilakukan pengukuran pada ketinggian 135 cm dari atas permukaan tanah dan memiliki diameter lebih dari 7 cm dengan ketinggian minimal 1,5 m. Perhitungan beban emisi CO mengacu pada IPCC dengan data yang diperlukan jumlah kendaraan, faktor emisi (g/Liter), konsumsi bahan bakar (IPCC, 2019) [12]. Perhitungan beban emisi CO dapat dilihat sebagai berikut :

$$Q = Ni \times Fe \times Ki \times L$$

Satuan : g/jam

Keterangan :

Q : Jumlah emisi CO (gr/jam)

Ni : Jumlah kendaraan rata-rata (kendaraan/jam)

FE : Faktor Emisi (g/L)

Ki : Konsumsi bahan bakar (Mobil 0,1179 L/km dan Sepeda Motor 0,0266 L/Km)

L : Panjang Jalan (km)

Perhitungan stok karbon vegetasi tanaman berdasarkan SNI 7724 Tahun 2019 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon menggunakan rumus yang dapat dilihat sebagai berikut:

Kemampuan penyerapan pohon = Daya serap CO₂ x jumlah pohon

Satuan : kg/tahun

Perhitungan Sisa Emisi Penyerapan dilakukan untuk mengetahui besaran sisa emisi yang belum/tidak terserap oleh pohon dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Sisa emisi CO}_2 = \text{Emisi CO}_2 - \text{Daya Serap RTH}$$

Perhitungan penambahan luasan ruang terbuka hijau dengan menentukan besaran luasan ruang terbuka hijau/taman kita dapat mengetahui penataan tata letak pohon yang akan ditanam dalam beberapa tahun kedepan. Rumus tersebut dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\text{Luas RTH} = (\text{Emisi CO}_2 \text{ yang tidak terserap}) / (\text{daya serap pohon})$$

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penghitungan Jumlah Kendaraan di Area Taman

Dari hasil pengukuran tersebut didapat hasil suhu 21-34°C dan kelembaban 65-94 %. Rata-rata jumlah kendaraan bermotor pada sepeda motor dan mobil paling tinggi didapat pada jam 17.00 – 18.00 WIB sebesar 1665 unit/jam dan 879 unit/jam sedangkan untuk truk/bus pada jam 13.00 – 14.00 WIB sebesar 48 unit/jam. Volume kendaraan cenderung lebih tinggi pada jam sibuk pagi 06.00 – 08.00 WIB dan sore 16.00 – 18.00 WIB dikarenakan pada jam tersebut aktivitas berangkat dan pulang sekolah atau kerja. Jenis kendaraan yang paling banyak didominasi oleh sepeda motor dikarenakan mayoritas masyarakat di Kota Surabaya memiliki sepeda motor pribadi sebagai transportasi yang fleksibel dan biaya yang dikeluarkan masih terjangkau

Live and Applied Science, Volume 5

untuk di Kota Surabaya. Area yang paling banyak jumlah kendaraan bermotor yaitu terletak pada sisi timur Taman Flora yaitu sepanjang jalan Raya Manyar dari pada area sisi lainnya dikarenakan sisi Timur area Taman Flora merupakan jalan raya utama dari Surabaya maupun dari luar kota lainnya. Sedangkan sisi utara, barat dan selatan area Taman Flora relatif lebih seimbang. Jumlah kendaraan mobil tidak lebih banyak jika dibandingkan dengan sepeda motor sedangkan untuk truk/bus jumlahnya sangat sedikit dikarenakan jalan di area Taman Flora bukan jalur utama angkutan barang atau bus besar antar kota. Hasil penghitungan kendaraan bermotor disekitar taman dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Penghitungan Jumlah Kendaraan Bermotor di Area Sekitar Taman Flora Surabaya

No	Jenis Kendaraan	Jam Pengamatan (WIB)	Sisi Utara	Sisi Selatan	Sisi Barat	Sisi Timur	Jumlah Kendaraan	Rata - Rata Jumlah Kendaraan (/jam)
1.	Sepeda Motor	06.00 - 07.00	838	1047	928	2137	4950	1237.5
		07.00 - 08.00	1157	1303	1032	2421	5913	1478.25
		12.00 - 13.00	1084	1053	1111	2343	5591	1397.75
		13.00 - 14.00	1079	1134	1118	2445	5776	1444
		16.00 - 17.00	1280	1270	1281	2673	6504	1626
		17.00 - 18.00	1323	1241	1391	2707	6662	1665.5
2.	Mobil	06.00 - 07.00	337	790	315	1436	2878	719.5
		07.00 - 08.00	565	742	486	1601	3394	848.5
		12.00 - 13.00	464	588	461	1655	3168	792
		13.00 - 14.00	456	605	466	1628	3155	788.75
		16.00 - 17.00	431	653	439	1812	3335	833.75
		17.00 - 18.00	418	831	423	1846	3518	879.5
3.	Truk / Bus	06.00 - 07.00	18	24	15	37	94	23.5
		07.00 - 08.00	21	27	18	57	123	30.75
		12.00 - 13.00	60	36	37	60	193	48.25
		13.00 - 14.00	66	34	37	57	194	48.5
		16.00 - 17.00	55	33	30	40	158	39.5
		17.00 - 18.00	27	29	23	46	125	31.25

Sumber : Perhitungan Kendaraan Bermotor

Live and Applied Science, Volume 5

1.	Sepeda Motor	06.00 – 07.00	6022.47	6207.71	25138.04	58921.64	96289.86	24072.46
		07.00 – 08.00	8315.03	7725.54	27955.23	66752.12	110747.93	27686.98
		12.00 – 13.00	7790.40	6243.28	30095.22	64601.49	108730.40	27182.60
		13.00 – 14.00	7754.47	6723.54	30284.84	67413.85	112176.70	28044.17
		16.00 – 17.00	9199.00	7529.89	34700.25	73700.30	125129.43	31282.36
		17.00 – 18.00	9508.03	7357.94	37679.97	74637.75	129183.70	32295.92
2.	Mobil	06.00 – 07.00	10734.77	20760.79	37820.40	175491.82	244807.79	61201.95
		07.00 – 08.00	17997.46	19499.38	58351.48	195656.27	291504.60	72876.15
		12.00 – 13.00	14780.22	15452.34	55349.86	202255.55	287837.96	71959.49
		13.00 – 14.00	14525.39	15899.09	55950.19	198955.91	285330.57	71332.64
		16.00 – 17.00	13729.04	17160.50	52708.44	221442.33	305040.31	76260.08
		17.00 – 18.00	13314.94	21838.25	50787.40	225597.43	311538.02	77884.50
3.	Truk / Bus	06.00 – 07.00	573.37	630.71	1800.97	4521.73	7526.78	1881.69
		07.00 – 08.00	668.93	709.55	2161.17	6965.90	10505.55	2626.39
		12.00 – 13.00	1911.24	946.06	4442.40	7332.53	14404.16	3601.04
		13.00 – 14.00	2102.36	893.50	4442.40	6965.90	14632.22	3658.06
		16.00 – 17.00	1751.97	867.22	3601.94	4888.35	11109.48	2777.37
		17.00 – 18.00	860.06	762.11	2761.49	5621.60	10005.26	2501.31

Sumber : Perhitungan Jumlah Kendaraan

Penghitungan Jenis dan Jumlah Tanaman Pada Taman di Kota Surabaya

Berdasarkan hasil penghitungan jumlah tanaman pada Taman Flora dengan memiliki 35 (tiga puluh lima) jenis tanaman dan jumlah pohon yang cukup banyak sebesar 204 pohon dengan total daya serap yaitu sebesar 851.799,93 kg/pohon/tahun. Beberapa jenis pohon yang paling banyak dimiliki pada masing-masing taman yaitu Pohon Trembesi, Tabebuaya Pink, Flamboyan, Kamboja, Glodokan Tiang, Angsana dll. Pohon-pohon yang memiliki diameter besar dan berkanopi lebar sangat efektif dalam menyerap emisi CO₂. Sedangkan pohon dengan ukuran kecil atau berkanopi kecil memberikan fungsi estetika dan keanekaragaman hayati tetapi dalam kontribusi penyerapan emisi CO₂ yang terbatas. Pohon Trembesi memiliki kontribusi daya serap CO₂ terbesar di Taman Flora sekitar 86,8% dari total daya serap taman. Taman kota berperan sebagai paru-paru kota berfungsi sebagai penyerapan emisi CO₂ dari aktivitas manusia terutama pada kendaraan bermotor. Selain itu taman kota juga berperan aktif sebagai mitigasi perubahan iklim dan kualitas udara di Kota Surabaya. Dari hasil pengukuran dan pendataan pohon di taman – taman Kota Surabaya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengukuran dan Pendataan Pohon di Taman Flora Kota Surabaya

No.	Nama Lokal Tanaman	Nama Latin Tanaman	Jumlah	Daya Serap Pohon (kg/pohon/tahun)
1.	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	10	3105,2
2.	Asem Jawa*	<i>Tamarindus indicus Liin</i>	2	16,96
3.	Asem Londo	<i>Pithecolobium duice</i>	1	8,48
4.	Bambu Filipin*	<i>Bambusa Vulganis</i>	1	0,39
5.	Bambu Kuning	<i>Ficus Benjamina</i>	1	0,39
6.	Belimbing	<i>Averrhoa carambola</i>	3	18,99

Live and Applied Science, Volume 5

7.	Beringin	<i>Cerbera Odollam</i>	1	1255,4
8.	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	7	678,3
9.	Bungur	<i>Casurina eguisei</i>	2	320,28
10.	Cemara Angin	<i>Casuarina Junghuhniana</i>	14	630
11.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	22	1319,12
12.	Glodokan Tiang	<i>Polyalthia longifolia</i>	13	9356,62
13.	Jambu Biji	<i>Psidium guajava Linn</i>	2	500
14.	Jati	<i>Tectona grandis Linn</i>	2	270,54
15.	Johar	<i>Bauhinia tomentosa L</i>	1	116,25
16.	Kamboja	<i>Plumeria acuminata ait</i>	23	1012
17.	Kamboja Kuning	<i>Plumeria acuminata ait</i>	4	176
18.	Kaya	<i>Seleganensis</i>	5	109,5
19.	Kenanga	<i>Canagium odoratum Baill</i>	1	756,59
20.	Ketepeng	<i>Terminalia capata Linn</i>	1	23,48
21.	Kiara Payung	<i>Fillicium decipiens</i>	1	404,83
22.	Kupu-Kupu	<i>acsia grandis</i>	1	1331,38
23.	Lengkeng	<i>Euphoria longana (Lour.) Steuc</i>	1	0,4
24.	Mahoni	<i>Swierenia maerophyna</i>	8	87456,23
25.	Matoa	<i>Pometia piannata J. R</i>	3	989,28
26.	Mengkudu	<i>Morinda citrifolia</i>	2	26,96
27.	Nangka	<i>Autocarpus heterophyllus Lam</i>	1	126,51
28.	Pepaya	<i>Clirica papaya L.</i>	1	1,45
29.	Saga	<i>Abrus precatorium Lina</i>	1	221,18
30.	Saputangan	<i>Maniltoa grandiflora</i>	1	8,26
31.	Sawo Kecil	<i>Manilkara kauki Dub</i>	13	1259,7
32.	Srikaya	<i>Annona squamosa L</i>	4	5,84
33.	Tabebuia Pink	<i>Tabebuia rosea</i>	22	532,4
34.	Tanjung	<i>Mimosops elengi L</i>	3	102,87
35.	Trembesi	<i>Samanea saman (Jacq.) Merr</i>	26	739658,14
	Total		204	851.799,93

Sumber : Perhitungan Pohon Taman Flora

Kemampuan Daya Serap Pada Masing-Masing Taman

Berdasarkan penghitungan kemampuan daya serap taman terhadap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor pada Taman Flora mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 85%. Hal ini menunjukkan bahwa taman kota sangat efektif sebagai penyeimbang kualitas udara dalam penyerapan emisi CO₂. Sisa emisi yang belum terserap oleh taman maka diserap oleh tanaman lain dijalar hijau dan akan lepas di udara. Taman Flora mendekati kapasitas ideal sebagai paru-paru kota untuk kawasan tersebut. Taman Prestasi dan Bungkul masih memerlukan peningkatan vegetasi penyerap CO₂ atau strategi lain yaitu seperti pengurangan emisi kendaraan atau adanya penambahan penghijauan untuk mendukung pengurangan emisi. Taman-taman ini berperan penting sebagai bagian dari mitigasi perubahan iklim di Surabaya, namun

harus disertai pengelolaan transportasi dan penghijauan lanjutan. Sehingga diperlukan strategi tambahan untuk mengatasi sisa emisi yang besar.

Efektivitas taman kota dalam penyerapan CO₂ sangat ditentukan oleh luasan taman, jenis tanaman, dan jumlah tanaman yang ada di taman agar kemampuan daya serap taman menjadi seimbang. Pengelolaan taman harus dikombinasikan dengan pengendalian lalu lintas transportasi agar emisi CO₂ dapat berkurang sehingga taman mampu menyerap emisi CO₂ secara efektif dan ideal. Emisi CO₂ yang belum terserap perlu adanya memperbanyak tanaman yang memiliki konsentrasi penyerapan yang tinggi seperti Pohon Trembesi dan Pohon Beringin untuk melengkapi tutupan hijau area taman dan dapat diintegrasikan taman kota sebagai salah satu bentuk tata ruang yang dapat sebagai mitigasi perubahan iklim dan pengendalian kualitas udara. Perlu adanya rancangan zona hijau tambahan atau koridor / area hijau disekitar taman dengan adanya penambahan penanaman tanaman intensif setiap tahunnya sebagai upaya untuk mengurangi sisa emisi CO₂ yang belum terserap. Adanya pengurangan emisi CO₂ dari kendaraan bermotor dengan menggunakan transportasi umum dan energi terbarukan dapat menggunakan kendaraan listrik.

Ruang terbuka hijau yang dimiliki oleh perkotaan mampu menyerap 20-40% emisi CO₂ pada kendaraan bermotor dimana Kota Surabaya termasuk salah satu kota kawasan padat lalu lintas (Setiadi& Yuliasuti, 2017). Berdasarkan Marfai, 2012 menegaskan bahwa pentingnya jenis pohon yang memiliki diameter besar dan daya serap yang tinggi sangat berkontribusi dalam serapan emisi CO₂. Hal ini dapat dilihat pada jumlah tanaman Pohon Trembesi yang jumlahnya sedikit tetapi mampu menyerap lebih dari 80% emisi CO₂ dari kendaraan bermotor. Berdasarkan Nowak et al, 2006 mengatakan bahwa pohon-pohon yang ditanam didaerah perkotaan AS dapat menyerap emisi CO₂ hingga 22,8 ton/tahun. Hal ini didukung juga pada penelitian Nugroho et al, 2018 bahwa efisiensi RTH kota maupun taman kota sebagai penyerapan emisi CO₂ bergantung pada jenis tanaman, kerapatan dan luas area / taman / RTH. RTH maupun taman ini sebaiknya dibuat secara merata pada area perkotaan agar tidak menjadi beban lingkungan dan agar sebaran tutupan hijau merata disetiap wilayah / kecamatan (Wahyudi, 2020). Dari hasil penghitungan kemampuan daya serap taman terhadap emisi CO₂ dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kemampuan Daya Serap Taman Terhadap Emisi CO₂

No.	Nama Taman	Daya Serap (kg/tahun)	Emisi CO ₂ (kg/tahun)	Sisa Emisi CO ₂ Yang Belum Terserap (kg/tahun)	Persentase Penyerapan Emisi Terhadap Taman (%)
1.	Flora	851.799,93	997.225	-145425,07	85%

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu :

1. Total emisi CO₂ dari kendaraan bermotor Taman Flora sebesar 997.225,08 kg/tahun.
2. Kemampuan daya serap emisi CO₂ pada Taman Flora sebesar 851.799,93 kg/tahun.
3. Efektivitas penyerapan emisi CO₂ pada Taman Flora lebih ideal dan mampu menyerap tinggi emisi CO₂ sebesar 85% dengan sisa emisi yang belum terserap 145.425,07 kg/tahun.

Live and Applied Science, Volume 5

4. Penambahan RTH pada Taman Flora sebesar 15% dengan luasan 255,55 M².

Saran

Saran yang dapat saya berikan pada penelitian ini yaitu :

1. Pengurangan dan pengendalian emisi CO₂ dari kendaraan bermotor yaitu dengan cara memperbanyak menggunakan transportasi umum, menggunakan sepeda, menggunakan kendaraan listrik.
2. Penambahan RTH secara merata seperti *vertical garden* dan *green roof* serta adanya zona hijau pada area perkotaan sebagai lahan penutup hijau untuk menyeimbangkan kualitas udara.
3. Adanya penanaman pohon secara berkala setiap tahunnya di area atau wilayah yang padat lalu lintas dengan pemilihan jenis tanaman yang tinggi penyerapannya seperti Pohon Trembesi, Beringin, Glodokan Tiang, Kupu-Kupu, dan Angsana.
4. Adanya pendataan dan penghitungan jenis dan jumlah pohon pada jalur hijau di area sekitar taman agar dapat menghitung total serapan emisi CO₂ di wilayah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adinata, F. (2016). *Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau dalam Penanggulangan Pencemaran Udara di Perkotaan*. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, 27(2), 137–148.
- [2] Ainy, Q. (2012). *Dasar-Dasar Meteorologi dan Klimatologi untuk Perencanaan Wilayah*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [3] Caesarina, A., & Rahmani, A. (2019). *Perubahan Iklim dan Peran Ruang Terbuka Hijau Kota dalam Menurunkan Suhu*. Jurnal Teknik Lingkungan, 25(1), 33–42.
- [4] Dokumen IBSAP. (2016). *Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia (IBSAP) 2015–2020*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- [5] Dwiyanto, A. (2009). *Ruang Terbuka Hijau Kota: Fungsi, Manfaat dan Perencanaan*. Surabaya: Lembaga Penelitian ITS.
- [6] Firdaus, A., & Wijayanti, N. (2019). *Karbon dan Peranannya dalam Siklus Kehidupan*. Bandung: Pustaka Bioenergi.
- [7] Geiger, R. (1959). *The Climate Near the Ground*. Cambridge: Harvard University Press.
- [8] Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran Cadangan Karbon di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF) - SEA Regional Office.
- [9] Hairiah, K., Rahayu, S., & Van Noordwijk, M. (2011). *Panduan Praktis: Pengukuran Stok Karbon di Atas dan di Dalam Tanah*. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- [10] IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [11] IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [12] Ismayadi, & Ari, A. (2012). *Inventarisasi Potensi Penyerapan Karbon oleh Vegetasi di Kawasan Perkotaan*. Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan, 4(2), 55–63.

Live and Applied Science, Volume 5

- [13] Istomo, & Farida, A. (2017). *Pendugaan Cadangan Karbon Hutan di Indonesia*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM.
- [14] Jatayu, Y. B., & Susetyo, A. D. (2018). *Urban Heat Island (UHI) dan Strategi Mitigasinya di Perkotaan*. *Jurnal Planesa*, 3(2), 65–76.
- [15] Kartasapoetra, A. G. (2004). *Klimatologi dan Meteorologi untuk Perencanaan Wilayah*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [16] Laksono, H., & Damayanti, N. (2016). *Penghitungan Emisi Kendaraan Bermotor di Kawasan Perkotaan*. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), C45–C49.
- [17] Laras Rachmayanti, & Sarwoko Mangkoedihardjo. (2020). *Daya Serap Emisi CO₂ oleh Ruang Terbuka Hijau di Tenggara Kota Surabaya*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(1), 17–25.
- [18] Laurie, M. (1986). *An Introduction to Landscape Architecture*. Illinois: Waveland Press.
- [19] Lindsey, R. (2023). *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*. NOAA Climate.gov. Retrieved from <https://www.climate.gov>
- [20] Nívar Cháidez, J. J. (2010). *Estimating Biomass and Carbon Sequestration in Forest Ecosystems*. *Environmental Research Journal*, 4(3), 221–231.
- [21] Ratnasari, D., Sitorus, S. R. P., & Tjahjono, B. (2015). *Pemanfaatan RTH sebagai Penyerap Karbon di Kota Surabaya*. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 4(2), 67–75.
- [22] Ribka Regina, & Sarwoko Mangkoedihardjo. (2016). *Daya Serap CO₂ oleh Ruang Terbuka Hijau Kampus ITS Sukolilo*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 19–26.
- [23] Rosyadi, E. (2023). *Pertumbuhan Penduduk Kota iSurabaya Tahun 2022–2023*. Surabaya: Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya.
- [24] Rusmayadi, M. (2014). *Kajian Mikroklimat di Kawasan Perkotaan*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(3), 23–30.
- [25] Sanger, D. R. (2016). *Perubahan Iklim Global dan Tantangannya terhadap Keberlanjutan Lingkungan*. Jakarta: Yayasan Hijau Lestari.
- [26] Setyaningrum, D. (2002). *Pengantar Perencanaan Kota*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [27] Sutaryo. (2009). *Pengukuran dan Estimasi Biomassa Vegetasi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan.
- [28] Tresnawan, H., & Rosalina, D. (2002). *Peran Biomassa dalam Estimasi Cadangan Karbon Hutan*. *Jurnal Kehutanan*, 6(2), 43–52.
- [29] Undang-Undang No. 05 Tahun 1994 tentang Pengesahan Keanekaragaman Hayati (Convention on Biological Diversity).
- [30] Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- [31] Widiasari, R., et al. (2010). *Stok Karbon pada Ekosistem Hutan Tropis*. *Jurnal Kehutanan Tropika*, 8(1), 21–30.