

Efektivitas Ruang Terbuka Hijau Publik dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida untuk Mendukung Keberlanjutan Lingkungan Perkotaan

Parid Pakaya^{1*}, Fitryane Lihawa², Dewi Wahyuni K. Baderan³

^{1,2,3} Fakultas Pascasarjana Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Universitas Negeri
Gorontalo, Indonesia

faridpakaya84@gmail.com^{1*}

Alamat: Jl. Jend. Sudirman No.6, Dulalowo Tim., Kota Tengah, Kota Gorontalo 96128

Korespondensi penulis: faridpakaya84@gmail.com

Abstract. *Public Green Open Space (RTH) is an essential element in urban spatial planning to support environmental sustainability. Through the process of photosynthesis, RTH helps absorb carbon dioxide (CO₂) produced by human activities, such as transportation and industry, thus contributing to climate change mitigation. This study aims to explore the role of RTH in absorbing CO₂ and the challenges faced in its management. The study was conducted using a systematic approach through literature analysis and case studies in several cities in Indonesia and around the world. The research results indicate that vegetation type, area size, and environmental conditions are the main factors affecting the carbon absorption capacity of RTH. Large trees have a significantly higher capacity to absorb CO₂ compared to shrubs and grass, with the ability to absorb up to 250.63 tons of CO₂ per year per tree. However, challenges such as limited RTH area, urbanization pressure, and lack of public awareness remain obstacles to optimal RTH management. The recommendations of this study include increasing the area and quality of RTH through data-based strategies, community participation in management, and the development of policies that support sustainability. With proper management, RTH can function as a climate change mitigation tool while improving the quality of life for urban communities.*

Keywords: *Carbon dioxide, climate change mitigation, Green Open Space*

Abstrak. Ruang Terbuka Hijau (RTH) publik merupakan elemen penting dalam tata ruang perkotaan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan. Melalui proses fotosintesis, RTH membantu menyerap karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh aktivitas manusia, seperti transportasi dan industri, sehingga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi peran RTH dalam menyerap CO₂ serta tantangan yang dihadapi dalam pengelolaannya. Kajian ini dilakukan menggunakan pendekatan sistematis melalui analisis literatur dan studi kasus di beberapa kota di Indonesia dan dunia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis vegetasi, luas area, dan kondisi lingkungan menjadi faktor utama yang memengaruhi kapasitas penyerapan karbon oleh RTH. Pohon besar memiliki kemampuan menyerap CO₂ jauh lebih tinggi dibandingkan semak dan rumput, dengan kapasitas hingga 250,63 ton CO₂ per tahun per pohon. Namun, tantangan seperti keterbatasan luas RTH, tekanan urbanisasi, dan kurangnya kesadaran masyarakat masih menjadi hambatan dalam pengelolaan RTH yang optimal. Rekomendasi penelitian ini meliputi peningkatan luas dan kualitas RTH melalui strategi berbasis data, partisipasi masyarakat dalam pengelolaan, serta pengembangan kebijakan yang mendukung keberlanjutan. Dengan pengelolaan yang baik, RTH dapat berfungsi sebagai alat mitigasi perubahan iklim sekaligus meningkatkan kualitas hidup masyarakat perkotaan.

Kata kunci: Karbon dioksida, mitigasi perubahan iklim, Ruang Terbuka Hijau (RTH).

1. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan perkotaan yang pesat di seluruh dunia telah membawa berbagai tantangan lingkungan yang kompleks. Salah satu tantangan terbesar adalah peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) akibat aktivitas manusia, seperti transportasi, industri, dan pemanfaatan lahan. Emisi karbon yang tinggi berkontribusi pada perubahan iklim global, peningkatan suhu permukaan, dan penurunan kualitas udara.

Ruang Terbuka Hijau (RTH) publik merupakan salah satu elemen penting dalam tata ruang perkotaan yang berfungsi untuk menyerap emisi karbon melalui proses fotosintesis yang dilakukan oleh vegetasi. Selain itu, RTH juga berperan dalam meningkatkan kualitas udara, mengurangi efek pulau panas perkotaan, dan menyediakan habitat bagi biodiversitas. Berdasarkan penelitian Sasmita et al. (2021), RTH dengan vegetasi yang luas dan padat memiliki kapasitas yang signifikan dalam menyerap karbon dioksida dan mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan.

Namun, meskipun keberadaan RTH sangat penting, banyak kota di dunia, termasuk di Indonesia, masih menghadapi tantangan dalam menyediakan dan mengelola RTH yang memadai. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan menyatakan bahwa proporsi RTH minimal adalah 30% dari total luas wilayah kota. Sayangnya, data menunjukkan bahwa sebagian besar kota besar di Indonesia belum mencapai angka ini, terutama akibat tekanan pembangunan infrastruktur dan urbanisasi yang masif.

Di sisi lain, peran RTH dalam menyerap karbon dioksida belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai alat mitigasi perubahan iklim. Informasi tentang kapasitas penyerapan karbon oleh RTH di perkotaan masih terbatas, dan penelitian yang mendalam mengenai efektivitas RTH dalam mengurangi emisi karbon di tingkat lokal sangat diperlukan. Kajian ini menjadi relevan untuk memberikan gambaran tentang bagaimana RTH publik dapat berkontribusi dalam mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan, sekaligus menjadi dasar perencanaan tata ruang yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kemampuan RTH publik dalam menyerap karbon dioksida sebagai upaya mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan. Melalui kajian pustaka yang komprehensif, penelitian ini akan mengidentifikasi kapasitas RTH publik dalam menyerap karbon, mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi efektivitasnya, serta memberikan rekomendasi untuk pengelolaan RTH yang lebih optimal di masa depan.

2. KAJIAN TEORITIS

Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Ruang Terbuka Hijau (RTH) didefinisikan sebagai area terbuka, baik milik publik maupun swasta, yang permukaannya ditutupi oleh vegetasi, baik yang tumbuh secara alami maupun yang sengaja ditanami untuk mendukung fungsi ekologis, sosial, ekonomi, dan estetika. Di perkotaan, RTH tidak hanya berfungsi sebagai penyerap karbon dioksida (CO₂) dan penghasil oksigen, tetapi juga sebagai penunjang keseimbangan ekosistem dan

kenyamanan lingkungan hidup bagi masyarakat kota. Menurut (Setyati & Utomo, 2015) Ruang terbuka hijau adalah ruang terbuka bervegetasi yang berada di kawasan perkotaan yang mempunyai fungsi antara sebagai area rekreasi, sosial budaya, estetika, fisik kota ekologis dan memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi bagi manusia maupun bagi pengembangan kota.

RTH merupakan bagian dari upaya mitigasi pemanasan global sehingga dipandang sebagai salah satu upaya penanganan terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca yang paling implementatif dibandingkan cara lainnya (Rawung, 2015). Hal ini dikarenakan tanaman sebagai komponen utama pengisi RTH mampu menyerap emisi CO₂. Berdasarkan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan, menyatakan bahwa Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan (RTHKP) Publik adalah RTH yang penyediaan dan pemeliharannya menjadi tanggung jawab pemerintah kabupaten/kota yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum. Dimana proporsi RTH yang sesuai adalah sebesar 30% dari keseluruhan luas lahan yang komposisinya terbagi atas 20% RTH publik dan 10% RTH private (UU no 26 tahun 2007).

Ruang terbuka hijau (RTH) merupakan komponen penting dari suatu kawasan perkotaan. Menurut Levent dalam Rawung, (2015) mendefinisikan RTH sebagai ruang terbuka baik publik maupun privat yang permukaannya ditutupi oleh vegetasi, baik secara langsung atau tidak langsung tersedia bagi pengguna. Definisi yang sama juga tertulis dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008, RTH Kawasan Perkotaan merupakan bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh tumbuhan dan tanaman guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika.

Ruang terbuka berbeda dengan istilah ruang luar (exterior space), yang ada di sekitar bangunan dan merupakan kebalikan ruang dalam (interior space) di dalam bangunan. Perbedaan ruang luar dengan ruang terbuka yaitu yang sengaja dirancang secara khusus untuk kegiatan tertentu, dan digunakan secara intensif, seperti halaman sekolah, lapangan olahraga, termasuk plasa atau square. Sedangkan ruang terbuka merupakan zona hijau yang bisa berbentuk jalur (path), seperti jalur hijau jalan, tepian air waduk atau danau, bantaran sungai, bantaran rel kereta api, saluran/ jejaring listrik tegangan tinggi, dan simpul kota (nodes), berupa ruang taman rumah, taman lingkungan, taman kota, taman pemakaman, lahan pertanian kota dan seterusnya. Ruang terbuka yang disebut Taman Kota (park), yang berada di luar atau diantara beberapa bangunan di lingkungan perkotaan, semula dimaksudkan pula sebagai halaman atau ruang luar, yang kemudian berkembang menjadi istilah Ruang Terbuka Hijau (RTH) kota, karena umumnya berupa ruang terbuka yang sengaja ditanami pepohonan maupun tanaman, sebagai penutup permukaan tanah. Tanaman produktif berupa pohon berbuah dan

tanaman sayuran pun kini hadir sebagai bagian dari RTH berupa lahan pertanian kota atau lahan perhutanan kota yang amat penting bagi pemeliharaan fungsi keseimbangan ekologis kota. Ruang terbuka harus ditanami tetumbuhan, atau hanya sedikit terdapat tetumbuhan, namun mampu berfungsi sebagai ventilasi kota, seperti plaza dan alun-alun (Rambaradellangga, 2017).

a. Fungsi Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau adalah suatu kawasan terbuka tanpa adanya bangunan yang digunakan untuk menjaga kualitas uadar dengan berbagai vegetasi di dalamnya. RTH sangat penting dalam pembangunan kota yang berkelanjutan karena jika berkurangnya RTH di suatu kota akan berpengaruh terhadap kualitas udara terutama mengurangi fungsi RTH sebagai penyerap gas karbondioksida (CO₂) dan menyalurkan oksigen (O₂) (Rambaradellangga, 2017). Fungsi RTH publik adalah sebagai seperti fungsi ekologis, sosial, budaya, ekonomi dan estetika atau arsitektural. Tujuan pembangunan RTH publik sebagai infrastruktur hijau diwilayah perkotaan adalah meningkatkan kualitas lingkungan hidup perkotaan yang nyaman, segar, indah, bersih, dan berkelanjutan (Handayani et al., 2015).

Menurut Lukita et al., (2015), bahwa keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) diperlukan guna meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan secara ekologis, estetis, dan sosial. Secara ekologis, ruang terbuka hijau berfungsi sebagai pengatur iklim mikro kota yang menyejukkan. Vegetasi pembentuk hutan merupakan komponen alam yang mampu mengendalikan iklim melalui pengendalian fluktuasi atau perubahan unsurunsur iklim yang ada di sekitarnya misalnya suhu, kelembapan, angin dan curah hujan. Ruang terbuka hijau memberikan pasokan oksigen bagi makhluk hidup dan menyerap karbon serta sumber polutan lainnya. Secara ekologis ruang terbuka hijau mampu menciptakan habitat berbagai satwa, misalnya burung. Secara estetis, ruang terbuka hijau menciptakan kenyamanan, harmonisasi, kesehatan, dan kebersihan lingkungan. Secara sosial, ruang terbuka hijau mampu menciptakan lingkungan rekreasi dan sarana pendidikan alam. Ruang terbuka hijau yang dikelola sebagai tempat pariwisata dapat membawa dampak ekonomis seperti meningkatkan pendapatan Masyarakat.

Peran RTH dalam Penyerapan Emisi Karbon Dioksida

RTH bertujuan untuk menjaga ketersediaan lahan sebagai kawasan resapan air. Dilihat dari aspek planologis perkotaan RTH diharapkan dapat menjaga keseimbangan antara lingkungan alam dan lingkungan binaan yang berguna untuk kepentingan masyarakat.

Keberadaan RTH memberikan keserasian lingkungan perkotaan sebagai sarana pengaman lingkungan perkotaan yang aman, nyaman, segar, indah, dan bersih (Dwihatmojo, 2016).

Ruang Terbuka Hijau menjadi salah satu penyelesaian dalam peningkatan kualitas lingkungan perkotaan (Sudarwani & Ekaputra, 2017). Komponen ruang terbuka hijau berupa jalur hijau, taman kota, tanaman pekarangan, kebun, dan keberadaan ruang terbuka hijau lainnya diharapkan dapat meningkatkan produksi oksigen di udara, menyaring partikel debu dan partikel-partikel pencemar lainnya sehingga akan meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan. Namun demikian fungsi-fungsi yang diharapkan dari ruang terbuka hijau tidak akan terasa jika luasan ruang terbuka hijau tidak mencukupi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total daya serap emisi CO₂ serta kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam menyerap emisi CO₂ di Kota Ambon (Maliyot et al., 2022).

Kriteria Vegetasi untuk RTH

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5/PRT/M/2008 tentang pedoman penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau menjelaskan kriteria vegetasi untuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) yaitu :

a. Aspek silvikultur

Dilihat dari aspek silvikultur kriteria vegetasi untuk RTH yaitu berasal dari biji terseleksi sehat dan bebas penyakit, memiliki pertumbuhan sempurna baik batang maupun akar, perbandingan bagian pucuk dan akar seimbang, batang tegak dan keras pada bagian pangkal, tajuk simetris dan padat, sistem perakaran padat.

b. Sifat biologi

Dilihat dari aspek silvikultur kriteria vegetasi untuk RTH yaitu tumbuh baik pada tanah padat, sistem perakaran masuk kedalam tanah, tidak merusak konstruksi dan bangunan, fase anakan tumbuh cepat, tetapi tumbuh lambat pada fase dewasa, ukuran dewasa sesuai ruang yang tersedia, batang dan sistem percabangan kuat, batang tegak kuat, tidak mudah patah dan tidak berbanir, perawakan dan bentuk tajuk cukup indah, tajuk cukup rindang dan kompak, tetapi tidak terlalu gelap, ukuran dan bentuk tajuk seimbang dengan tinggi pohon, daun sebaiknya berukuran sempit, tidak menggugurkan daun, daun tidak mudah rontok karena terpaan angin kencang, saat berbunga/berbuah tidak mengotori jalan, buah berukuran kecil dan tidak bisa dimakan oleh manusia secara langsung, sebaiknya tidak berduri atau beracun, mudah sembuh bila mengalami luka akibat benturan dan akibat lain, tahan terhadap hama penyakit, tahan terhadap pencemaran kendaraan bermotor dan industri,

mampu menyerap dan menyerap cemaran udara, sedapat mungkin mempunyai nilai ekonomi, berumur panjang

Kemampuan RTH dalam Menyerap Emisi CO₂

a. Penyerapan Emisi CO₂ oleh Tumbuhan

Banyak faktor yang mempengaruhi agar tanaman dapat maksimal mengurangi efek rumah kaca melalui resor (sink) gas CO₂, diantaranya adalah:

- a. Tanaman dipilih dari jenis penyerap CO₂ tinggi (rakus CO₂). Saat ini telah mulai diteliti jenis-jenis tanaman penyerap CO₂ tinggi.
- b. Luas penanaman harus signifikan agar tanaman dapat lebih besar fungsinya dalam menyerap CO₂.
- c. Penanaman dengan jenis-jenis tumbuh cepat berpotensi menyerap CO₂ lebih tinggi dan lebih cepat dibandingkan jenis-jenis tanaman tumbuh lambat. Akan tetapi jenis-jenis tumbuh cepat biasanya lebih cepat dipanen/ditebang, seperti sengon yang berumur kurang dari 30 tahun. Berbeda dengan jati yang masa panennya lebih panjang hingga 40 – 60 tahun. Karenanya model revegetasi yang ideal untuk sequestrasi karbon tampaknya adalah kombinasi dari keduanya (jenis tumbuh cepat dan tumbuh lambat).
- d. Pemilihan jenis tanaman diutamakan yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat
- e. Kebutuhan agronomis (kecukupan cahaya, hara, air dan kerapatan) juga merupakan faktor penting dalam mengoptimalkan penyerapan CO₂.
- f. Pengurangan CO₂ dari atmosfer pada hakekatnya adalah penyerapan CO₂ oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis. Proses fotosintesis terjadi di daun yang berklorofil, pada daun tersebut karbondioksida dan air dengan bantuan cahaya matahari melalui berbagai proses metabolisme diubah menjadi gula, oksigen dan air. Selanjutnya hasil fotosintesis tersebut diakumulasikan dalam bentuk bahan kering tumbuhan seperti kayu, buah, umbi dll.

Laju fotosintesis antar jenis tumbuhan dan antar habitat berbeda. Tanaman yang tumbuh cepat memiliki laju fotosintesis yang tinggi, tetapi tidak berarti bahwa tumbuhan dengan laju fotosintesis tinggi selalu tumbuh cepat. Tumbuhan dengan laju fotosintesis tinggi mampu menyerap CO₂ dalam jumlah lebih banyak dibanding tumbuhan dengan laju fotosintesis rendah. Tumbuhan pohon memiliki kapasitas fotosintesis yang tergolong rendah yakni sekitar $<2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ - $>25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (jenis-jenis pohon di negara empat musim). Variasi dari kapasitas fotosintesis ini selain dipengaruhi oleh faktor internal juga eksternal. Faktor eksternal yang mempengaruhi fotosintesis termasuk cahaya, konsentrasi

CO₂ di udara, suhu, ketersediaan air dan hara. Laju fotosintesis menurun apabila intensitas cahaya matahari berkurang, suhu menurun, ketersediaan air dan hara rendah. Kekurangan fosfor (P) dan nitrogen (N) berpengaruh terhadap fotosintesis (Hidayati et al., 2017)

b. Daya Serap Vegetasi terhadap Emisi CO₂

Setiap tumbuhan mempunyai peranan penting dalam pengurangan beban CO₂ ambien. Tumbuhan mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menyerap CO₂. Daya serap tumbuhan terhadap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.1, sedangkan daya serap tipe tutupan vegetasi terhadap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 1 Daya Serap Masing-Masing Jenis Tanaman terhadap CO₂

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (kg CO ₂ /pohon/tahun)
1.	Pucuk Merah	Oleina syzygium	162,89
2.	Gelodogan	Polyalthia longifolia	719,74
3.	Palem Putri	Veitchia merrillii	285,57
4.	Sukun	Artocarpus altilis	22
5.	Tabebuaya	Tabebuiarosea	24,2
6.	Mangga	Mangifera indica	51,966

Sumber : Yusuf, M. (2015).

Tabel 2 Daya Serap Masing-Masing Tipe Tutupan Vegetasi terhadap CO₂

No	Tipe Tutupan	Daya Serap CO ₂ (kg CO ₂ /Ha/jam)	Daya Serap CO ₂ (ton/Ha/tahun)
1.	Pohon	129,29	569,07
2.	Semak Belukar	12,56	55
3.	Padang Rumput	2,74	12

Sumber ; Setiawan, 2013 dalam (Ramadhanti, 2019)

Karbon Dioksida (CO₂)

CO₂ adalah produk akhir proses oksidasi bensin. CO₂ itu sendiri bukan komponen yang berbahaya. Namun, jika konsentrasi CO₂ tinggi di bumi maka akan mencegah panas permukaan keluar ke angkasa luar, yang memiliki efek meningkatkan suhu bumi. Gas-gas seperti CO₂, yang memiliki efek meningkatkan suhu bumi disebut “gas rumah kaca” (Samiaji 2011 dalam Ayu Putri Permata MS & Yogi Septian Malik, 2024). Menurut Rawung (2015), gas CO₂ mempunyai persentase sebesar 50% dalam total Gas Rumah Kaca. Emisi karbon dioksida

adalah pemancaran atau pelepasan gas karbon dioksida (CO₂) ke udara. Emisi CO₂ biasanya dinyatakan dalam setara ton karbon dioksida (CO₂).

Sumber Emisi CO₂

Karbon dioksida merupakan contributor paling signifikan terhadap emisi gas rumah kaca karena secara langsung berkaitan dengan kegiatan ekonomi manusia (Rachmayanti & Mangkoedihardjo, 2020). Emisi yang paling berpengaruh pada kualitas udara adalah emisi karbon, terutama emisi karbon dioksida (CO₂). Dengan meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer, maka akan menyebabkan semakin banyaknya gelombang panas yang dipantulkan dari permukaan bumi diserap oleh atmosfer. Hal ini akan mengakibatkan meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi yang biasa dikenal dengan istilah pemanasan global. Selain itu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH), gerakan penghijauan juga bisa menjadi solusi efektif untuk mengendalikan emisi CO₂ (Ayu Putri Permata MS & Yogi Septian Malik, 2024).

Menurut Pradiptyas dalam (Ramadhanti, 2019) menyatakan bahwa, emisi CO₂ adalah pelepasan gas CO₂ ke udara. Sumber emisi CO₂ dapat digolongkan menjadi 4 macam, yaitu:

- a. Mobile Transportation (sumber bergerak) meliputi kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor, dan penengangan/evaporasi gasoline.
- b. Stationary Combustion (sumber tidak bergerak) meliputi perumahan, daerah perdagangan, tenaga, dan pemasaran industri, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energi oleh industri.
- c. Industrial Processes (proses industri) meliputi antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas, dan penambangan minyak.
- d. Solid Waste Disposal (pembuangan sampah) meliputi buangan rumah tangga, perdagangan, hasil pertambangan, dan pertanian

Infrastruktur transportasi merupakan komponen penting dalam hal pertumbuhan ekonomi. Karena infrastruktur transportasi yang baik dapat mengurangi waktu tempuh, memperlancar perpindahan orang dan mempercepat transportasi barang dan jasa (Sasmita et al., 2021). Namun menurut Jamnongchob et al., (2017) bahwa sektor transportasi merupakan salah satu sektor yang berpengaruh terhadap perubahan iklim, terutama terkait dengan kendaraan yang menggunakan bahan bakar fosil yang menghasilkan gas tentang kebutuhan RTH publik dalam menyerap emisi CO₂. Gas CO₂ yang bila berada di lapisan atmosfer bumi, dapat menyebabkan efek rumah kaca. Transportasi sendiri berkontribusi sebanyak 14% dari emisi CO₂ total di dunia

Dampak Emisi CO₂

a. Dampak terhadap Lingkungan

Peningkatan CO₂ mampu meningkatkan panas bumi. Karbondioksida telah menyumbang 1,5-4,5 oC atau sekitar 60% dari penyebab terjadinya panas bumi. Peningkatan suhu pada atmosfer ini mampu mencapai tiga kali lipat jika tidak ditanggulangi. Hal ini dapat terjadi karena gas CO₂ yang menumpuk menjadi perangkap gelombang radiasi sehingga sebagian panas bumi yang seharusnya dipantulkan ke atmosfer terperangkap di dalam bumi. Apabila proses ini terjadi secara berulang-ulang, suhu rata-rata di bumi akan terus meningkat (Adeyemi et al., 2017).

Pencemaran udara sudah menjadi suatu masalah yang serius, terutama pada kota besar seperti Kota Surabaya. Pencemaran udara akibat aktivitas perkotaan meliputi berbagai macam kegiatan, seperti transportasi, perindustrian, permukiman, dan lain-lain. Kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60%, selebihnya sektor industri 25%, rumah tangga 10%, dan sampah 5% (Kusumawardani & Navastara, 2017).

b. Dampak terhadap Kesehatan Manusia

Batas paparan yang diizinkan untuk CO₂ adalah sebesar 5.000 ppm atau 0,5% selama 8 jam per hari kerja. Apabila paparan CO₂ di atas ambang batas, dapat mempengaruhi masalah pada kesehatan dan konsentrasi manusia. Jika kadar CO₂ dalam darah tinggi (hiperkapnia), pH pada darah akan bertambah asam. Kondisi ini sering disebut dengan kondisi asidosis. Kondisi asidosis pada darah dapat menyebabkan gangguan kerja sistem pernapasan, kardiovaskular, dan sistem saraf pusat. Hal ini dapat menyebabkan cepat lelah, konsentrasi bermasalah, peningkatan denyut jantung, sakit kepala, dan pusing (Bierwirth, 2021).

Faktor Emisi CO₂

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010, faktor emisi adalah besarnya emisi yang dilepaskan ke dalam udara ambien dari suatu kegiatan untuk setiap satuan bahan bakar yang digunakan atau intensitas kegiatan yang dilakukan. Nilai faktor emisi CO₂ pada kegiatan transportasi dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 3 Faktor Emisi CO₂ Menurut Tipe Kendaraan dan Jenis Bahan Bakar yang Digunakan

Tipe Kendaraan/Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (gram/L)
Bensin	
Kendaraan Penumpang	2.597,86
Kendaraan Niaga Kecil	2.597,86

Kendaraan Niaga Besar	2.597,86
Sepeda Motor	2.597,86
Diesel	
Kendaraan Penumpang	2.924,90
Kendaraan Niaga Kecil	2.924,90
Kendaraan Niaga Besar	2.924,90
Lokomotif	2.924,90

Sumber : IPCC, 1996 dalam (Ramadhanti, 2019)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan pendekatan kualitatif. Metode ini bertujuan untuk menjawab rumusan masalah penelitian melalui proses identifikasi, pengkajian, evaluasi, dan penafsiran terhadap artikel penelitian terdahulu yang telah diseleksi berdasarkan kriteria tertentu. Tahapan penelitian mencakup perumusan pertanyaan penelitian sesuai dengan topik yang dipilih, pencarian artikel, seleksi dan pengurangan data/artikel, evaluasi serta pengumpulan data dari artikel yang terpilih, hingga analisis data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peran Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida

a. Konsep dan definisi RTH.

Proses fotosintesis sebagai mekanisme utama penyerapan karbon dioksida oleh vegetasi. Peran vegetasi dalam mengurangi konsentrasi karbon dioksida di udara. Studi kasus atau data tentang kontribusi RTH dalam menyerap emisi karbon di beberapa kota di Indonesia atau dunia. Ruang Terbuka Hijau (RTH) memainkan peran penting dalam menyerap emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari aktivitas manusia, terutama di kawasan perkotaan. RTH didefinisikan sebagai area yang tidak terbangun dan ditanami vegetasi, yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup, menyediakan ruang rekreasi, serta berkontribusi pada keseimbangan ekosistem (Sasmita & Fatatulkhairani, 2019).

Dalam konteks ini, RTH berfungsi sebagai penyerap CO₂ melalui proses fotosintesis, di mana tanaman mengubah CO₂ menjadi oksigen dan biomassa, sehingga membantu mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer (Munfarida & Nurmaningsih, 2019).

Proses fotosintesis adalah mekanisme utama yang memungkinkan vegetasi menyerap CO₂. Selama fotosintesis, tanaman menggunakan energi matahari untuk mengubah CO₂ dan

air menjadi glukosa dan oksigen. Proses ini tidak hanya menghasilkan oksigen yang diperlukan untuk kehidupan, tetapi juga mengurangi jumlah CO₂ di udara, yang merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global (Hermansyah, 2023). Penelitian menunjukkan bahwa RTH yang dikelola dengan baik dapat secara signifikan mengurangi emisi CO₂, dengan beberapa studi menunjukkan bahwa vegetasi dapat menyerap ribuan kilogram CO₂ per tahun (Retnowaty et al., 2018; Abidin et al., 2023)

b. Studi kasus atau data tentang kontribusi RTH dalam menyerap emisi karbon di beberapa kota di Indonesia atau dunia.

Studi kasus di berbagai kota di Indonesia menunjukkan kontribusi signifikan RTH dalam menyerap emisi karbon. Misalnya, di Kota Surabaya, analisis menunjukkan bahwa RTH dapat menyerap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor dengan kapasitas yang cukup besar, tergantung pada luas dan jenis vegetasi yang ada (Lestari, 2019; Ma'arif, 2016).

Di Universitas Negeri Makassar, penelitian menunjukkan bahwa RTH dapat menyerap lebih dari 650.000 gram CO₂ per jam, jauh melebihi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan yang memasuki kampus (Syafitri, 2023). Selain itu, di Kota Pekanbaru, penelitian menunjukkan bahwa dengan pengelolaan RTH yang optimal, kapasitas penyerapan CO₂ dapat ditingkatkan, yang berkontribusi pada pengurangan polusi udara (Ruliyansyah, 2013).

Secara global, RTH juga diakui sebagai komponen penting dalam strategi mitigasi perubahan iklim. Di banyak kota besar di dunia, RTH berfungsi sebagai "paru-paru kota" yang membantu menyaring polutan dan menyediakan oksigen, serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Abidin, 2023; Rachmayanti & Mangkoedihardjo, 2021). Dengan meningkatnya urbanisasi dan emisi dari sektor transportasi, penting untuk terus mengembangkan dan memelihara RTH agar dapat berfungsi secara optimal dalam menyerap emisi karbon dioksida dan menjaga keseimbangan ekosistem perkotaan (Saday et al., 2022).

Dengan demikian, RTH tidak hanya berfungsi sebagai ruang rekreasi dan estetika, tetapi juga sebagai elemen vital dalam pengelolaan kualitas udara dan mitigasi perubahan iklim. Upaya untuk meningkatkan luas dan kualitas RTH di perkotaan harus menjadi prioritas dalam perencanaan kota yang berkelanjutan (Caesarina & Saubari, 2019; Azahra et al., 2022).(Caesarina & Saubari, 2019; Azahra et al., 2022)

Kapasitas Penyerapan Karbon oleh RTH Publik

Kapasitas penyerapan karbon oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH) publik sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis vegetasi, luas area, dan kondisi lingkungan.

- a. Jenis vegetasi yang berbeda memiliki kemampuan yang bervariasi dalam menyerap karbon dioksida (CO₂). Pohon besar, misalnya, memiliki biomassa yang lebih tinggi dan dapat menyimpan lebih banyak karbon dibandingkan dengan semak atau rumput. Penelitian menunjukkan bahwa pohon dapat menyerap CO₂ dalam jumlah yang signifikan, dengan beberapa spesies pohon mampu menyerap hingga 250,63 ton CO₂ per tahun per pohon (Salamah, 2023).
- b. luas area RTH juga berpengaruh; semakin besar area yang tersedia untuk vegetasi, semakin besar potensi penyerapan karbonnya (Puspitojati & Samsedin, 2015).
- c. Kondisi lingkungan, seperti kualitas tanah, ketersediaan air, dan iklim, juga berperan penting dalam efektivitas penyerapan karbon oleh vegetasi (Marisha, 2020).

Analisis efektivitas vegetasi dalam menyerap karbon menunjukkan bahwa pohon besar memiliki kapasitas penyerapan yang jauh lebih tinggi dibandingkan semak dan rumput. Sebuah studi di Kota Bandung menunjukkan bahwa pohon besar dapat menyerap CO₂ hingga 250,63 ton CO₂-eq per tahun, sementara semak dan rumput memiliki kapasitas yang jauh lebih rendah (Salamah, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa untuk memaksimalkan penyerapan karbon, penting untuk mempertahankan dan menanam lebih banyak pohon besar dalam pengelolaan RTH.

Perbandingan kapasitas penyerapan karbon oleh RTH di kota besar dan kota kecil juga menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kota besar seperti Jakarta dan Surabaya, yang memiliki tingkat polusi yang lebih tinggi, memerlukan lebih banyak RTH untuk menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas manusia. Di Jakarta, analisis menunjukkan bahwa RTH yang ada saat ini tidak cukup untuk menyerap semua emisi CO₂ yang dihasilkan, sehingga diperlukan penambahan luas RTH (Filifin et al., 2023). Sebaliknya, kota kecil mungkin memiliki kapasitas yang lebih baik dalam mempertahankan keseimbangan antara pembangunan dan keberadaan RTH, meskipun mereka juga menghadapi tantangan dalam pengelolaan dan pemeliharaan RTH yang ada (Yusuf, 2023).

Studi literatur mengenai tingkat serapan karbon di RTH berbagai kota

Studi literatur mengenai tingkat serapan karbon di RTH berbagai kota menunjukkan bahwa RTH di Jakarta, Bandung, dan Surabaya memiliki kapasitas penyerapan yang bervariasi. Di Jakarta, RTH diperkirakan hanya mampu menyerap sekitar 1,5 juta ton CO₂ per tahun,

sementara di Bandung, kapasitasnya mencapai 600 ribu ton CO₂ per tahun (Cahyani et al., 2021). Di Surabaya, penelitian menunjukkan bahwa RTH dapat menyerap lebih dari 650.000 gram CO₂ per jam, yang menunjukkan potensi besar RTH dalam mengurangi emisi karbon di kota tersebut (Balya, 2024). Dengan demikian, pengelolaan yang baik dan peningkatan luas RTH di kota-kota besar sangat penting untuk mengatasi masalah emisi karbon dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

Dengan mempertimbangkan semua faktor ini, penting bagi perencana kota untuk mengintegrasikan strategi pengelolaan RTH yang berkelanjutan, termasuk penanaman pohon besar dan peningkatan luas RTH, untuk memaksimalkan kapasitas penyerapan karbon dan mendukung upaya mitigasi perubahan iklim (Kurniawati, 2021; Setiowati & Koestoer, 2022).

a. Tantangan dalam Pengelolaan dan Pemanfaatan RTH Publik

1) Keterbatasan luas RTH di kawasan perkotaan.

Pengelolaan dan pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau (RTH) publik di kawasan perkotaan menghadapi berbagai tantangan yang kompleks. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan luas RTH yang tersedia. Di banyak kota, seperti Jakarta, kebutuhan RTH seharusnya mencapai 19.918 ha untuk mendukung populasi yang terus berkembang, namun kenyataannya hanya tersedia sekitar 2.748,81 ha (Filifin et al., 2023). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antara kebutuhan dan ketersediaan RTH, yang diperparah oleh tekanan urbanisasi yang terus meningkat dan pembangunan infrastruktur yang sering kali mengorbankan ruang hijau (Yusuf, 2023; , Setiowati & Koestoer, 2022).

2) Tekanan urbanisasi dan pembangunan infrastruktur yang mengurangi ruang hijau.

Tekanan urbanisasi dan pembangunan infrastruktur tidak hanya mengurangi luas RTH, tetapi juga mengubah fungsi dan kualitas ruang tersebut. Penelitian di Painan menunjukkan bahwa RTH publik yang ada terdiri dari berbagai jenis, namun tidak mencukupi kebutuhan berdasarkan luas wilayah dan jumlah penduduk (Cahyani et al., 2021). Selain itu, kebijakan yang ada sering kali tidak diimplementasikan secara efektif, sehingga RTH tidak dapat berfungsi secara optimal dalam memberikan manfaat ekologis dan sosial (Ernawati, 2016; , Supratiwi, 2019). Misalnya, di Kubu Raya, luas RTH belum mencapai 10% dari total luas wilayah, jauh di bawah amanat yang menetapkan minimal 30% (Irsan & Soeryamssoeka, 2022).

3) Kurangnya pemahaman dan kesadaran masyarakat serta pengambil kebijakan terhadap peran ekologis RTH.

Kurangnya pemahaman dan kesadaran masyarakat serta pengambil kebijakan terhadap peran ekologis RTH juga menjadi masalah signifikan. Banyak masyarakat yang tidak

menyadari pentingnya RTH dalam meningkatkan kualitas hidup dan lingkungan (Lubis & Sulistyarso, 2018). Penelitian menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat dalam pengelolaan RTH masih rendah, yang berdampak pada efektivitas pemeliharaan dan pengelolaan ruang tersebut (Lubis & Sulistyarso, 2018). Selain itu, ada kebutuhan mendesak untuk meningkatkan edukasi dan kesadaran tentang manfaat ekologis RTH, seperti perannya dalam mitigasi perubahan iklim dan penyediaan habitat bagi keanekaragaman hayati (Azahra et al., 2023).

4) Masalah teknis dalam pemeliharaan vegetasi RTH.

Masalah teknis dalam pemeliharaan vegetasi RTH juga menjadi tantangan yang tidak dapat diabaikan. Pemeliharaan yang tidak memadai dapat mengakibatkan penurunan kualitas RTH, yang pada gilirannya mempengaruhi fungsi ekologisnya (Ernawati, 2016; , Syafitri, 2023). Penelitian di Surabaya menunjukkan bahwa pengelolaan yang baik dan pemeliharaan yang teratur sangat penting untuk memastikan RTH tetap berfungsi sebagai ruang publik yang berkualitas (Ernawati, 2016). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dan partisipatif dalam pengelolaan RTH, termasuk peningkatan anggaran dan pengawasan dari pemerintah serta keterlibatan masyarakat (Supratiwi, 2019).

Secara keseluruhan, tantangan dalam pengelolaan dan pemanfaatan RTH publik di kawasan perkotaan mencakup keterbatasan luas, tekanan urbanisasi, kurangnya kesadaran, dan masalah teknis dalam pemeliharaan. Mengatasi tantangan ini memerlukan kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya untuk menciptakan RTH yang lebih efektif dan berkelanjutan.

b. Relevansi RTH dalam Mendukung Keberlanjutan Lingkungan Perkotaan

1) Hubungan antara RTH dan kualitas udara perkotaan.

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan. Salah satu hubungan yang signifikan adalah antara RTH dan kualitas udara perkotaan. RTH berfungsi sebagai penyaring udara dengan menyerap polutan dan emisi karbon dioksida (CO₂), yang berkontribusi pada peningkatan kualitas udara. Penelitian menunjukkan bahwa vegetasi di RTH dapat mengurangi konsentrasi polutan seperti NO₂ dan PM₁₀, yang sering kali tinggi di kawasan urban (Liu & Russo, 2021; . Dengan demikian, keberadaan RTH tidak hanya meningkatkan kualitas udara tetapi juga kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

2) Peran RTH dalam mitigasi perubahan iklim di kawasan urban

Dalam konteks mitigasi perubahan iklim, RTH berperan sebagai penyerap karbon yang efektif. Penelitian di berbagai kota menunjukkan bahwa RTH dapat menyerap emisi CO₂ dalam jumlah yang signifikan, membantu mengurangi jejak karbon kota (Demuzere et al.,

2014). Selain itu, RTH juga berfungsi sebagai penyangga terhadap efek perubahan iklim dengan menyediakan habitat bagi keanekaragaman hayati dan meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap perubahan lingkungan (Battisti et al., 2023). Oleh karena itu, pengelolaan RTH yang baik sangat penting dalam strategi mitigasi perubahan iklim di kawasan urban.

3) Manfaat tambahan RTH: pengurangan efek pulau panas perkotaan, estetika kota, dan penyedia ruang rekreasi.

RTH juga memberikan manfaat tambahan yang tidak kalah penting, seperti pengurangan efek pulau panas perkotaan, peningkatan estetika kota, dan penyediaan ruang rekreasi. RTH dapat menurunkan suhu lingkungan melalui proses evapotranspirasi, yang membantu mengurangi efek pulau panas (Liu et al., 2017). Selain itu, keberadaan RTH meningkatkan nilai estetika kota dan menyediakan ruang bagi masyarakat untuk beraktivitas sosial dan rekreasi, yang berkontribusi pada kualitas hidup yang lebih baik (HAXHIU, 2023). Dengan demikian, RTH tidak hanya berfungsi sebagai ruang hijau tetapi juga sebagai elemen penting dalam perencanaan kota yang berkelanjutan.

4) Kontribusi RTH terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya tujuan terkait aksi iklim dan kota berkelanjutan.

Kontribusi RTH terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) sangat signifikan, terutama dalam tujuan terkait aksi iklim dan kota berkelanjutan. RTH mendukung SDG 11 (Kota dan Komunitas Berkelanjutan) dengan menyediakan ruang yang aman, inklusif, dan berkelanjutan bagi masyarakat. Selain itu, RTH juga berkontribusi pada SDG 13 (Aksi terhadap Perubahan Iklim) dengan mengurangi emisi karbon dan meningkatkan ketahanan kota terhadap dampak perubahan iklim (Demuzere et al., 2014). Oleh karena itu, pengembangan dan pengelolaan RTH yang efektif sangat penting untuk mencapai tujuan-tujuan ini.

c. Studi Literatur tentang Efektivitas RTH dalam Mengurangi Emisi Karbon

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran penting dalam mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) di kawasan perkotaan. Penelitian menunjukkan bahwa RTH dapat berfungsi sebagai penyerap karbon yang efektif, membantu mengurangi dampak negatif dari emisi gas rumah kaca. Salah satu studi yang relevan dilakukan di Kota Banjarmasin, yang menggunakan parameter NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) untuk mengukur efektivitas RTH dalam mereduksi emisi CO₂. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa RTH di Banjarmasin memiliki kapasitas signifikan dalam menyerap emisi karbon, yang berkontribusi pada pengurangan polusi udara Lestari (2019).

Temuan penting lainnya berasal dari penelitian di Kota Surabaya, yang menunjukkan bahwa RTH eksisting di zona tenggara mampu menyerap sekitar 372.121,74 ton CO₂ per

tahun. Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan RTH yang berbasis pada kemampuan serapan emisi karbon, serta perlunya pengembangan RTH yang sesuai dengan karakteristik wilayah untuk memaksimalkan fungsi ekologisnya (Rachmayanti & Mangkoedihardjo, 2021). Selain itu, penelitian di Kota Bontang juga menunjukkan bahwa RTH dapat menyerap emisi dari sektor transportasi, meskipun tantangan tetap ada dalam mengatasi emisi karbon secara keseluruhan (Meidiana, 2024).

Perbandingan pendekatan pengelolaan RTH di negara maju dan berkembang menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam strategi dan implementasi. Di negara maju, pengelolaan RTH sering kali didukung oleh kebijakan yang kuat dan partisipasi masyarakat yang tinggi. Misalnya, di beberapa kota di Eropa, RTH dikelola dengan pendekatan berbasis komunitas yang melibatkan warga dalam perencanaan dan pemeliharaan ruang hijau (Amin et al., 2022). Sebaliknya, di negara berkembang, seperti Indonesia, tantangan yang dihadapi termasuk kurangnya kesadaran masyarakat dan dukungan kebijakan yang memadai. Penelitian di Surabaya menunjukkan bahwa meskipun ada upaya untuk meningkatkan efektivitas RTH, masih terdapat kendala dalam pelaksanaan dan pengelolaan yang optimal (Ernawati, 2016).

Secara keseluruhan, RTH memiliki potensi besar dalam mengurangi emisi karbon di kawasan perkotaan. Namun, untuk mencapai efektivitas maksimal, diperlukan pendekatan yang terintegrasi dan partisipatif dalam pengelolaan RTH, serta peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya ruang hijau dalam mitigasi perubahan iklim. Hal ini menjadi tantangan yang harus diatasi oleh pemerintah dan pemangku kepentingan di negara berkembang untuk menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan.

d. Implikasi dan Rekomendasi

Hasil kajian ini memiliki implikasi yang signifikan terhadap perencanaan tata ruang kota. RTH harus dipertimbangkan sebagai elemen kunci dalam setiap rencana tata ruang, dengan penekanan pada integrasi antara ruang hijau dan pembangunan infrastruktur. Perencanaan yang baik akan memastikan bahwa RTH tidak hanya ada sebagai ruang kosong, tetapi juga berfungsi secara optimal dalam menyediakan layanan ekosistem yang dibutuhkan oleh masyarakat (Battisti et al., 2023).

Rekomendasi untuk pengelolaan RTH yang lebih efektif dan berkelanjutan mencakup peningkatan partisipasi masyarakat dalam perencanaan dan pemeliharaan RTH, serta pengembangan kebijakan yang mendukung keberlanjutan RTH (Prihatini, 2023). Selain itu, perlu ada pendekatan berbasis data untuk mengevaluasi efektivitas RTH dalam menyerap emisi karbon dan meningkatkan kualitas udara (Wang et al., 2018).

Langkah-langkah prioritas dalam pengembangan RTH untuk mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan meliputi peningkatan aksesibilitas RTH bagi semua lapisan masyarakat, pengembangan RTH yang berfokus pada fungsi ekologis dan sosial, serta integrasi RTH dalam strategi mitigasi perubahan iklim (HAXHIU, 2023). Dengan langkah-langkah ini, RTH dapat berkontribusi secara signifikan terhadap keberlanjutan lingkungan perkotaan dan kualitas hidup masyarakat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Ruang Terbuka Hijau (RTH) publik memiliki peran penting dalam mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan melalui penyerapannya terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) dan peningkatan kualitas udara. RTH juga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim, pengurangan efek pulau panas, serta penyediaan habitat bagi biodiversitas. Namun, tantangan seperti keterbatasan luas, tekanan urbanisasi, dan kurangnya kesadaran masyarakat menghambat pengelolaan RTH secara optimal. Oleh karena itu, perlu langkah strategis seperti perluasan RTH, penanaman pohon berkapasitas tinggi dalam menyerap karbon, dan peningkatan partisipasi masyarakat dalam pengelolaannya. RTH juga mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) melalui aksi iklim dan pengembangan kota berkelanjutan. Dengan pengelolaan yang baik, RTH dapat berfungsi secara maksimal dalam menciptakan lingkungan perkotaan yang sehat, berkelanjutan, dan berkualitas.

Saran berdasarkan hasil kajian bahwa pemerintah kota perlu memperluas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dengan mengintegrasikannya ke dalam perencanaan tata ruang, khususnya di daerah dengan tingkat polusi tinggi, serta memilih vegetasi berkapasitas tinggi dalam menyerap karbon dioksida. Edukasi dan kampanye untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya RTH harus diintensifkan, diiringi dengan pengelolaan yang berkelanjutan melalui perawatan rutin dan dukungan teknologi. Kebijakan berbasis data yang mendukung pengelolaan RTH, termasuk insentif bagi sektor swasta, perlu dikembangkan untuk mendorong kontribusi semua pihak. Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta juga sangat penting untuk mendanai dan memanfaatkan RTH secara optimal. Selain itu, RTH harus diintegrasikan ke dalam strategi mitigasi perubahan iklim sebagai elemen penting untuk mengurangi emisi karbon dan meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan.

DAFTAR REFERENSI

- Abidin, M. R., Umar, R., Liani, A. M., Nur, R., Atjo, A. A., Buraerah, M. F., Ashar, A., Amal, A., & Yanti, J. (2023). Identifikasi Kemampuan Ruang Terbuka Hijau Kampus dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida (CO₂). *Sainsmat : Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(2), 104. <https://doi.org/10.35580/sainsmat122509602023>
- Adeyemi, I., Abu-Zahra, M. R. M., & Alnashef, I. (2017). *Novel Green Solvents for CO₂ Capture*. *Energy Procedia*, 114(November 2016), 2552–2560. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1413>
- Agus Ruliyansyah, Yulisa Fitriyaningsih, L. H. V. (2013). Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (Rth) Berdasarkan Serapan Gas Co₂ Di Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v1i1.2105>
- Amin, M., Hilmi, A., & Megawati, S. (2022). Mewujudkan kota ramah lingkungan melalui program green city: studi kasus di kota surabaya. *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, 6(1), 971-975. <https://doi.org/10.22437/jssh.v6i1.21222>
- Ayu Putri Permata MS, & Yogi Septian Malik. (2024). Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik dalam Menyerap Emisi Karbondioksida (CO₂) dari Kegiatan Transportasi di Kecamatan Bukit Raya Pekanbaru. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(3), 81–90. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i3.303>
- Azahra, S. D., Rushayati, S. B., & Destiana, D. (2022). Green Open Spaces as Butterfly Refuge Habitat: Potential, Issues, and Management Strategies for Butterfly Conservation in Urban Areas. *Berkala Sainstek*, 10(4), 227. <https://doi.org/10.19184/bst.v10i4.33123>
- Balya, H. (2024). Pengadaan ruang terbuka hijau (analisis terhadap peraturan daerah kabupaten lombok tengah nomor 7 tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah kabupaten lombok tengah 2011-2031). *ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 2(4), 295-302. <https://doi.org/10.55681/armada.v2i4.1295>
- Battisti, L., Larcher, F., & Devecchi, M. (2023). Urban green management plan: guidelines for european cities. *Frontiers in Horticulture*, 2. <https://doi.org/10.3389/fhort.2023.1105159>
- Bierwirth, P. (2021). Carbon dioxide toxicity and climate change: a major unapprehended risk for human health. *Research Gate Working Paper*, March, 1–25. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16787.48168>
- Caesarina, H. M., & Saubari, N. (2019). Peran Ruang Terbuka Hijau Dalam Perencanaan Kota Sebagai Potensi Pembentuk Smart City. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(1), 28–39. <https://doi.org/10.20527/jukung.v5i1.6202>
- Cahyani, A. T., Yulfa, A., & Rifkaldi, R. (2021). Evaluasi ketersediaan ruang terbuka hijau publik perkotaan painan. *Seminar Nasional Geomatika*, 423. <https://doi.org/10.24895/sng.2020.0-0.1157>
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., ... & Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146,

107-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>

- Dwihatmojo, R. (2016). Ruang Terbuka Hijau Yang Semakin Terpinggirkan. 4.
- Ernawati, R. (2016). Optimalisasi fungsi ekologis ruang terbuka hijau publik di kota surabaya. *Emara Indonesian Journal of Architecture*, 1(2), 60-68. <https://doi.org/10.29080/emara.v1i2.8>
- Filifin, P., Astra, I. M., & Budiaman, B. (2023). Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau di jakarta. *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan*, 17(2), 152. <https://doi.org/10.35931/aq.v17i2.1966>
- Handayani, W., Hardiman, G., & Buchari, D. I. (2015). Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Publik Kota Pacitan. *Momentum*, 11(2), 69–75.
- HAXHIU, L. (2023). A gis-based analysis of the urban green space accessibility case study: administrative area no.6, tirana, albania., 194-203. <https://doi.org/10.37199/c41000115>
- Hermansyah, B. (2023). Studi Emisi Karbon Dari Kendaraan Bermotor Dan Daya Serap Karbon Dari Pohon Di Pt Komatsu Undercarriage Indonesia. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 2(9), 1572–1585. <https://doi.org/10.59188/jcs.v2i9.510>
- Hidayati, N., Reza, M., Juhaeti, T., & Mansur, M. (2017). Serapan Karbondioksida (CO₂) Jenis-Jenis Pohon di Taman Buah “Mekar Sari” Bogor, Kaitannya dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Biologi Indonesia*, 7(1), 133–145. https://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/jurnal_biologi_indonesia/article/view/3134/2721
- Irsan, R. and Soeryamssoeka, S. (2022). Kajian perubahan penggunaan lahan terhadap kebutuhan dan ketersediaan lingkungan ruang terbuka hijau di kecamatan sungai raya. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 6(2), 176-185. <https://doi.org/10.26760/jrh.v6i2.176-185>
- Jamnongchob, A., Duangphakdee, O., & Hanpattanakit, P. (2017). CO₂ emission of tourist transportation in Suan Phueng Mountain, Thailand. *Energy Procedia*, 136, 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.300>
- Kurniawati, U. F. (2021). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap besaran stok karbon di kota surabaya. *Jurnal Penataan Ruang*, 16(1), 54. <https://doi.org/10.12962/j2716179x.v16i1.8951>
- Kusumawardani, D., & Navastara, A. M. (2017). Analisis Besaran Emisi Gas CO₂ Kendaraan. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 399–402.
- Lestari, E. (2019). Efektivitas ruang terbuka hijau dalam mereduksi emisi gas karbon di kota banjarmasin, kalimantan selatan. *Seminar Nasional Geomatika*, 3, 397. <https://doi.org/10.24895/sng.2018.3-0.979>
- Liu, O. and Russo, A. (2021). Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102772. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102772>
- Liu, Y., Li, J., & Su, L. (2017). An evaluation on urban green space system planning based on thermal environmental impact. *Current Urban Studies*, 05(01), 68-81.

<https://doi.org/10.4236/cus.2017.51005>

- Lubis, A. and Sulistyarso, H. (2018). Strategi peningkatan efektivitas ruang terbuka hijau di perumahan wisma gunung anyar surabaya. *Jurnal Teknik Its*, 7(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28924>
- Lukita, C. W., Hermana, J., & Boedisantoso, R. (2015). Inventarisasi Serapan Karbon Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kota Malang , Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, 1–7. <http://mmt.its.ac.id/publikasi/?p=4474>
- Ma'arif, A. (2016). Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau untuk menyerap emisi co2 kendaraan bermotor di surabaya (studi kasus: koridor jalan tandes hingga benowo). *Jurnal Teknik Its*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18853>
- Maliyo, V. I. T., 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. <https://doi.org/10.30598/10.30598.jhppk.2022.6.1.109>
- Marisha, S. (2020). Analisis kemampuan pohon dalam menyerap co2 dan menyimpan karbon pada jalur hijau jalan di subwilayah kota tegalega, kota bandung.. <https://doi.org/10.31226/osf.io/w6mhu>
- Meidiana, C. (2024). Daya serap ruang terbuka hijau perkotaan terhadap emisi sektor transportasi.. *STTI*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.47134/stti.v1i1.2411>
- Munfarida, I., & Nurmaningsih, D. R. (2019). Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Konsentrasi Karbondioksida (O₂) Dan Pemenuhan Oksigen (O₂) Di Kampus Uin Sunan Ampel Surabaya. Al-Ard: *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(2), 18–27. <https://doi.org/10.29080/alard.v4i2.476>
- Prihatini, J. (2023). Community participation and role in the management of public green open space (rth) in cihideung district, tasikmalaya city, west java province. *IJABIM*. <https://doi.org/10.32535/ijabim.v8i3.2658>
- Puspitojati, T. and Samsuodin, I. (2015). Kajian pengembangan ruang terbuka hijau di kota bandung. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 12(1), 55-66. <https://doi.org/10.20886/jakk.2015.12.1.55-66>
- Rachmayanti, L. and Mangkoedihardjo, S. (2021). Evaluasi dan perencanaan ruang terbuka hijau (rth) berbasis serapan emisi karbon dioksida (co₂) di zona tenggara kota surabaya (studi literatur dan kasus). *Jurnal Teknik Its*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54854>
- Rachmayanti, L., & Mangkoedihardjo, S. (2020). Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) di Zona Tenggara Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus). *Jurnal Teknik ITS*, 9(2)
- Rachmayanti, L., & Mangkoedihardjo, S. (2021). Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) di Zona Tenggara Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus). *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54854>

- Ramadhanti, C. I. (2019). Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Untuk Menyerap Emisi Co₂ Di Kota Pekalongan. 1–97.
- Rambaradellangga, A. (2017). Analisis Kemampuan RTH Dalam Mereduksi Co₂ Dan Suhu Udara Serta Pengaruhnya Terhadap Tingkat Kenyamanan Kampus Universitas Brawijaya. *Skripsi*, 1–59.
- Rawung, C. F. (2015). Efektivitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK). *Jurnal Media Matrasain*, 12(2), 17–32.
- Retnowaty, S. F., Saputri, O., -, E., & -, W. (2018). Analisa Laju Pertumbuhan Emisi Co₂ Kota Pekanbaru Dengan Menggunakan Powersim. Photon: *Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 4(2), 59–66. <https://doi.org/10.37859/jp.v4i2.182>
- Sadayi, D., Naufal Rofi, M., Purnomo, E. P., Fathani, A. T., Bonde, D. A., & Salsabila, L. (2022). Peningkatan Peran Serta Komunitas Pecinta Lingkungan dalam Pemenuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Depok. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Lingkungan Dan Pembangunan*, 22(02), 39–45. <https://doi.org/10.21009/plpb.222.04>
- Salamah, S. and Cahyonugroho, O. H. (2023). Strategi optimalisasi jalur hijau dalam peningkatan potensi sekuestrasi co₂ (studi kasus: jalan jagir wonokromo). *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 233-243. <https://doi.org/10.36813/jplb.7.3.233-243>
- Sasmita, A., & Fatatulhairani, F. (2019). Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Penyerapan Emisi Karbondioksida dari Sektor Transportasi di Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau. Al-Ard: *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 26–35. <https://doi.org/10.29080/alard.v5i1.517>
- Sasmita, A., Reza, M., Gitami, P. A., Harimurti, A., & Putri, A. (2021). Analisis kemampuan ruang terbuka hijau publik menyerap emisi karbon dioksida dari kegiatan transportasi di kota pekanbaru. *Jurnal Sains Dan Teknologi* 20, 20(1), 33–42.
- Setiowati, R. and Koestoer, R. (2022). Review kebijakan penggunaan ruang terbuka hijau perkotaan antara jakarta dengan new york pada pandemi covid-19. *Jurnal Tataloka*, 24(1), 15-24. <https://doi.org/10.14710/tataloka.24.1.15-24>
- Setyati, R., & Utomo, W. (2015). Implementasi Kebijakan Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perumahan Kota Banjarbaru. *JKAP (Jurnal Kebijakan Dan Administrasi Publik)*, 19(1), 59. <https://doi.org/10.22146/jkap.7534>
- Sudarwani, M. M., & Ekaputra, Y. D. (2017). Kajian Penambahan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 19(1), 47–56. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v19i1.10493>
- Supratiwi, S. (2019). Studi ruang terbuka hijau dalam kebijakan pengelolaan lingkungan hidup pemerintah kota semarang. *Jiip Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 3(2), 89. <https://doi.org/10.14710/jiip.v3i2.3878>
- Syafitri, E. (2023). Analisis ruang terbuka hijau publik terdampak banjir di kota balikpapan. *Specta Journal of Technology*, 7(1). <https://doi.org/10.35718/specta.v7i1.814>

- Syafitri, E. D., Lady, G., Dewanti, A. N., & Tufail, D. N. (2023). Analisis ruang terbuka hijau publik terdampak banjir di kota balikpapan. *SPECTA Journal of Technology*, 7(1). <https://doi.org/10.35718/specta.v7i1.814>
- Wang, Y., Shen, J., & Xiang, W. (2018). Ecosystem service of green infrastructure for adaptation to urban growth: function and configuration. *Ecosystem Health and Sustainability*, 4(5), 132-143. <https://doi.org/10.1080/20964129.2018.1474721>
- Yusuf, M. (2015). Kemampuan penyerapan gas CO₂ beberapa jenis tanaman pada ruang terbuka hijau di Kota Makassar (*Doctoral dissertation, Tesis*). Makassar: Universitas Hasanuddin).