

## Strategi optimalisasi jalur hijau dalam peningkatan potensi sekuestrasi CO<sub>2</sub> (studi kasus: Jalan Jagir Wonokromo)

### *Green line optimization strategy to Increase CO<sub>2</sub> sequestration potential (case study: Jagir Street Wonokromo)*

Shalzafatihah Salamah<sup>1</sup>, Okik Hendriyanto Cahyonugroho<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

#### **Abstrak.**

Jalan Jagir Wonokromo di Kota Surabaya, Jawa Timur merupakan jalan arteri sekunder dengan rata-rata kepadatan lalu lintas mencapai 120.000 unit per hari dan dikelilingi oleh kawasan perkantoran, pemukiman, dan perdagangan. Kondisi berikut menyebabkan banyaknya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari aktivitas antropogenik yang terjadi. Jalur hijau merupakan solusi serta mitigasi yang tepat dalam menanggulangi permasalahan tersebut sehingga penting untuk diketahui kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> dari vegetasi serta strategi optimalisasi yang dapat diterapkan. Penelitian dilakukan pada rentang bulan Maret – April 2023 dengan observasi komposisi dan komponen vegetasi sebagai dasar estimasi serapan karbon dengan pendekatan persamaan allometrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> vegetasi jalur hijau jalan Jagir Wonokromo sebesar 250,63 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun yang merupakan jumlah cukup bagi kebutuhan penyerapan CO<sub>2</sub> di lokasi tersebut. Strategi optimalisasi yang dilakukan meliputi intensifikasi, ekstensifikasi dan mitigasi.

#### **Abstract.**

*Jalan Jagir Wonokromo in Surabaya City, East Java is a secondary arterial road with an average traffic density of 120,000 units per day and is surrounded by office, residential and commercial areas. The following conditions cause a lot of CO<sub>2</sub> emissions resulting from anthropogenic activities that occur. The green line is the right solution and mitigation in tackling this problem, so it is important to know the ability to absorb CO<sub>2</sub> from vegetation and the optimization strategy that can be applied. The research was conducted in the range from March to April 2023 with observations of composition and vegetation components as the basis for estimating carbon uptake using an allometric equation approach. Based on the research conducted, the CO<sub>2</sub> absorption capability of the Jagir Wonokromo green line vegetation is 250,63 ton CO<sub>2</sub>-eq/year, which is a sufficient amount for CO<sub>2</sub> absorption needs at that location. The optimization strategy undertaken includes intensification, extensification and mitigation.*

*Keywords: green open space, green belt, CO<sub>2</sub> sequestration.*

Kata kunci: RTH, jalur hijau, sekuestrasi CO<sub>2</sub>

## **1. PENDAHULUAN**

Jalur hijau merupakan jenis Ruang Terbuka Hijau yang terletak di sisi dan tengah jalan dengan fungsi menunjang aktivitas pembangunan dan transportasi perkotaan yang berkelanjutan serta optimal dari tinjauan lingkungan (Aman *et al.* 2022). Area ini menjalankan peranan ruang terbuka hijau berupa resapan air hujan, stabilisator udara, produksi oksigen serta penahan angin sehingga dapat menjaga keseimbangan iklim melalui kemampuan penyerapan emisi oleh vegetasi (Sinambela 2020). Emisi gas rumah kaca berupa gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) kontribusinya mencapai 70% dari keseluruhan emisi yang berada di atmosfer (Fletcher and Smith 2020). Konsentrasi yang tinggi menyebabkan potensi pemanasan global dalam tingkat radiasi yang terpengaruh peningkatannya (Rahman *et al.* 2020).

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : okikhc@upnjatim.ac.id

Penyerapan emisi gas karbon dioksida oleh vegetasi jalur hijau, dilakukan melalui proses fotosintesis. Zat tersebut dibutuhkan vegetasi untuk dapat menjalankan mekanisme serta penyimpanan energi untuk meningkatkan pertumbuhan fisiologisnya (Sukmawati *et al.* 2015). Selanjutnya, energi berupa biomassa dapat dijadikan sebagai indikator produktivitas vegetasi dalam menyerap CO<sub>2</sub> (Komolafe *et al.* 2020).

Penyerapan CO<sub>2</sub> oleh vegetasi jalur hijau pada lokasi jalan Jagir Wonokromo merupakan sebuah mitigasi serta solusi dalam pengurangan kadar konsentrasi emisi CO<sub>2</sub> yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar transportasi, kegiatan pemukiman, perdagangan, dan perkantoran di sekitarnya. Jalan Jagir Wonokromo merupakan jalan arteri sekunder yang dilewati lebih dari 120.000 unit per harinya. Jalur hijau pada jalan tersebut terletak di sisi kanan dan kiri dengan komposisi ragam vegetasi serta klasifikasi umur yang bervariasi. Sementara itu, kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> dari jalur hijau dipengaruhi oleh komposisi vegetasi, rentang umur vegetasi, lokasi geografis, karakteristik tanah serta faktor iklim (Gebrewahid and Meressa 2020).

Analisis kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> vegetasi serta strategi optimalisasi bagi jalur hijau adalah sebuah urgensi yang perlu dilakukan untuk meningkatkan potensi sekuestrasi CO<sub>2</sub> oleh vegetasi. Penerapan dan pelaksanaan kegiatan ini akan menjadi referensi dalam penyelesaian isu tingginya konsentrasi gas rumah kaca dan pemanasan global yang masif terjadi di berbagai area.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian**

Penelitian berlokasi di jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo, Surabaya, Jawa Timur sebagai RTH Publik yang berfungsi sebagai penyeimbang lingkungan pada daerah yang dilalui transportasi (**Gambar 1** dan **Gambar 2**). Waktu pelaksanaan penelitian adalah Maret–April 2023.



**Gambar 1.** Lokasi penelitian Jalan Jagir Wonokromo.



**Gambar 2.** Jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo.

**2.2. Metode pengumpulan data**

Pengumpulan data yang meliputi identifikasi vegetasi jalur hijau, pengukuran *diameter at breast height* (DBH), dan pengukuran keliling pohon (**Tabel 1**). Data didapatkan melalui observasi langsung dan data sekunder Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya untuk menunjang keabsahan data penelitian.

**Tabel 1.** Data penelitian.

No	Data	Sumber
1	Identifikasi vegetasi	Observasi dan inventarisasi DLH Kota Surabaya
2	<i>Diameter at breast height</i> (DBH)	Observasi langsung
3	Keliling pohon	Observasi langsung

**2.3. Prosedur analisis data**

Penelitian menggunakan teknik matematis berupa persamaan allometrik yang digunakan untuk menunjukkan hasil besaran biomassa, karbon tersimpan, dan serapan karbon oleh vegetasi jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo. Persamaan yang digunakan mengacu pada Ketterings *et al.* (2001) dan Sutaryo (2009) (**Persamaan 1**, **Persamaan 2** dan **Persamaan 3**):

$$W = 0,11 \times p \times Dbh^{2,62} \dots\dots\dots(1)$$

$$Cb = W \times \% C \text{ Organik} \dots\dots\dots(2)$$

$$CO_2 = Cb \times 3,67 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

W	: Total biomassa (kg)
$\rho$	: Berat jenis kayu (gr/cm <sup>3</sup> )
Dbh	: Diameter tinggi dada (cm)
Cb	: Kandungan karbon tersimpan (kg)
% C organik	: Persentase kandungan karbon sebesar 0,47.
CO <sub>2</sub>	: Serapan karbon (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Cb	: Kandungan karbon tersimpan (kg)
3,67	: Angka ekuivalen unsur karbon (C) ke CO <sub>2</sub>

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Identifikasi vegetasi jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo

Pada lokasi penelitian jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo sepanjang 300 m ditemukan 4 vegetasi yakni Trembesi (*Samanea saman*), Angsana (*Pterocarpus indicus*), Bintaro (*Cerbera manghaas*), dan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*). Jumlah masing-masing vegetasi secara berurutan adalah 46 individu, 16 individu, 40 individu, dan 3 individu. Keempat jenis vegetasi memiliki kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> dalam efisiensi yang berbeda-beda.

Sebuah pohon trembesi dapat menyerap sekitar 28,5 ton gas CO<sub>2</sub> setiap tahunnya, yang secara efektif membantu mengurangi konsentrasi gas ini dan berperan sebagai penyeimbang dalam kondisi lingkungan (Indriani *et al.* 2021). Sementara itu kemampuan penyerapan karbon dioksida angšana lebih tinggi daripada mahoni (*Swietenia macrophylla King.*) dan kayu putih (*Melaleuca leucadendron L.*) (Pane *et al.* 2016). Bintaro (*Cerbera manghas*) merupakan salah satu vegetasi pelindung jalan dengan kemampuan penyerapan karbon dioksida mencapai 16,42  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{detik}$  (Mansur dan Pratama, 2014). Lamtoro menyerap CO<sub>2</sub> sebanyak 1,278 ton pada areal seluas 0,2 ha. Klasifikasi vegetasi jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo terbagi ke dalam tingkat tiang dan pohon karena rata-rata pohon memiliki diameter 10 – 20 cm atau lebih dari 20 cm (**Tabel 2**).

**Tabel 2.** Klasifikasi vegetasi jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo.

Jenis Vegetasi	Tingkat	Diameter	Jumlah
Trembesi	Tiang	10 - 20 cm	1
	Pohon	> 20 cm	45
Angsana	Tiang	10 - 20 cm	1
	Pohon	> 20 cm	10
Bintaro	Tiang	10 - 20 cm	33
	Pohon	> 20 cm	7
Lamtoro	Pohon	> 20 cm	3

### 3.2. Biomassa, stok karbon, dan serapan karbon

Kadar biomassa, stok karbon, dan serapan karbon ditentukan dengan memasukkan data *diameter at breast high* dan berat jenis kayu ke dalam persamaan allometrik yang telah ditentukan sehingga menghasilkan estimasi totalnya. Trembesi, dengan total 46 individu, memiliki kemampuan penyerapan karbon sebesar 199,75 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun. Di sisi lain, angsana, dengan total 11 individu, memiliki kemampuan penyerapan karbon sebesar 34,95 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun, yang lebih tinggi daripada Lamtoro yang memiliki kemampuan penyerapan sebesar 12,27 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun dengan total 3 individu, dan Bintaro yang memiliki kemampuan penyerapan sebesar 3,65 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun dengan total 40 individu (**Tabel 3**).

**Tabel 3.** Biomassa, karbon tersimpan, dan serapan karbon.

Jenis Vegetasi	Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Biomassa (ton/tahun)	Karbon Tersimpan (ton/tahun)	Serapan Karbon (ton CO <sub>2</sub> -eq /tahun)
Trembesi ( <i>Samanea saman</i> )	0,60	108,857	54,43	199,75
Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> )	0,65	19,048	9,520	34,95
Bintaro ( <i>Cerbera manghas</i> )	0,30	1,989	0,994	3,65
Lamtoro ( <i>Leucaena leucocephala</i> )	0,68	6,686	3,340	12,27
<b>Total</b>		<b>136,600</b>	<b>68,3</b>	<b>250,63</b>

Trembesi memiliki kontribusi terbesar dalam penyerapan karbon di Jalan Jagir Wonokromo. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat vegetasi pohon yang didominasi oleh pohon dengan diameter batang lebih dari 20 cm. Disisi lain, Bintaro memiliki kontribusi terendah dalam penyerapan karbon, yang disebabkan oleh tingkat vegetasi pohon yang didominasi tingkat tiang, dengan diameter batang kurang dari 20 cm.

Dalam penilaian biomassa tanaman, batang dianggap mewakili sekitar 73% dari total biomassa rata-rata tanaman. Oleh karena itu, estimasi biomassa sangat bergantung pada diameter batang, yang juga dipengaruhi oleh faktor umur tanaman. Penelitian oleh Lokbere *et al.* (2017) menekankan bahwa hasil biomassa yang tinggi memiliki korelasi positif dengan ukuran lingkaran batang, karena karbohidrat hasil fotosintesis disimpan terutama di batang. Sebagian karbon yang dihasilkan oleh tanaman digunakan sebagai bahan bakar dalam proses kehidupan tanaman, sementara sebagian lainnya disimpan dalam struktur tanaman. Sebagai contoh, selulosa, yang merupakan molekul gula, menjadi zat penyusun kayu pada batang tanaman (Santoso *et al.* 2021). Menurut Danial *et al.* (2019) kondisi fisiologis tanaman, seperti umur dan diameter batang, mempengaruhi jumlah biomassa, penimbunan karbon, dan penyerapan karbon oleh tanaman.

### **3.3. Strategi optimalisasi Ruang Terbuka Hijau Jalan Jagir Wonokromo**

Strategi optimalisasi ruang terbuka hijau direncanakan dengan 3 cara, yakni intensifikasi, ekstensifikasi, dan mitigasi. Intensifikasi merupakan perbaikan komposisi dengan pertimbangan kualitas penyerapan CO<sub>2</sub>-nya. Ekstensifikasi merupakan perbaikan yang terfokus pada perluasan lahan Ruang Terbuka Hijau. Mitigasi merupakan perbaikan dalam aspek pemeliharaan dan pencegahan kerusakan.

#### **3.3.1. Intensifikasi**

Strategi diterapkan pada lokasi penelitian Jalan Jagir Wonokromo dengan memanfaatkan lahan dari pohon mati (dalam tingkat tiang) sebanyak 10 individu dari jenis Bintaro (*Cerbera manghas*). Hasil perhitungan menunjukkan Trembesi (*Samanea saman*) memiliki potensi penyerapan CO<sub>2</sub> terbesar, untuk itu komposisi pohon mati dapat diganti dengan penanaman trembesi baru. Selanjutnya, lahan kosong yang luasnya terlalu sedikit untuk ditanami pohon baru dapat ditanami tumbuhan semak *Salvia nemorosa* yang memiliki kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> 1.091,7 kg CO<sub>2</sub>-eq/tahun dalam luas area 16,33 m<sup>3</sup> (Marchi *et al.* 2015). Jika strategi diterapkan jumlah serapan CO<sub>2</sub> jalur hijau akan meningkat sebanyak 1240,71 kg CO<sub>2</sub>-eq /tahun (**Tabel 4**).

**Tabel 4.** Strategi intensifikasi.

No.	Data	Vegetasi			
		Trembesi		<i>S. nemorosa</i>	
1	Diameter	10	cm		
2	Massa jenis	0,6	gr/cm <sup>3</sup>		
3	Biomassa	27,51	kg/tahun		
4	Karbon tersimpan	13,75	kg/tahun	18,22	kg/tahun
5	Serapan CO <sub>2</sub>	50,5	kg/tahun	66,85	kg/tahun
6	Total serapan 10 pohon	504,9	kg/tahun	668,53	kg/tahun
<b>Total</b>		<b>1240,72</b>		<b>kg/tahun</b>	
		<b>1,24</b>		<b>ton/tahun</b>	

### 3.3.2. Ekstensifikasi

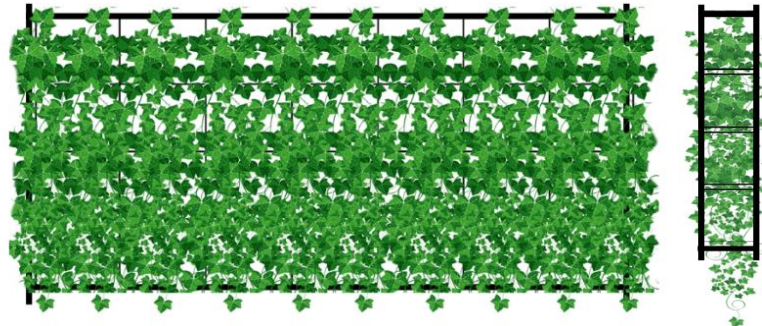
Perluasan secara horizontal sudah tidak memungkinkan untuk dilakukan pada jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo. Hal ini dikarenakan setiap lahan telah memiliki fungsi masing-masing sebagai wilayah pemukiman, perkantoran, perdagangan, dan transportasi. Strategi yang dapat dilakukan adalah perluasan secara vertikal dengan *Vertical Greening System* (VGS). VGS dirancang untuk melakukan penghijauan pada lahan yang vertikal (Wang *et al.* 2022). Awalnya hanya berupa tanaman merambat pada dinding atau fasad bangunan, namun dikembangkan dengan teknologi memadai untuk mendukung penanaman berbagai varietas dengan panel dan wadah.

Pada jalur hijau Jalan Jagir Wonokromo, VGS yang dapat diterapkan berupa panel rangka dengan penanaman tumbuhan merambat daun Ivy (*Hedera helix*). Penelitian oleh Syafiq (2017) yang menyatakan vegetasi ini mampu menyerap 2351 kg CO<sub>2</sub>/tahun pada luasan 1000 m<sup>2</sup>. Panel rangka direncanakan berjumlah 35 unit dengan ukuran 20 m x 2,5 m dan jarak per unit 5 m sehingga mampu meningkatkan serapan CO<sub>2</sub> sebanyak 4.114,25 kg CO<sub>2</sub>-eq/tahun atau setara dengan 4,114 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun (Tabel 5).

**Tabel 5.** Strategi ekstensifikasi.

No	Data	Jumlah	Satuan
1	Panel	35	Unit
2	Luas panel	50	m <sup>2</sup>
3	Total luas	1.750	m <sup>2</sup>
4	Penyerapan CO <sub>2</sub>	4.114,25	kg CO <sub>2</sub> -eq/tahun
		4,114	ton CO <sub>2</sub> -eq/tahun

VGS yang direncanakan sebagai bentuk ekstensifikasi secara vertikal memiliki bentuk panel dengan rangka jaring yang mampu menjadi tempat rambatan bagi daun Ivy (**Gambar 3**).



**Gambar 3.** Visualisasi *Vertical Greening System* tampak depan (kiri) dan tampak samping (kanan).

### 3.3.3. Mitigasi

Mitigasi dilakukan berdasarkan PerMenPU Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau, perawatan yang dapat dilakukan adalah pemupukan, penyiraman, dan pemangkasan. Pemupukan adalah proses memberikan tambahan unsur hara kepada tanaman agar tidak kekurangan nutrisi. Jenis pupuk yang digunakan bisa berupa pupuk organik maupun pupuk anorganik. Melalui pemupukan yang efektif, pertumbuhan tanaman dapat ditingkatkan dengan lebih cepat. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah pemupukan dengan menggunakan biopori (Prinajati 2019). Biopori merupakan lubang-lubang vertikal yang dibuat di dekat akar tanaman dengan diameter kurang dari 20 cm, sehingga nutrisi yang dibutuhkan tanaman dapat tercukupi melalui kompos yang ditempatkan di dalam lubang biopori.

Penyiraman memiliki tujuan untuk menjaga keseimbangan laju evapotranspirasi dan membantu melarutkan garam mineral yang diperlukan dalam proses fotosintesis tanaman. Biasanya, penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari. Pemangkasan memiliki tujuan untuk mengontrol pertumbuhan tanaman sehingga kesehatan dan keamanannya dapat terjaga. Proses pemangkasan dapat dilakukan pada tanaman pada tingkat pancang maupun semai. Dengan melakukan pemangkasan, tanaman dapat diatur bentuknya, menghilangkan bagian yang rusak atau mati, dan mendorong pertumbuhan yang lebih baik. Pemangkasan merupakan salah satu metode penting dalam perawatan tanaman yang membantu mempertahankan kualitas dan produktivitas tanaman.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kemampuan penyerapan CO<sub>2</sub> dari vegetasi jalur hijau pada jalan Jagir Wonokromo memiliki kadar 250,63 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun. Kadar tersebut masih memenuhi kebutuhan penyerapan CO<sub>2</sub> bagi lokasi di sekitarnya. Strategi optimalisasi dalam rangka peningkatan kemampuan dapat dilakukan dengan 3 cara, yakni intensifikasi komposisi vegetasi, ekstensifikasi secara vertikal, serta mitigasi berupa perawatan dan pemeliharaan RTH.

Penelitian selanjutnya dapat membahas lebih lanjut mengenai biomassa pada keseluruhan bagian pohon pada ruang terbuka hijau, melakukan perencanaan RTH pada lahan yang membutuhkan fungsinya serta dapat melakukan pengkajian detail mengenai efisiensi strategi optimalisasi lainnya yang sudah pernah diterapkan sehingga didapatkan rekomendasi yang sesuai.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aman A, Rafiq M, Dastane O and Sabir AA. 2022. Green corridor: a critical perspective and development of research agenda. *Frontiers in Environmental Science* 10:1–6. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.982473>
- Danial, Wahyuni I dan Asyari M. 2019. Pendugaan karbon tersimpan pada permukaan tanah di berbagai jalur hijau Kecamatan Banjarbaru Utara Kota Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scienteae* 2(4) 667–674.
- Fletcher WD and Smith CB. 2020. Introduction in reaching net zero. Elsevier. Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823366-5.00001-4>
- Gebrewahid Y and Meressa E. 2020. Tree species diversity and its relationship with carbon stock in the parkland agroforestry of Northern Ethiopia. *Cogent Biology* 6(1):1728945. <https://doi.org/10.1080/23312025.2020.1728945>
- Indriani A, Polii BJV and Ogie T. 2021. Potensi daun trembesi (*Albizia sama* (Jacq.) Merr.) sebagai bioakumulator logam berat timbal (Pb) di Kota Manado. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan* 2(2):21–31.
- Ketterings QM, Coe R, van Noordwijk M, Ambagau Y and Palm CA. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146(1–3):199–209. <https://doi.org/10.1016/S0378->

1127(00)00460-6

- Komolafe ET, Chukwuka KS, Obiakara MC and Osonubi O. 2020. Carbon stock and sequestration potential of Ibodi monkey forest in Atakumosa, Osun state, Nigeria. *Trees, Forests and People* 2:100031. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100031>
- Lokbere M, Pollo HN dan Tasirin JS. 2017. Estimasi biomassa pohon mahoni di areal UNSRAT. *COCOS* 9(6):321–329. <https://doi.org/https://doi.org/10.35791/cocos.v1i2.20116>
- Mansur M dan Pratama BA. 2014. Potensi serapan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) pada jenis-jenis pohon pelindung jalan. *Jurnal Biologi Indonesia* 10(2):149–158.
- Marchi M, Pulselli RM, Marchettini N, Pulselli FM and Bastianoni S. 2015. Carbon dioxide sequestration model of a vertical greenery system. *Ecological Modelling* 306:46–56. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.013>
- PerMenPU (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum) Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau.
- Prinajati PD. 2019. Analisis ruang terbuka hijau terhadap penyerapan emisi karbondioksida. *Envirosan - Jurnal Teknik Lingkungan* 2(1):34–41.
- Rahman, Effendi H, Rusmana I, Yulianda F dan Wardiatno Y. 2020. Pengelolaan ekosistem mangrove untuk ruang terbuka hijau sebagai mitigasi gas rumah kaca di kawasan Sungai Tallo Kota Makassar. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 10(2):320–328. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.2.320-328>
- Santoso N, Sutopo, Pambudi GP, Danarta VF, Wibisono RA, Astuti TP dan Wicaksono DA. 2021. Pendugaan biomassa dan serapan karbon di beberapa areal Taman Hutan Kota Jakarta, Bekasi, dan Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 18(1):35–49.
- Sinambela NR. 2020. Kajian literatur ruang terbuka hijau terhadap kebutuhan oksigen. *Pondasi* 25(2):137-156. <https://doi.org/10.30659/pondasi.v25i2.13040>
- Sukmawati T, Fitrihidajati H dan Indah NK. 2015. Penyerapan karbon dioksida pada tanaman hutan kota di Surabaya. *Lentera Bio* 4(1):108-111. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Sutaryo D. 2009. Penghitungan biomassa: Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. *Wetlands International Indonesia Programme*. Bogor.
- Syafiq M. 2017. Perancangan taman vertikal pada lingkungan koridor padat kota

dengan pendekatan konsep sustainable urban landscape (studi kasus: koridor Jalan Basuki Rahmat) [tesis]. Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Wang P, Wong YH, Tan CY, Li S and Chong WT. 2022. Vertical greening systems: technological benefits, progresses and prospects. *Sustainability* 14(20):12997. [https://doi.org/ 10.3390/su142012997](https://doi.org/10.3390/su142012997)