

PENDEKATAN EKONOMI HIJAU DALAM PENGELOLAAN REDUKSI EMISI KARBON OLEH TUMBUHAN DI KOTA CILEGON

GREEN ECONOMY APPROACH IN MANAGING CARBON EMISSION REDUCTION BY PLANTS IN CILEGON CITY

Mahdani^{1,2}, Muhlisin Muhlisin^{1,3}, Anis Masyuroh³ Febiana Eka Damayani^{3*}

¹Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi Banten, Jl Syeh Nawawi Al-Bantani,
Kawasan Pusat Pemerintah Provinsi Banten, Palima, Serang, Banten, Indonesia

²Program Studi Manajemen Universitas Banten, Jl. Univbanten, Kiara, Kec. Walantaka, Kota
Serang, Banten, Indonesia.

³Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Banten Jaya, Jalan Ciwaru No. 73 Kota Serang,
Banten Indonesia.

*Email: febianaena@gmail.com

disubmit: 28 Oktober 2024, direvisi: 3 Desember 2024, diterima: 10 Desember 2024

ABSTRAK

Pengurangan emisi CO₂ menjadi instrumen utama untuk mempromosikan pertumbuhan ekonomi hijau di negara-negara berkembang seperti Indonesia. Emisi karbon dioksida yang berasal dari sektor transportasi menjadi salah satu faktor utama penyebabnya. Kota Cilegon dengan aktivitas industri dan transportasi yang tinggi, serta ruang terbuka hijau (RTH) publik yang terbatas, turut berkontribusi. Jalan Protokol Kota Cilegon meliputi Jalan Ahmad Yani, Jalan S.A. Tirtayasa dan Jalan Jendral Sudirman. Tujuan dari penelitian ini menganalisis besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan dari kendaraan bermotor, menganalisis kemampuan daya serap vegetasi dalam menyerap emisi CO₂ kendaraan bermotor dan perencanaan penghijauan yang tepat untuk memaksimalkan reduksi emisi CO₂ kendaraan bermotor di Jalan Protokol Kota Cilegon. Metode penelitian menggunakan kuantitatif dengan pendekatan deskriptif, beberapa analisis meliputi analisis jejak ekologis energi, analisis serapan vegetasi dan perencanaan penghijauan. Hasil yang diperoleh total emisi CO₂ di Jalan Protokol Kota Cilegon sebesar 4.400,003 ton/tahun. Terdapat sebanyak 8.016 tumbuhan yang terdapat di Jalan Protokol Kota Cilegon dengan kemampuan daya serap vegetasi sebesar 395,328 ton/tahun. Sisa emisi yang belum terserap sebesar 4004,68 ton/tahun. Perencanaan penghijauan dilakukan dengan penambahan vegetasi, kebijakan pemerintah dan kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat. Penambahan vegetasi di Jalan Protokol Kota Cilegon sebanyak 692 tumbuhan dari penambahan tersebut menunjukkan potensi peningkatan penyerapan karbon dioksida sebesar 101,43%.

Kata kunci: Reduksi emisi karbon, ekonomi hijau, fiksasi karbon vegetasi, pengendalian pencemaran udara

ABSTRACT

CO₂ emission reduction is the main instrument to promote green growth in developing countries such as Indonesia. Carbon dioxide emissions from the transportation sector are a main contributing factor. Cilegon City with its high industrial and transportation activities, as well as limited public green spaces, contributes to this. Cilegon City protocol roads include Jalan Ahmad Yani, Jalan S.A Tirtayasa, and Jalan Jendral Sudirman. This research aims to analyze the amount of CO₂ emissions generated by motorized vehicles, analyze the absorption capacity of vegetation in absorbing CO₂ emissions from motorized vehicles and proper greening planning to maximize the reduction of CO₂ emissions from motorized vehicles on the Cilegon City Protocol Road. The research method uses quantitative with a descriptive approach, some of the analysis includes energy ecological footprint analysis, vegetation absorption analysis, and

Mahdani, M. Muhlisin, A. Masyuroh, F. E. Damayani (2024). JURNAL KEBIJAKAN PEMBANGUNAN DAERAH: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kebijakan Pembangunan Daerah, 08(02), page 177 – 193. <https://doi.org/10.56945/jkpd.v8i2.338>

© The Author(s)



Published by Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Banten

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

greening planning. The results obtained total CO₂ emissions on the Cilegon City Protocol Road amounted to 4,400.003 tons / year. There are 8,016 plants on the Cilegon City Protocol Road with a vegetation absorption capacity of 395.328 tons/year. The remaining unabsorbed emissions amounted to 4004.68 tons/year. Greening planning is carried out by adding vegetation, government policies and collaboration between the government and the community. The addition of vegetation on the Cilegon City Protocol Road is 692 plants from the addition shows the potential to increase carbon dioxide absorption by 101.43%.

Keywords: Carbon emission reduction, green economy, vegetation carbon fixation, air pollution control

PENDAHULUAN

Penggerak utama ekonomi hijau mencakup promosi energi terbarukan, pengelolaan sumber daya berkelanjutan, dan penerapan kebijakan ramah lingkungan, yang semuanya berkontribusi secara signifikan dalam mengurangi emisi karbon. Dengan memprioritaskan sumber energi terbarukan, seperti matahari dan angin, ekonomi hijau dapat meminimalkan ketergantungan pada bahan bakar fosil, yang merupakan kontributor utama emisi gas rumah kaca (Rani & Sharma, 2024)]. Selain itu, praktik berkelanjutan di sektor-sektor seperti transportasi, pengelolaan limbah, dan penggunaan lahan semakin mengurangi degradasi lingkungan dan meningkatkan efisiensi energi (Tippa & Amodekar, 2024). Studi empiris menunjukkan bahwa daerah yang mengadopsi prinsip-prinsip ekonomi hijau mengalami perlambatan pertumbuhan emisi karbon, menyoroti manfaat spasial dan temporal dari transisi tersebut (Hu et al., 2023). Selain itu, mengintegrasikan keterbukaan perdagangan dan kebijakan inovatif dapat memperkuat efek ini, mendorong pendekatan holistik untuk pembangunan berkelanjutan yang

menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dengan pengelolaan lingkungan (Afjal, 2023; Pobrklić et al., 2022). Secara keseluruhan, ekonomi hijau berfungsi sebagai kerangka kerja penting untuk mencapai netralitas karbon dan mengatasi tantangan perubahan iklim secara efektif (Rani & Sharma, 2024).

Pemanasan global, atau *global warming*, merupakan fenomena peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan secara berkelanjutan. Hal ini diakibatkan oleh emisi gas rumah kaca (GRK) yang berlebihan. Gas-gas rumah kaca, seperti CO₂, CO, NO, NO_x, SO_x, dan CH₄ bertindak seperti selimut yang memerangkap panas matahari di atmosfer, sehingga menyebabkan suhu bumi meningkat. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* menyatakan bahwa antara tahun 1990 hingga 2005, suhu global bumi telah meningkat sekitar 0,15°C-0,3°C (Ainurrohmah & Sudarti, 2022). Meningkatnya suhu planet bumi menyebabkan perubahan sistem iklim diantaranya naiknya volume permukaan air laut di berbagai pesisir pantai, meningkatnya peristiwa cuaca ekstrem,

dan perubahan curah hujan dan pola cuaca (Caneba, 2020).

Salah satu kontributor utama terhadap perubahan iklim adalah emisi gas rumah kaca, termasuk CO₂, yang berasal dari berbagai sumber, termasuk sektor transportasi. Karbon dioksida (CO₂) adalah gas polutan utama yang menyumbang hampir setengah dari total polutan udara (Sari dkk., 2021), Transportasi bertanggung jawab atas 60% pencemaran udara, selebihnya berasal dari industri (25%), (Anwar et al., 2020) menyebutkan hasil laporan lembaga IPCC pada tahun 2014 mengenai zat yang menjadi penyebab utama meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca hingga 78% sejak tahun 1970 hingga tahun 2010 adalah emisi gas karbon dioksida (CO₂). Selain itu, tingginya emisi CO₂ dapat menyebabkan penyakit asidosis respiratorik, yaitu kondisi di mana keasaman darah meningkat akibat penumpukan karbon dioksida dalam darah, yang mengakibatkan kekurangan oksigen (Safitri, 2022).

Tumbuhan berperan penting dalam mengurangi emisi karbon melalui proses fotosintesis yang mengubah karbon dioksida (CO₂) menjadi oksigen dan biomassa¹. Keberadaan ruang hijau dan vegetasi tidak hanya berfungsi sebagai penyerap karbon, tetapi juga sebagai penyejuk iklim mikro, penahan polusi udara, dan penyedia habitat bagi

keanekaragaman hayati. Namun, potensi ini sering kali belum dimanfaatkan secara optimal karena kurangnya integrasi antara pengelolaan lingkungan dan kebijakan ekonomi daerah².

Kota Cilegon, yang terletak di Provinsi Banten, dikenal sebagai "Kota Industri" dengan urbanisasi yang pesat. Kemacetan lalu lintas, polusi udara, dan berkurangnya lahan hijau menjadi tantangan utama akibat perkembangan kota. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Cilegon menunjukkan peningkatan jumlah kendaraan selama tiga tahun terakhir, yang berdampak pada meningkatnya emisi CO₂ terutama di jalan protokol (Ambarsari et al., 2019). Peranan Ruang Terbuka Hijau (RTH) sangat penting dalam memperbaiki kondisi perkotaan. Namun, pembangunan RTH di perkotaan, termasuk di Kota Cilegon, masih belum optimal. Kondisi RTH publik Kota Cilegon belum memenuhi luas 20% dari wilayah kota, luas tiap RTH belum memenuhi syarat, sebaran di tiap kecamatan belum merata, tutupan dan keanekaragaman vegetasi yang masih rendah, dan belum semua jenis RTH terkelola dengan baik (Muhlisin, 2022).

Pendekatan ekonomi hijau, dapat memberikan keuntungan maksimal yang dapat diperoleh ekosistem tumbuhan dari mengurangi emisi karbon sambil mendorong pertumbuhan ekonomi yang

berkelanjutan. Metode ini memberikan investasi pada infrastruktur hijau, seperti penanaman pohon, revitalisasi taman kota, dan perlindungan vegetasi alami, sebagai bagian dari strategi pembangunan yang menghasilkan nilai tambahan dalam bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan. Ekonomi hijau dapat membantu menciptakan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan di Kota Cilegon.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu adanya upaya untuk menanggulangi masalah ini melalui penataan ruang yang diwujudkan dalam sistem koridor, salah satunya melalui penanaman vegetasi di jalan. Penataan ini dilakukan karena vegetasi pada jalan berperan penting dalam mereduksi emisi gas CO₂ oleh aktivitas kendaraan bermotor di udara perkotaan (Sarasidehe et al., 2023). Salah satu solusi potensial yang dapat diambil adalah dengan memanfaatkan kemampuan vegetasi dalam mereduksi emisi karbon. Tumbuhan yang tumbuh di sepanjang jalan, mampu menyerap polutan di udara terutama gas Karbon dioksida melalui daun yang digunakan untuk proses fotosintesis. Hasil dari proses ini akan tersimpan di dalam tubuh vegetasi sebagai karbon dalam biomassa vegetasi (Arini et al., 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Beberapa analisis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisis emisi CO₂ berdasarkan volume kendaraan bermotor, analisis kemampuan daya serap vegetasi terhadap emisi CO₂ dan perencanaan penghijauan berbasis ekonomi hijau. Pengumpulan data volume kendaraan dilakukan melalui *traffic counting* selama 6 hari, mencakup pekan libur dan pekan normal. Data emisi dihitung dengan menggabungkan volume kendaraan, jenis kendaraan, konsumsi bahan bakar, dan faktor emisi. Daya serap vegetasi dihitung berdasarkan jenis dan jumlah vegetasi di lokasi tersebut. Untuk memaksimalkan penyerapan CO₂, perencanaan penghijauan dilakukan dengan menambah vegetasi yang memiliki daya serap tinggi serta disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan aturan jarak tanam yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2012.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Besaran Emisi Karbon Dioksida Berdasarkan Volume Kendaraan

Pengumpulan data volume kendaraan melalui metode *traffic counting* selama 6 hari, yaitu pada hari Senin, Rabu, dan Minggu selama dua pekan berturut-

Tabel 1. Volume Kendaraan Teramati di jalan Protokol Kota Cilegon (Agustus 2024)

Isi Silender	Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan (unit/hari)			Volume kendaraan (unit/tahun)		
		A	B	C	A	B	C
100- 250 CC	Roda 2 (Bensin)	7.154	7.572	7.021	2.611.073	2.763.917	2.562.528
1000 – 2000CC	Roda 4 pribadi (Bensin)	4.204	4.490	4.236	1.534.338	1.638.987	1.545.958
2500 - 3000CC	Roda 4 pribadi (solar)	1.528	1.439	1.153	557.659	525.167	420.663
3300 CC	Truk kecil (solar)	149	139	143	54.552	50.758	52.218
4.800 CC	Bus Kecil (Solar)	188	186	176	68.787	67.867	64.286
8000 CC	Bus Besar (solar)	138	132	134	50.400	48.112	48.792
	Jumlah	13.361	13.958	12.863	4.876.809	5.094.808	4.694.445

Keterangan: (A: Jalan Ahmad Yani, B: Jalan S.A Tirtayasa, C: Jalan Jendral Sudirman)
 (Sumber : Analisis data,2024)

turut, yang mencakup pekan libur sekolah dan pekan normal. Pengamatan dilakukan pada tiga rentang waktu: pagi, siang, dan sore, disesuaikan dengan waktu produktif vegetasi dalam menyerap CO₂ saat terpapar matahari (Dinindra et al., 2024)

Volume Kendaraan

Jumlah kendaraan akhir diidentifikasi melalui pengolahan data volume kendaraan dalam 1 hari dan jumlah kendaraan berdasarkan kapasitas silinder yang mewakili *weekday* dan *weekend* yang kemudian dikalikan dengan 365 hari. Tabel 1 menyajikan volume kendaraan.

Diketahui bahwa volume kendaraan tertinggi berada di Jalan S.A Tirtayasa yaitu sebesar 13.361 unit/hari dan 5.094.808 unit/tahun, sebaliknya Jalan Jendral Sudirman memiliki volume kendaraan paling rendah yaitu sebesar 12.863 unit/hari dan 4.694.445 unit/tahun. Perbedaan ini disebabkan oleh kombinasi

antara letak geografis Jalan S.A Tirtayasa yang strategis sebagai penghubung antar kawasan ramai, keberadaan pusat perbelanjaan yang besar di sekitarnya.

Dominasi kendaraan roda dua dengan kapasitas mesin 100-250 cc terlihat jelas pada ketiga ruas jalan, dengan volume kendaraan masing masing 7.154 unit/hari, 7.572 unit/hari dan 7.021 unit/hari. Hasil ini sejalan dengan volume kendaraan per tahun masing masing sebesar 2.611.073 unit/tahun, 2.763.917 unit/tahun dan 2.562.528 unit/tahun. Hal ini dikarenakan penduduk Indonesia sangat bergantung pada kendaraan roda dua untuk bepergian sehari-hari karena harganya yang lebih terjangkau, mudah perawatannya, dan sesuai dengan infrastruktur jalan yang kurang memadai di Indonesia (Nurlia et al., 2018). Bus besar berkapasitas 8.000 cc memiliki volume kendaraan terendah di ketiga ruas jalan, sebesar 138 unit/hari, 132 unit/hari dan 134 unit/hari. Hasil ini sejalan dengan volume kendaraan per tahun

masing masing sebesar 50.400 unit/tahun, 48.112 unit/tahun dan 48.792 unit/tahun. Hal ini disebabkan oleh kebijakan Dinas Perhubungan Kota Cilegon yang membatasi lalu lintas bus besar di jalan protokol untuk menghindari kemacetan.

Jarak Tempuh Kendaraan

Perhitungan jarak tempuh tidak mempertimbangkan variabel kecepatan kendaraan karena pada penelitian ini kecepatan kendaraan dianggap sama. Berikut adalah rumus dan hasil perhitungan, dengan panjang Jalan Ahmad Yani 3,48 km, Jalan S.A. tirtayasa 1,52 km dan Jalan Jendral Sudirman 0,46 km. Tabel 2 menyajikan jarak tempuh kendaraan.

Tabel 2. Jarak Tempuh Kendaraan Bermotor di Jalan Protokol Kota Cilegon (Agustus 2024)

Jenis Kendaraan	Jarak Tempuh Kendaraan (km/tahun)		
	Jalan Ahmad Yani	Jalan S.A Tirtayasa	Jalan Jendral Sudirman
Roda 2 (Bensin)	9.086.534	4.201.154	1.178.763
Roda 4 Pribadi (Bensin)	5.339.497	2.491.260	711.140
Roda 4 Pribadi (solar)	1.940.654	798.253	193.505
Bus kecil (solar)	239.380	103.158	64.286
Bus besar (solar)	175.393	73.130	48.796
Truk kecil (solar)	189.842	77.152	52.218
Total (km/tahun)	16.971.301	7.744.106	2.159.446

(Sumber : Analisis data,2024)

$$\Sigma s = \Sigma n \times P \times 365 \text{ hari} \quad (1)$$

Keterangan : Σs = Total Jarak Tempuh Kendaraan (km/tahun); Σn = Jumlah Kendaraan (unit/hari); P = Panjang Jalan (km).

Berdasarkan Tabel 2 Jalan Ahmad Yani memiliki jarak tempuh kendaraan tertinggi sebesar 16.971.301 km/tahun, yang dipengaruhi oleh panjang ruas jalan dan volume kendaraan yang melintas. Sebaliknya, Jalan Jenderal Sudirman memiliki jarak tempuh terendah, yaitu 2.159.446 km/tahun, Jarak tempuh kendaraan yang rendah ini disebabkan oleh panjang ruas jalan yang relatif pendek dibandingkan dengan jalan lain.

Kendaraan roda dua mendominasi jarak tempuh di ketiga jalan tersebut, dengan masing-masing mencapai 9.086.534 km/tahun di Jalan Ahmad Yani, 4.201.154 km/tahun di Jalan S.A. Tirtayasa, dan 1.178.763 km/tahun di Jalan Jenderal Sudirman. Sebaliknya, bus besar berbahan bakar solar mencatat jarak tempuh terendah, yaitu 175.393 km/tahun di Jalan Ahmad Yani, 73.130 km/tahun di Jalan S.A. Tirtayasa, dan 48.796 km/tahun di Jalan Jenderal Sudirman. Hal ini menunjukkan bahwa jarak tempuh kendaraan sebanding dengan jumlah kendaraan dan panjang ruas jalan (Adhianti dkk., 2020).

Total Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Per Tahun

Total konsumsi bahan bakar kendaraan per tahun dalam satuan liter/tahun yang dikonversi ke dalam CO₂ memakai emisi faktor. Total konsumsi bahan bakar selama satu tahun perjalanan dapat diperoleh melalui rumus berikut dan Tabel 3 menyajikan total konsumsi bahan bakar kendaraan.

$$C = ef \times s \quad (2)$$

Keterangan : C = Total Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan (liter/tahun); ef = Efisiensi Bahan Bakar (liter/km); S = Jarak Tempuh Kendaraan (km/tahun)

Berdasarkan data Tabel 3, Jalan Ahmad Yani merupakan ruas jalan dengan total konsumsi bahan bakar kendaraan terbesar, 1.147.381 liter/tahun. Sebaliknya, Jalan Jenderal Sudirman memiliki konsumsi bahan bakar terendah, yaitu sebesar 155.291 liter/tahun. Perbedaan konsumsi yang signifikan ini dikarenakan total konsumsi bahan bakar kendaraan berbanding lurus dengan panjang jarak tempuh semakin panjang jarak atau perjalanan yang ditempuh kendaraan atau nilai efisiensinya maka semakin tinggi pula konsumsi bahan bakar kendaraan yang dihasilkan (Ambarsari dkk., 2019).

Pada ketiga ruas jalan, kendaraan roda empat berbahan bakar bensin menjadi kontributor utama konsumsi bahan bakar, dengan total konsumsi mencapai 491.234

liter/tahun, 229.196 liter/tahun dan 65.425 liter/tahun. Sebaliknya, kendaraan truk kecil berbahan bakar solar sebagai kontributor konsumsi paling rendah di ketiga ruas jalan tersebut dengan total konsumsi 25.439 liter/tahun, 10.338 liter/tahun dan 6.997 liter/tahun.

Total Emisi CO₂ dari Kendaraan Bermotor

Perhitungan total emisi CO₂ dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\sum \text{emisi CO}_2 = \sum C \times c \quad (3)$$

Keterangan: \sum Emisi CO₂ = Total Emisi;

Tabel 3 Total Konsumsi Bahan Bakar oleh Kendaraan Bermotor yang melintas di Jalan Protokol Kota Cilegon

Jenis Kendaraan	Rata-Rata Efisien	Total Konsumsi Kendaraan (liter/tahun)		
		Jalan Ahmad Yani	Jalan S.A Tirtayasa	Jalan Jendral Sudirman
Roda 2 (Bensin)	0,034	308.942	142.839	40.078
Roda 4 Pribadi (Bensin)	0,092	491.234	229.196	65.425
Roda 4 Pribadi (solar)	0,134	260.048	106.966	25.930
Bus kecil (solar)	0,134	32.077	13.823	8.614
Bus besar (solar)	0,169	29.641	12.359	8.247
Truk kecil (solar)	0,134	25.439	10.338	6.997
Total		1.147.381	515.522	155.291

(Sumber : Analisis data,2024)

CO₂ (ton/tahun); $\sum C$ = Total Konsumsi Bahan Bakar (liter/tahun); c = Faktor Emisi Bahan Bakar Kendaraan (kg/liter).

Tabel 4 menyajikan total emisi CO₂ kendaraan bermotor. Tabel tersebut menunjukkan bahwa Jalan Ahmad Yani berkontribusi paling besar terhadap emisi CO₂, mencapai 2.778,91 ton/tahun. Sedangkan Jalan Jenderal Sudirman memiliki kontribusi paling rendah dengan 377,143 ton/tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsumsi bahan bakar kendaraan maka semakin tinggi emisi CO₂ yang dihasilkan.

Pada ketiga ruas jalan, kendaraan roda empat berbahan bakar bensin menjadi kontributor utama penghasil emisi CO₂ mencapai 1.134,750 ton/tahun, 529,443 ton/tahun dan 151,131 ton/tahun. Sebaliknya, kendaraan truk kecil berbahan bakar solar sebagai kontributor penghasil emisi CO₂ terendah di ketiga ruas jalan, dengan total emisi sebesar 68,176 ton/tahun, 27,707 ton/tahun dan 18,753 ton/tahun. Hasil tersebut membuktikan bahwa nilai emisi tidak hanya ditentukan dari jumlah kendaraan dimana berdasarkan perhitungan jumlah kendaraan pada penelitian ini roda dua (sepeda motor) merupakan jenis kendaraan yang jumlahnya paling banyak, tetapi emisi juga dipengaruhi oleh efisiensi bahan bakar serta emisi faktor dari setiap jenis kendaraan tersebut.

Tabel 4. Total Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor di Jalan Protokol Kota Cilegon

Jenis Kendaraan	Emisi Faktor CO ₂	Total Emisi CO ₂ (Ton/Tahun)		
		Jalan Ahmad Yani	Jalan S.A Tirtayasa	Jalan Jenderal Sudirman
Roda 2 (Bensin)	2,31	713,656	329,959	92,580
Roda 4 Pribadi (Bensin)	2,31	1.134,750	529,443	151,131
Roda 4 Pribadi (solar)	2,68	696,928	286,669	69,492
Bus kecil (solar)	2,68	85,966	37,046	23,086
Bus besar (solar)	2,68	79,439	33,122	22,101
Truk kecil (solar)	2,68	68,176	27,707	18,753
Total		2.778,915	1.243,945	377,143

(Sumber : Analisis data,2024)

Kemampuan Vegetasi dalam Menyerap Emisi CO₂

Data vegetasi yang terdapat di sepanjang Jalan Protokol Kota Cilegon diperoleh melalui survei lapangan yang dikombinasikan dengan data sekunder dari penelitian (Muhlisin, 2022). Proses perhitungan daya serap vegetasi dilakukan dengan mengidentifikasi jenis-jenis vegetasi yang tumbuh di sepanjang jalan tersebut. Selanjutnya, kemampuan daya serap masing-masing jenis vegetasi dihitung berdasarkan studi literatur mengenai kemampuan pohon dalam menyerap polutan. Nilai daya serap setiap jenis vegetasi kemudian dikalikan dengan jumlah vegetasi yang ada untuk memperoleh total daya serap keseluruhan. Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 merupakan

Tabel 5. Daya Serap Vegetasi Habitus Pohon terhadap CO₂ di Jalan Protokol Kota Cilegon

Nama Lokal	Nama Latin	DS	Jl. Ahmad Yani		Jl. SA Tirtayasa		Jl. Jend. Sudirman	
			n	KP	n	KP	n	KP
Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12	4	44,8	-	-	-	-
Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	535,9	1	535,90	-	-	-	-
Cassia	<i>Cassia sp</i>	5.295,47	2	10.590,94	-	-	-	-
Glodokan Tiang	<i>Polyalthia longifolia</i>	1.016,42	3	3.049,26	2	2.032,84	1	1.66.692,9
Kersen	<i>Muntingia calabura L</i>	15,2	3	45,60	1	15,20	-	-
Krasak	<i>Ficus superba</i>	11,12	5	55,60	5	55,60	-	-
Palem Ekor	<i>Wodyetia bifurcata</i>	52,52	3	157,56	-	-	40	2.100,80
Tupai	<i>Phoenix canariensis</i>	52,52	1	52,52	-	-	2	105,04
Mangga	<i>Mangifera indica</i>	445,11	2	890,22	-	-	-	-
Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	3.112,43	5	15.562,15	-	-	-	-
Saga	<i>Adenanthera pavonina</i>	221,18	5	1.105,90	-	-	-	-
Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	67,8	3	203,40	-	-	-	-
Asam Jawa	<i>Tamarindus indica</i>	1,49	-	-	3	4,47	-	-
Asama Londo	<i>Pithecellobium dulce</i>	5,96	-	-	-	-	1	5,96
Jumlah				32.293		2.108		168,904

Keterangan: n = Jumlah individu; KP = Kemampuan Penyerapan Vegetasi (ton/tahun); DS = Daya Serap (kg/pohon/ tahun)

Sumber Hasil analisis dari Muhlisin et al., 2022, 2020

Tabel 6 Daya Serap Vegetasi Habitus Perdu terhadap CO₂ di Jalan Protokol Kota Cilegon

Nama Lokal	Nama Ilmiah	DS	Jl. A. Yani		Jl.S.A. Tirtayasa		Jl. Jend. Sudirman	
			n	KP	n	KP	n	KP
Anak nakal	<i>Duranta Erecta L</i>	55	96	3,56	1	535,9	-	-
Beringin Putih	<i>Ficus benjamina</i>	535,9	12	6.430,80	-	-	-	-
Bunga Kertas	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	0,25	1	0,25	13	3,25	13	3,25
Dracaena Three Color	<i>Dracaena marginata vartricolor</i>	3,98	2	7,96	2	7,96	-	-
Kamboja	<i>Plumeria rubra</i>	16,43	3	32,86	-	-	-	-
Palem Botol	<i>Hyophorbe lagenica</i>	52,52	4	210,08	-	-	-	-
Palem Jepang	<i>Ptychosperma macarthurii</i>	52,52	1	52,52	-	-	-	-
Palem Kuning	<i>Dyopsis lutescens</i>	52,52	33	1.733,16	-	-	-	-
Pandan Bali	<i>Cordyline australis</i>	52,52	39	2.048,28	-	-	-	-
Palem Putri	<i>Veitchia merillii</i>	52,52	7	367,64	321	349,941	-	-
Pucuk Merah	<i>Syzygium oleina</i>	155,58	834	129.754	-	-	-	-
Song Of Jamaika	<i>Dracaena reflexa</i>	0,25	99	4	-	-	-	-
Total daya serap (ton/tahun)				141,049		141,049		141,049

Keterangan: n = Jumlah individu; KP = Kemampuan Penyerapan Vegetasi (ton/tahun); DS = Daya Serap (kg/pohon/ tahun)

Sumber Hasil analisis dari Muhlisin et al., 2022, 2020

serap vegetasi habitus pohon, perdu, herba dan semak.

Tabel 5 menyajikan kemampuan penyerapan CO₂ oleh berbagai jenis pohon di sepanjang jalan protokol Kota Cilegon. Jalan Jenderal Sudirman memiliki kemampuan penyerapan CO₂ tertinggi, yaitu 168,904 ton/tahun.

Di Jalan S.A. Tirtayasa, vegetasi memiliki daya serap terendah sebesar 2,108 ton/tahun. Perbedaan ini dipengaruhi oleh variasi jumlah pohon dan kemampuan penyerapan spesifik masing-masing jenis pohon.

Di Jalan Ahmad Yani, pohon mahoni menjadi spesies yang paling efektif dalam menyerap CO₂, dengan lima pohon mampu menyerap hingga 15.562,15 kg/tahun. Di sisi lain, pohon angkana memiliki daya serap terendah, dengan empat pohon hanya mampu menyerap 44,8 kg/tahun.

Di Jalan S.A. Tirtayasa dan Jenderal Sudirman, pohon glodokan tiang mendominasi penyerapan CO₂. Jalan S.A. Tirtayasa, dua pohon menyerap 6.430,80 kg/tahun, sementara di Jenderal Sudirman, 164 pohon mampu menyerap 535,9 kg/tahun. Sebaliknya, pohon asam di kedua jalan tersebut memiliki penyerapan CO₂ paling rendah, masing-masing 4,47 kg/tahun dan 5,96 kg/tahun.

Tabel 6 merupakan daya serap vegetasi habitus perdu. Di Jalan Ahmad Yani memiliki kemampuan penyerapan CO₂ tertinggi, yaitu sebesar 141,049 ton/tahun, sementara Jalan Jenderal Sudirman memiliki daya serap terendah, hanya sebesar 0,002 ton/tahun. Perbedaan ini disebabkan oleh variasi jumlah dan jenis tanaman perdu di setiap jalan, yang memiliki kemampuan penyerapan CO₂ yang berbeda.

Di Jalan Ahmad Yani dan Jalan S.A. Tirtayasa, tanaman beringin putih merupakan jenis perdu yang paling efektif dalam menyerap CO₂. Dengan 12 individu di Jalan Ahmad Yani, tanaman ini mampu menyerap hingga 6.430,80 kg/tahun, sedangkan di Jalan S.A. Tirtayasa, satu individu mampu menyerap 535,9 kg/tahun. Sebaliknya, tanaman bunga kertas memiliki daya serap terendah. Di Jalan Ahmad Yani, satu individu bunga kertas hanya menyerap 0,25 kg/tahun, sementara di Jalan S.A. Tirtayasa, 13 individu mampu menyerap total 3,25 kg/tahun.

Di Jalan Jenderal Sudirman, tanaman bunga kertas mendominasi dengan dua individu, yang menyerap total 2 kg/tahun. Rendahnya penyerapan ini disebabkan oleh jumlah tanaman yang sedikit dan kapasitas penyerapan CO₂ bunga kertas yang lebih rendah dibandingkan dengan beringin putih.

Tabel 7 menunjukkan daya serap vegetasi habitus herba dan semak. Di Jalan

Tabel 7 Daya Serap Vegetasi Habitus Herba dan Semak terhadap CO₂ di Jalan Protokol Kota Cilegon

Nama Lokal	Nama Ilmiah	DS	Jl. A. Yani		Jl. S.A. Tirtayasa		Jl. Jend Sudirman	
			n	KP	n	KP	n	KP
Bromelia Giant	<i>Alcantarea imperialis</i>	1,95	135	263,25	-	-	-	-
Bakung	<i>Crinum asiaticum</i>	55	726	5,47	858	5,35	-	-
Bayam Merah	<i>Amaranthus dubius</i>	55	902	5,17	418	3,41	-	-
Kencana Ungu	<i>Ruellia Tuberos L</i>	55	2.926	7,8	220	0,53	-	-
Lidah Mertua	<i>Sansevieria trifasciata</i>	2,06	2	4,12	60	123,6	19	39,14
Lee Kuan Yew	<i>Vernonia elliptica</i>	55	99	24,75	-	-	-	-
Total daya serap (ton/tahun)				0,31		0,132		141,049

Keterangan: n = Jumlah individu; KP = Kemampuan Penyerapan Vegetasi (ton/tahun); DS = Daya Serap (kg/pohon/ tahun)

Sumber: Hasil analisis dari Muhlisin et al., 2022, 2020

Ahmad Yani memiliki kemampuan penyerapan CO₂ tertinggi, yaitu sebesar 0,310 ton/tahun, sedangkan Jalan Jenderal Sudirman memiliki penyerapan terendah, yaitu 0,039 ton/tahun.

Perbedaan ini disebabkan oleh variasi jumlah dan jenis herba serta semak di setiap lokasi. Pada Jalan Ahmad Yani, tanaman bromelia giant dengan penyerapan CO₂ tertinggi, di mana 135 individu mampu menyerap 263,25 kg/tahun. Sebaliknya, tanaman lidah mertua memiliki daya serap terendah, dengan dua individu hanya menyerap 4,12 kg/tahun. Jalan S.A. Tirtayasa, lidah mertua merupakan herba yang dominan, dengan 60 individu mampu menyerap 123,6 kg/tahun. Sebaliknya, tanaman kencana ungu, dengan 220 individu hanya mampu menyerap 0,53 kg/tahun.

Di Jalan Jenderal Sudirman hanya memiliki tanaman lidah mertua, dengan 19

individu yang menyerap total 39,14 kg/tahun, akibat jumlah tanaman yang lebih sedikit dan kapasitas penyerapan CO₂ yang lebih rendah.

Sisa Emisi CO₂ Terhadap Vegetasi Eksisting

Pengurangan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi dihitung berdasarkan hasil emisi CO₂ dan daya serap vegetasi eksisting. Berdasarkan proses pengurangan tersebut diperoleh juga sisa emisi yang tidak terserap (ton/tahun).

Tabel 8 menunjukkan data sisa emisi CO₂ dari potensi penyerapan vegetasi eksisting. Berdasarkan Tabel 8, analisis terhadap sisa emisi CO₂ menunjukkan bahwa kemampuan vegetasi eksisting di ketiga koridor jalan utama Kota Cilegon

untuk menyerap emisi CO₂ masih sangat rendah. Dari total emisi yang dihasilkan di Jalan Ahmad Yani, Jalan S.A.

Tirtayasa, dan Jalan Jenderal Sudirman, hanya sebagian kecil yang berhasil diserap oleh vegetasi. Persentase emisi terserap bervariasi, dengan Jalan Jenderal Sudirman memiliki persentase tertinggi sebesar 44,80%, sedangkan Jalan S.A. Tirtayasa terendah sebesar 4,24%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah dan kualitas vegetasi saat ini belum cukup memadai untuk menyerap seluruh emisi CO₂ yang dihasilkan.

Sisa emisi yang tidak terserap

berkontribusi terhadap akumulasi CO₂ di atmosfer, memperburuk konsentrasi gas rumah kaca dan perubahan iklim. Hasil ini menekankan pentingnya meningkatkan kualitas dan kuantitas ruang terbuka hijau (RTH) di sepanjang jalan utama. Penambahan pohon dan pemilihan jenis-jenis tanaman dengan kemampuan penyerapan karbon yang tinggi dapat meningkatkan kapasitas penyerapan CO₂ ekosistem perkotaan secara signifikan.

Tabel 8. Sisa Emisi CO₂ Terhadap Vegetasi Eksisting di Jalan Protokol Kota Cilegon

Koridor Jalan	Total Emisi CO ₂ (ton/tahun)	Daya Serap CO ₂ Vegetasi (ton/tahun)	Persentase Emisi Terserap	Sisa Emisi yang Tidak Terserap (ton/tahun)
Jalan Ahmad Yani	2.778,915	173,654	6,25%	2.605,26
Jalan S.A Tirtayasa	1.243,945	52,729	4,24%	1.191,22
Jalan Jendral Sudirman	377,143	168,945	44,80%	208,20

Tabel 9. Perencanaan Beberapa Jenis Vegetasi untuk Penghijauan di Jalan Protokol Kota Cilegon

Nama Lokal	Nama Ilmiah	Jenis Habituss	Jumlah Individu			Daya Serap (kg/tahun)	Total Daya Serap		
			A	B	C		A	B	C
Daya Serap Vegetasi Eksisting (ton/tahun)						173,654	52,729	168,945	
Perencanaan Vegetasi									
Tabebuaya	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	Pohon	10	-	-	106	1.060	-	-
Bunga Kupu-kupu	<i>Bauhinia purpurea</i>	Pohon	210	99	18	11.662,89	2.449.206,9	1.154.626,11	209.932,02
Glodongan tiang	<i>Polyalthia longifolia.</i>	Pohon	-	30	-	1.016,42	-	30.492,6	-
Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	Pohon	51	4	-	4.509	229.959	18.036	-
Kamboja	<i>Plumeria alba</i>	Perdu	80	10	-	44,4	3.552	444	-
Bromelia Giant	<i>Aechmea fasciata</i>	Herba	160	20	-	1,95	343,2	39	-
Total Penyerapan (kg/tahun)						2.684.121,10	1.203.638	209.932,02	
Total Penyerapan (ton/tahun)						2684,1211	1.203,638	209,93202	
Total Penyerapan keseluruhan (ton/tahun)						2857,77	1.256,37	378,87	

Keterangan: (A: Jalan Ahmad Yani, B: Jalan S.A Tirtayasa, C: Jalan Jendral Sudirman)
 (Sumber : Analisis data,2024)

Perencanaan Penghijauan di Jalan Protokol Kota Cilegon menggunakan Pendekatan Ekonomi Hijau

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan vegetasi di sepanjang Jalan Ahmad Yani, Jalan S.A Tirtayasa, dan Jalan Jenderal Sudirman dalam menyerap CO₂ masih rendah. Untuk meningkatkan penyerapan karbon, perlu dilakukan penambahan vegetasi dengan jenis yang memiliki daya serap tinggi. Mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2012, perencanaan penghijauan menerapkan jarak tanam rapat, yaitu pohon besar dengan jarak 6 meter dan perdu dengan jarak 2 meter. Selain itu, diperlukan dukungan kebijakan pemerintah untuk memperluas ruang terbuka hijau (RTH) di jalan raya protokol Kota Cilegon. Kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat menjadi kunci keberhasilan program penghijauan ini demi mengurangi emisi CO₂ secara optimal dan berkelanjutan. Tabel 9 menyajikan perencanaan beberapa jenis vegetasi untuk penghijauan di jalan protokol kota cilegon.

Berdasarkan Tabel 9 perencanaan penambahan vegetasi. Pada Jalan Ahmad Yani menghasilkan daya serap CO₂ sebesar 2.857,7751 ton/tahun dengan alokasi lahan 11.845 m². Jalan S.A Tirtayasa juga mengalami peningkatan vegetasi dengan daya serap CO₂ 1.2356,37 ton/tahun dengan alokasi lahan 5.049 m². Pada Jalan

Jenderal Sudirman, penambahan vegetasi menghasilkan daya serap 378,87 ton/tahun dengan alokasi lahan 230 m². Pemilihan vegetasi didasarkan pada beberapa pertimbangan yang sesuai dengan kondisi penanaman di area terbatas serta keefektifan tanaman dalam menyerap CO₂. Selain itu, vegetasi ini telah terbukti tahan terhadap iklim di Kota Cilegon, yang umumnya panas dengan tingkat polusi tinggi, terutama karena sebelumnya sudah ditanam di jalan lingkaran selatan Kota Cilegon.

Pendekatan Ekonomi Hijau dalam Pengelolaan Vegetasi untuk Reduksi CO₂

Pendekatan ekonomi hijau dalam pengelolaan vegetasi di Jalan Protokol Kota Cilegon berfokus pada integrasi keberlanjutan lingkungan dengan pertumbuhan ekonomi melalui optimalisasi fungsi vegetasi sebagai penyerap karbon dioksida (CO₂). Beberapa strategi utama yang dapat dilakukan meliputi:

1. Penambahan Vegetasi Berbasis Efisiensi Lingkungan dan Ekonomi

Penambahan 692 tumbuhan di Jalan Protokol Kota Cilegon menjadi langkah strategis untuk meningkatkan daya serap karbon dioksida hingga 101,43%. Pemilihan jenis vegetasi dengan daya serap karbon tinggi, seperti trembesi (*Samanea*

saman) atau ketapang (*Terminalia catappa*), dapat memaksimalkan manfaat lingkungan dengan biaya yang efisien saman (Handayani et al., 2024; Purnomo et al., 2023).

2. Kebijakan Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Pemerintah Kota Cilegon dapat mengembangkan kebijakan yang mendukung peningkatan ruang terbuka hijau di sekitar jalan protokol, revitalisasi taman-taman kota, pengembangan taman kecamatan, dan penekanan pemenuhan ruang terbuka hijau privat terutama di lingkungan industri. Kebijakan ini dilakukan sebagai upaya pemenuhan 30% luas ruang terbuka hijau dari luas wilayah Kota Cilegon sebagai amanat Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 dan Permen Agraria dan Tata Ruang Nomor 14 Tahun 2022 (Muhlisin, 2016, 2018; Muhlisin et al., 2021).

3. Kolaborasi antara Pemerintah, Masyarakat, dan Swasta

Pendekatan ekonomi hijau memerlukan keterlibatan berbagai pemangku kepentingan. Kolaborasi dapat dilakukan melalui model tata kelola kolaboratif (*collaborative governance*) antara pemerintah, masyarakat, dan instansi bisnis yang dimediasi oleh lembaga *Corporate Social Responsibility* (Muhlisin,

2018; Muhlisin, Suharyana, et al., 2020; Muhlisin & Budiarto, 2023).

4. Pengelolaan Jejak Ekologis dan Energi Secara Berkelanjutan

Analisis jejak ekologis energi dari transportasi menjadi dasar untuk merancang strategi mitigasi. Pemerintah dapat mendorong penggunaan transportasi publik atau kendaraan rendah emisi di Jalan Protokol Kota Cilegon untuk mengurangi sumber emisi karbon. Kombinasi ini akan mendukung vegetasi yang ada dalam menyerap emisi dengan lebih efektif. Kebijakan fiskal hijau dapat mendorong emisi yang lebih rendah dan mendorong praktik berkelanjutan, sebagaimana dibuktikan oleh korelasi positif antara langkah-langkah fiskal dan pengurangan emisi (Omodero & Alege, 2022).

Dengan pendekatan ini, pengelolaan vegetasi tidak hanya berkontribusi pada pengurangan emisi CO₂ tetapi juga menciptakan manfaat ekonomi, sosial, dan ekologi yang berkelanjutan di Jalan Protokol Kota Cilegon.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Total emisi CO₂ yang dihasilkan kendaraan bermotor di Jalan Protokol Kota Cilegon mencapai 4.400,003 ton/tahun. Jalan Ahmad Yani menjadi penyumbang

emisi CO₂ terbesar dengan 2.778,92 ton/tahun, diikuti oleh Jalan S.A. Tirtayasa 1.243,95 ton/tahun, dan Jalan Jenderal Sudirman 377,143 ton/tahun.

Terdapat 8.016 tumbuhan di Jalan Protokol Kota Cilegon dengan kemampuan daya serap vegetasi sebesar 395,328 ton/tahun. Meskipun demikian, masih terdapat sisa emisi yang belum terserap sebesar 4.004,68 ton/tahun di wilayah tersebut.

Pendekatan ekonomi hijau di Jalan Protokol Kota Cilegon mengintegrasikan keberlanjutan lingkungan dan pertumbuhan ekonomi melalui optimalisasi vegetasi sebagai penyerap karbon dioksida (CO₂). Strategi utamanya mencakup penambahan 692 tumbuhan untuk meningkatkan daya serap karbon, pengembangan kebijakan ruang terbuka hijau (RTH), kolaborasi pemerintah, masyarakat, dan swasta, serta pengelolaan jejak ekologis dengan mendorong kendaraan rendah emisi. Langkah ini tidak hanya mengurangi emisi karbon, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi, sosial, dan ekologis secara berkelanjutan bagi kawasan tersebut.

Rekomendasi

1. Perlunya peningkatan jumlah vegetasi dengan kemampuan penyerapan CO₂ yang tinggi.
2. Pemerintah diharapkan dapat melakukan penanganan dan

menetapkan kebijakan terkait perluasan Ruang Terbuka Hijau (RTH), khususnya di Jalan Protokol Kota Cilegon.

3. Masyarakat diharapkan untuk lebih sadar akan pentingnya penghijauan dan peran vegetasi dalam mengurangi emisi CO₂.
4. Perlu adanya dorongan penggunaan transportasi publik dan kendaraan rendah emisi untuk mengurangi sumber emisi karbon di jalan protokol dan menjajagi pemberian insentif pajak hijau bagi pengguna kendaraan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhianti, R. A. C., Sari, K. E. (2020). Peningkatan Biokapasitas Rth Publik Dalam Upaya Pengurangan Emisi CO₂ Ruas Jalan Ranugrati Kota Malang. *Planning for Urban Region* .9(0341)
- Ainurrohmah, S., & Sudarti, S. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis. *Jurnal Phi* 8(1).
- Ambarsari, D. N., Sari, K. E., & Maulidi, C. (2019). Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Kawasan Alun-Alun Kota Batu. *Planning for Urban Region and Environment*, 8(1), 183–195.
- Amelia Safitri, L. (2022). Literature Review: Kebijakan dan Teknologi untuk Mereduksi Dampak Buruk Dari CO₂ Pada Lingkungan. *Journal Scientific Of Mandalika (JSM) e-ISSN 2745-5955. p-ISSN 2809-0543*, 3(7), 715–722.

- Anwar, A., Younis, M., & Ullah, I. (2020). *Impact of urbanization and economic growth on CO₂ emission: A case of far east Asian countries. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7).
- Arini, D. I. D., Kinho, J., Amru, K., Damanik, M., Tumoka, E. E., Matitaputty, D. R., & Kafiar, Y. (2024). Keragaman Pohon dan Nilai Ekonomi Potensi Karbon Taman Kehati Kaki Dian, Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 22(2), 421–430.
- Badan Pusat Statistik Kota Cilegon (2022). Volume Kendaraan Kota Cilegon. *Badan Pusat Statistik*.
- Caneba, G. T. (2020). *A New Natural Climate Change Mechanism. Journal of Thermodynamics and Catalysis*. 11(3), 7544.
- Diajeng, E., Rifandu, C., Meidiana, K., & Eka, S. (2023). Kecamatan Prajuritkulon Kota Mojokerto. *Planning for Urban Region and Environment*, 12(3).
- Dinindra, J. A., Sari, K. E., & Meidiana, C. (2024). Biokapasitas RTH Publik di Jalan Panji Suroso dan Jalan Sunandar Priyo Sudarmo, Kota Malang. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 13(0341), 121–132.
- Handayani, N. P., Rahmadania, A. P., Annisa, Z. D., Haryanti, A., Purwaningrum, I. F., Sudaryoko, D. A. P., Febriana, B. W. S., Balerina, A. M., & Rahayu, T. D. (2024). Upaya Pengurangan Polusi Udara di Lingkungan Universitas Negeri Semarang dengan Penanaman Pohon. *Jurnal Majemuk*, 3.2(2), 256–268.
- Muhlisin. (2016). Potensi dan Tantangan dalam Pengembangan Ruang Terbuka Hijau di Kota Cilegon. *Prosiding Temu Ilmiah Nasional Badan Penelitian Dan Pengembangan Provinsi Jawa Timur*, December 2016, 245–254. https://www.researchgate.net/publication/319504587_Potensi_dan_Tantangan_dalam_Pengembangan_Ruang_Terbuka_Hijau_di_Kota_Cilegon_Strengths_and_Challenges_in_Developing_of_Green_Open_Space_in_Cilegon_City
- Muhlisin, M. (2018). Skenario Perencanaan Tata Kelola Kolaboratif (Collaborative Governance) dalam Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cilegon. In M. R. Janitra (Ed.), *Perspektif Pengembangan Kota Baru, Manajemen Lahan, dan Pertanahan di Indonesia* (1st ed., Issue February, pp. 9–21). ITB Press. https://www.researchgate.net/publication/331221917_Skenario_Perencanaan_Tata_Kelola_Kolaboratif_Collaborative_Governance_dalam_Pengelolaan_Ruang_Terbuka_Hijau_RTH_di_Kota_Cilegon
- Muhlisin, M., & Budiarto, M. S. (2023). Environmental CSR in Industrial Cities: A Collaborative Governance Approach. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 14(2), 64–69. <https://doi.org/10.18178/ijimt.2023.14.2.939>
- Muhlisin, M., Iskandar, J., Gunawan, B., & Cahyandito, M. F. (2020). Urban green space biodiversity of Cilegon Municipality, Banten, Indonesia: Its potential for conservation and education. *International Conference on Biodiversity*, 7(1), 1–29.
- Muhlisin. (2022). Membangun Tata Kelola Kolaboratif Dalam Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Di Kota

Cilegon. (*Doctoral dissertation, Universitas Padjadjaran Bandung*).

Nurlia, D. A., Komariah, S., & Waluya, B. (2018). Faktor-Faktor Penyebab Maraknya Pengendara Motor Di Bawah Umur Di Desa Rancamanyar Kecamatan Baleendah Kabupaten Bandung. *Sosietas*, 7(2), 381–385.

Menteri Pekerjaan Umum (2012). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 05/PRT/M/2012 Tentang Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan. *Kementrian Pekerjaan Umum*.

Sarasidehe, P. G., Jati, D. R., & Jumiati, J. (2023). Analisis Kemampuan Vegetasi pada Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor di Area Kantor Gubernur Kalimantan Barat. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 6(3), 219–228.

Sari, D. P., Webliana B, K., & Syaputra, M. (2021). Estimasi Simpanan Karbon dan Serapan Karbon Dioksida (CO₂) pada Ruang Terbuka Hijau Jalan Langko Kota Mataram. *Journal of Sustainable Development Research*, 1(1), 1–8.