



Artikel Penelitian

Analisis Kemampuan Vegetasi dalam Mereduksi Emisi Karbon CO₂ dari Kendaraan Bermotor

(Studi Kasus Jalan Poros Kendari – Unaaha, Sulawesi Tenggara)

Yudhistira Yudhistira ^{a,*}, Rosdiana Rosdiana ^a, Ratna Sakay ^b

^a Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Jl. KH. Ahmad Dahlan No. 10 Kendari – Sulawesi Tenggara, Indonesia.

^b Limbah Domestik dan Limbah B3, Badan Lingkungan Hidup, Dinas Lingkungan Hidup, Kendari – Sulawesi Tenggara, Indonesia.

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 6 November 2023

Revisi Akhir: 20 November 2023

Diterbitkan Online: 01 Desember 2023

KATA KUNCI

Air; Emission; Reduction; Remediation; Sulawesi Tenggara

KORESPONDENSI

Telepon: -

E-mail: yudis4483@gmail.com

ABSTRACT

Global warming and climate change are serious challenges faced by the world today. One of the main contributors to climate change is greenhouse gas emissions, including carbon dioxide (CO₂), which comes from various sources, including the transportation sector. The purpose of this study was to determine the potential of vegetation in reducing CO₂ emissions from motorized vehicles on Kendari-Unaaha Road, Lalosabila Village, Wawotobi District, Konawe Regency. Data collected in the form of the number of vehicles passing through the research location for eight hours, namely at 06.00-08.00, 11.00-13.00, 16.00-18.1800 and 19.00-21.00. A counter was used to count the number of each type of vehicle passing through the study site. Individual and tree species were counted directly in the field using the census method. The amount of CO₂ emissions produced by 22,427 units of motorized vehicles on the Kendari-Unaaha axis road in Lalosabila village, Wawotobi sub-district, Konawe district, Southeast Sulawesi amounted to 2495.42 kg/hour with details: Motorcycles are 556.46 kg/hour, Light vehicles are 1381.77 kg/hour, and Heavy Vehicles are 557.18 kg/hour. The results of this study show that the efficiency of CO₂ absorption by vegetation is 203.91 kg/hour of total emissions of 2495.42 kg/hour with a total calculation result of 48.44 kg/hour. This shows that vegetation on the Kendari-Unaaha axis road in Lalosabila village, Wawotobi sub-district, Konawe district has not been able to reduce CO₂ emissions from motorized vehicles to the maximum.

1. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan salah satu sarana yang sangat dibutuhkan saat ini. Memiliki kendaraan bermotor sebagai alat transportasi akan memudahkan dalam melakukan berbagai aktivitas. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor akan memberikan dampak ekonomi bagi sektor industri, penciptaan lapangan kerja dan peningkatan pendapatan negara. Di sisi lain, kawasan transportasi dapat mendorong peningkatan sirkulasi keuangan, dan terdapat hubungan sebab akibat antara kawasan transportasi dan peredaran mata uang. Namun, peningkatan jumlah kendaraan bermotor tidak selalu berdampak positif dan justru dapat berdampak negatif. Sejumlah besar tindakan pengangkutan yang tidak terkendali, terutama pengangkutan mekanis, dapat secara efektif mempengaruhi iklim. Diantaranya, misalnya tingginya konsentrasi polutan akibat emisi atau kabut asap yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor.

Transportasi bertanggung jawab atas 60% pencemar di udara, selebihnya berasal dari industri 25%, rumah tangga 10%, dan limbah 5% (Kusumawardani, 2018). Pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor menghasilkan polutan seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), karbon (HC), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), dan partikulat. Karbon dioksida (CO₂) merupakan polutan yang paling banyak dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Ma'arif, A., 2016). Pemanasan global dan perubahan iklim merupakan tantangan serius yang dihadapi oleh dunia saat ini. Salah satu kontributor utama terhadap perubahan iklim adalah emisi gas rumah kaca, termasuk CO₂, yang berasal dari berbagai sumber, termasuk sektor transportasi. Jalan-jalan perkotaan dan perkampungan, seperti Jalan Kendari - Unaaha di Kelurahan Lalosabila, tidak terkecuali dari dampak emisi karbon ini. Emisi karbon di jalan-jalan tersebut dapat berasal dari kendaraan bermotor, industri, dan aktivitas manusia lainnya. Pada tahun

2021 Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Konawe mencapai 29.280 unit dengan rincian bahwa mobil penumpang berjumlah 3.577 unit, sepeda motor berjumlah 23.811 unit, bus berjumlah 6 unit, dan truk berjumlah 1.886 unit (BPS, 2021).

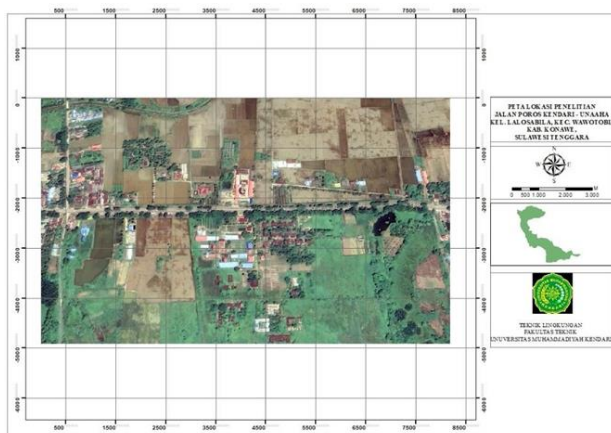
Jalan Kendari - Unaaha yang berlokasi di Kelurahan Lalosabila merupakan infrastruktur di wilayah Sulawesi Tenggara, Indonesia. Jalan ini merupakan salah satu jalan nasional yang menghubungkan Kabupaten Konawe, Kabupaten Kolaka Timur, Kabupaten Konawe Utara, dan Kota Kendari. Selain berperan sebagai jalur transportasi utama, Jalan Kendari - Unaaha juga berfungsi sebagai akses distribusi penting untuk pertanian dan distribusi barang antarwilayah maupun antarprovinsi.

Salah satu solusi potensial yang dapat diambil adalah dengan memanfaatkan kemampuan vegetasi dalam mereduksi emisi karbon. Tumbuhan, terutama pohon dan vegetasi yang tumbuh di sepanjang jalan, memiliki kemampuan alami untuk menyerap karbon dioksida dari udara melalui proses fotosintesis. Berdasarkan fungsi dan perannya, jalur hijau jalan seharusnya dapat mengurangi emisi gas karbon yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Damayani, 2021). Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan informasi mengenai kemampuan vegetasi dalam mereduksi emisi karbon. Data ini dapat digunakan untuk mengetahui fungsi vegetasi yang ada di jalan Kendari-Unaaha kelurahan Lalosabila, kecamatan Wawotobi, kabupaten Konawe. Selain itu, data ini juga dapat digunakan sebagai baseline data untuk beberapa tahun kedepan apabila terjadi perubahan penggunaan lahan.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di jalan poros Kendari-Unaaha, Kelurahan Lalosabila, Kecamatan Wawotobi, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Jarak penelitian adalah 1 km, dimulai dari depan Kampus Akademi Kesehatan Konawe dan berakhir di depan Kantor Perpustakaan dan Arsip Daerah Kabupaten Konawe seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Metode Penelitian

1. Perhitungan Luas Tajuk Vegetasi

Perhitungan luas tajuk dilakukan penginderaan jauh/pemetaan dan dilakukan pengukuran langsung di lapangan terhadap beberapa vegetasi. Diameter tajuk terpanjang dan terpendek diukur dengan pita pengukur pada proyeksi tajuk pohon yang diamati dengan cara berdiri dibawah tajuk (Damayani, 2021). Luas tajuk diperoleh dari diameter tajuk dalam satuan meter juga dilakukan perhitungan (Trisetio, 2022).

2. Perhitungan Volume Kendaraan Bermotor

Perhitungan volume kendaraan bermotor dengan mengelompokkan jenis kendaraan bermotor. Mengacu pada "Petunjuk Teknis Dekonsentrasi Pengendalian Udara Sumber Gerak" tahun 2012 yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, pendataan dilakukan empat kali sehari pada pagi, siang, sore dan malam hari. Waktu yang dipilih untuk mengumpulkan data penelitian adalah jam dengan banyak kegiatan masyarakat di jalan antara lain 06.00-08.00, 11.00-13.00, 16.00-18.00 dan 19.00-21.00. Digunakan alat *couter* untuk menghitung jumlah setiap jenis kendaraan yang melintas di lokasi penelitian.

3. Perhitungan Emisi Kendaraan

Emisi dari kendaraan bermotor dihitung berdasarkan rumus intensitas emisi. Untuk memperoleh intensitas emisi (Q). Kekuatan emisi (*emission strength*) menunjukkan jumlah emisi yang dipancarkan per satuan waktu. Untuk menghitung kekuatan emisi diperlukan data dalam bentuk (Damayani, 2021):

- Jumlah Kendaraan (n), tipe kendaraan yang masuk dalam perhitungan jumlah kendaraan sesuai dengan jenis kendaraannya.
- Faktor Emisi (FE), faktor emisi didefinisikan sebagai berat sejumlah polutan tertentu yang dihasilkan oleh pembakaran sejumlah bahan bakar dalam jangka waktu tertentu (Sihotang & Assomadi, 2010). Faktor emisi karbon dioksida kendaraan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Emisi Gas Buangan Kendaraan di Indonesia

Kategori perhitungan beban pencemar udara	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/kg BBM)	SO ₂ (g/km)
Sepeda motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil (bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil (solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Mobil	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,5	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

(Sumber: Widiatmono *et al.*, 2020)

- Panjang Jalan (L) pada lokasi penelitian diperoleh dengan mengukur Panjang jalan menggunakan aplikasi Google Earth.
- Konsumsi Bahan Bakar (K) atau konsumsi energi spesifik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi energi spesifik kendaraan bermotor

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (liter/100km)
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	2,66
2.	Mobil penumpang	11,79
3.	Opelet, suburban, combi, dan minibus	11,60
4.	Pick-up, micro truck, dan mobil hantaran	10,64
5.	Bus kecil	16,50
6.	Bus besar	16,89
7.	Truk ringan 2 sumbu	18,50
8.	Truk sedang 2 sumbu	18,80
9.	Truk 3 sumbu	19,00
10.	Truk gandeng	19,10
11.	Truk semi trailer	19,20

(Sumber: Trisetio, 2022)

4. Perhitungan Daya Serap Vegetasi

Perhitungan serapan CO₂ oleh vegetasi digunakan persamaan 2.3 yaitu dengan mengalikan luas tajuk (dalam hektar) dengan kapasitas serapan berdasarkan jenis tutupan pohon, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Daya Serap CO₂ Berbagai Tutupan Vegetasi

No	Tipe Penutupan	Daya Serap CO ₂		
		(kg/ha/jam)	(kg/ha/hari)	(ton/ha/tahun)
1.	Pohon	129,925	1.559,10	569,07
2.	Semak/perdu	12,556	150,68	55,00
3.	Padang rumput	2,74	32,88	12,00
4.	Sawah	2,74	32,99	12,00

(Sumber: Lestari *et al.*, 2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kelurahan Lalosabila, Kecamatan Wawotobi, Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara. Koordinat lokasi penelitian adalah 3°52'18.85"S, 122°05'26.39"E. Lokasi penelitian ini memiliki iklim tropis. Berikut adalah data curah hujan tahun 2019. Lokasi penelitian terletak di sepanjang jalan nasional yang menghubungkan Kabupaten Konawe, Kabupaten Kolaka Timur, Kabupaten Konawe Utara, dan Kota Kendari. Jalan ini juga berfungsi sebagai akses distribusi pertanian dan barang ke berbagai wilayah maupun antar provinsi. Vegetasi di lokasi penelitian meliputi beberapa jenis tanaman, antara lain:

- 1) Pohon mahoni (*Swietenia Mahagoni*) adalah salah satu jenis pohon yang dapat tumbuh di lokasi penelitian. Pohon mahoni dikenal memiliki kemampuan serapan CO₂ yang cukup baik.
- 2) Pohon trembesi (*Samanea saman*) juga tumbuh di lokasi penelitian. Trembesi adalah pohon yang sering digunakan dalam kehutanan dan memiliki potensi dalam mengurangi kadar CO₂ di udara.
- 3) Pohon glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*) adalah tanaman lain yang bisa ditemukan di lokasi penelitian. Seperti pohon lainnya, glodokan tiang juga memiliki peran dalam penyerapan karbon dioksida.

- 4) Selain pohon, lokasi penelitian juga mencakup tanaman hias seperti bunga kertas. Meskipun tidak sebesar pohon, tanaman hias juga dapat berkontribusi dalam mengurangi CO₂ di lingkungan.

Tujuan penelitian di lokasi ini adalah untuk menghitung efisiensi serapan vegetasi terhadap CO₂. Dengan variasi vegetasi yang ada, penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan wawasan yang berharga tentang peran ekosistem lokal dalam mitigasi perubahan iklim dan menjaga keseimbangan ekosistem.

Tabel 4. Curah Hujan Konawe/Unaaha, 2019

BALAI WILAYAH ST. NGAI S. JAWES IV-HIDROLOGI												
DATA CURAH HUJAN (mm) TAHUN 2019												
Nama Pos	Pos Hujan UNAHA						Tahun Pendirian		: 1987			
DAS	: S. Konawe						Elevasi Pos		: ± 8 m dpl			
Wilayah Sungai	: Lasolo-Konawe						Dibangun Oleh		: BWS Sulawesi-IV			
Data Geografis	: 05°28'27"15-12°41'2"BT						Provinsi		: Sulawesi Tenggara			
Kabupaten/Kecamatan	: Konawe/ Unaaha						Pelaksana		: BWS Sulawesi-IV			
TANGGAL	BULAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1	0,7	5,6	0,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	20,0	0,0	1,4	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,9	0,0	0,0	0,0	7,1	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
5	0,0	0,8	0,0	14,3	38,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	2,0	3,7	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,7	11,4	0,0	3,7	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,6	0,0	5,9	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	2,8	27,8	0,0	2,6	0,0	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	3,8	1,6	6,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	4,0	0,0	0,0	27,2	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	26,1	2,5	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
14	0,0	5,4	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	1,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9
17	0,0	12,0	1,9	0,0	0,0	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	1,5	0,0	1,1	0,8	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	1,5	12,0	3,7	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	20,0	11,4	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	8,6	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	28,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
23	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	4,7
26	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
27	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	30,0	0,0	6,0	1,2	0,0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6
31	10,0	0,0	0,0	5,6	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5
Jml. Curah Hujan	505,9	148,4	58,8	96,1	113,2	94,8	52,1	3,0	0,0	0,0	0,0	38,9
Hujan Maks	30,0	27,8	28,0	36,0	38,0	18,4	14,7	1,7	0,0	0,0	0,0	18,6
Hujan Min	0,7	0,8	0,0	1,1	0,8	1,0	0,7	1,3	0,0	0,0	0,0	0,8
Rata-rata	16,3	4,8	1,9	3,1	3,7	3,2	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	1,3
Hari Hujan	11	19	11	10	12	14	8	2	0	0	0	9
Tahunan	Hujan Maksimum			Jumlah Curah Hujan				Jumlah Hari Hujan			Hujan Ekstrem	
	30,0			713,2				96			23,7	

(Sumber : BWS Sulawesi iv – Hidrologi)

3.2. Analisis Volume Kendaraan Bermotor

1. Analisis Volume Kendaraan Sepeda Motor

Analisis volume kendaraan sepeda motor dilakukan untuk mengetahui jumlah sepeda motor yang beroperasi per satuan waktu (Damayani, 2021). Dimana perhitungan lalu lintas sepeda motor di lokasi penelitian dilakukan selama tiga hari (yaitu Senin, Rabu, dan Minggu) (Tabel 5). Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa jumlah kendaraan sepeda motor terbanyak pada saat pengukuran yaitu pada hari senin jam 16.00 - 18.00 sebanyak 1.460 sepeda motor per dua jam. Jumlah kendaraan terkecil pada saat itu yaitu pada hari minggu jam 06.00 – 08.00 dengan jumlah kendaraan sebanyak 578 sepeda motor per dua jam.

Tabel 5. Volume kendaraan sepeda motor

Waktu (WITA)	Hari	Volume Kendaraan Sepeda Motor	
06.00 – 08.00	Senin	783	
	Rabu	659	
	Minggu	578	
11.00 – 13.00	Senin	1277	
	Rabu	923	
	Minggu	1023	
16.00 – 18.00	Senin	1460	
	Rabu	1316	
	Minggu	1421	
19.00 – 21.00	Senin	1141	
	Rabu	1314	
	Minggu	1262	

2. Analisis Volume Kendaraan Ringan

Analisis volume kendaraan ringan dilakukan untuk mengetahui jumlah kendaraan ringan yang beroperasi per satuan waktu. Kendaraan ringan yang terlibat adalah mobil penumpang, truk pickup dan truk kecil, di antaranya kendaraan ringan berbahan bakar pertalite (Damayani, 2021). Perhitungan lalu lintas kendaraan ringan di lokasi penelitian dilakukan selama tiga hari, (yaitu Senin, Rabu, dan Minggu) (Tabel 6). Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa jumlah kendaraan ringan terbanyak pada saat pengukuran yaitu pada hari minggu jam 11.00 - 13.00 sebanyak 872 kendaraan per dua jam. Jumlah kendaraan terkecil pada saat itu yaitu pada hari minggu jam 06.00 – 08.00 dengan jumlah kendaraan sebanyak 209 kendaraan per dua jam.

Tabel 6. Volume kendaraan Ringan

Waktu	Hari	Volume Kendaraan Ringan
06.00 – 08.00	Senin	384
	Rabu	403
	Minggu	209
11.00 – 13.00	Senin	660
	Rabu	517
	Minggu	872
16.00 – 18.00	Senin	774
	Rabu	683
	Minggu	812
19.00 – 21.00	Senin	770
	Rabu	583
	Minggu	704

3. Analisis Volume Kendaraan Berat

Analisis volume kendaraan berat dilakukan untuk mengetahui jumlah kendaraan berat yang beroperasi per satuan waktu. Kendaraan berat yang terlibat adalah bus besar, bus sedang, dan truk besar, di antaranya kendaraan ringan berbahan bakar solar (Damayani, 2021). Perhitungan lalu lintas kendaraan berat di lokasi penelitian dilakukan selama tiga hari, (yaitu Senin, Rabu, dan Minggu) (Tabel 7). Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa jumlah kendaraan berat terbanyak pada saat pengukuran yaitu pada hari senin jam 16.00 - 18.00 sebanyak 255 kendaraan per dua jam. Jumlah kendaraan terkecil pada saat itu yaitu pada hari minggu jam 06.00 – 08.00 dengan jumlah kendaraan sebanyak 43 kendaraan per dua jam.

Tabel 7. Volume kendaraan berat

Waktu	Hari	Volume Kendaraan Berat
06.00 – 08.00	Senin	64
	Rabu	71
	Minggu	43
11.00 – 13.00	Senin	226
	Rabu	204
	Minggu	191
16.00 – 18.00	Senin	255
	Rabu	237
	Minggu	140
19.00 – 21.00	Senin	223
	Rabu	153
	Minggu	92

3.3. Analisis Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor

Analisis bertujuan untuk mengetahui emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor pada jam sibuk di lokasi penelitian. Konsumsi bahan bakar kendaraan diperoleh dengan mengalikan konsumsi energi spesifik dengan panjang jalan (Damayani, 2021).

Perhitungan konsumsi bahan bakar kendaraan sepeda motor:

Diketahui:

Panjang jalan = 1 km

Konsumsi bahan bakar motor = 2,66 lt/100km

$$\begin{aligned} \text{konsumsi bahan bakar} &= \frac{\text{konsumsi bahan bakar} \times \text{panjang jalan}}{100} \\ &= \frac{2,66 \times 1}{100} \\ &= 0,0266 \text{ lt/km} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar kendaraan ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Konsumsi energi spesifik kendaraan bermotor

No	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (liter/100km)	Konsumsi Energi Spesifik (liter/km)
1	Sepeda Motor	2,66	0,0266
2	Mobil penumpang	11,79	0,1179
3	Bus kecil	16,5	0,165
4	Bus besar	16,89	0,1689
5	Truk	18,5	0,185

1. Analisis Emisi CO₂ Sepeda Motor

Penentuan kekuatan emisi (Q) diperoleh dari data Panjang jalan (I), volume kendaraan (n), konsumsi bahan bakar (K), dan nilai faktor emisi CO₂ (FE) dengan menggunakan rumus 1 berikut (Damayani, 2021).

$$Q = n \times FE \times K \times L \quad (1)$$

Perhitungan kekuatan emisi sepeda motor pada hari senin pukul 16.00 – 18.00:

Diketahui:

I = 1 km

n = 1460 kendaraan/2jam = 730 kendaraan/jam

K = 0,0266 lt/km

FE = 3.180 gr/kg BBM

$$\begin{aligned} Q &= n \times FE \times K \times I \\ &= 730 \times 3.180 \times 0,0266 \times 1 \\ &= 61749,24 \text{ gr/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan data panjang jalan, nilai konsumsi bahan bakar, jumlah kendaraan dan nilai faktor emisi CO₂ diperoleh kekuatan emisi seperti terlihat pada Tabel 9. Berdasarkan Tabel 9 intensitas emisi maksimum terjadi pada waktu pengukuran yaitu pada hari senin jam 16.00 - 18.00 yaitu sebesar 61,74 kg/jam. intensitas emisi minimum terjadi pada waktu pengukuran yaitu pada hari minggu jam 06.00 – 08.00 yaitu sebesar 24,44 kg/jam.

Tabel 9. Kekuatan emisi CO₂ sepeda motor

Waktu	Hari	Sepeda Motor	
		gram/jam	kg/jam
06.00 – 08.00	Senin	33116,202	33,116202
	Rabu	27871,746	27,871746
	Minggu	24445,932	24,445932
11.00 – 13.00	Senin	54009,438	54,009438
	Rabu	39037,362	39,037362
	Minggu	43266,762	43,266762
16.00 – 18.00	Senin	61749,24	61,74924
	Rabu	55658,904	55,658904
	Minggu	60099,774	60,099774
19.00 – 21.00	Senin	48257,454	48,257454
	Rabu	55574,316	55,574316
	Minggu	53375,028	53,375028

2. Analisis Emisi CO₂ Kendaraan Ringan

Penentuan kekuatan emisi (Q) diperoleh dari data Panjang jalan (I), volume kendaraan (n), konsumsi bahan bakar (K), dan nilai faktor emisi CO₂ (FE) dengan menggunakan rumus 1 (Damayani, 2021). Perhitungan kekuatan emisi kendaraan ringan pada hari minggu pukul 11.00 – 13.00:

Diketahui:

$$\begin{aligned} I &= 1 \text{ km} \\ n &= 872 \text{ kendaraan/2jam} = 436 \text{ kendaraan/jam} \\ K &= 0,1179 \text{ lt/km} \\ FE &= 3.180 \text{ gr/kg BBM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= n \times FE \times K \times I \\ &= 436 \times 3.180 \times 0,1179 \times 1 \\ &= 163465,992 \text{ gr/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan data panjang jalan, nilai konsumsi bahan bakar, jumlah kendaraan dan nilai faktor emisi CO₂ diperoleh nilai kekuatan emisi seperti terlihat pada Tabel 10. Berdasarkan Tabel 10 intensitas emisi maksimum terjadi pada waktu pengukuran yaitu pada hari minggu jam 11.00 - 13.00 yaitu sebesar 163,46 kg/jam. intensitas emisi minimum terjadi pada waktu pengukuran yaitu pada hari minggu jam 06.00 – 08.00 yaitu sebesar 39,17 kg/jam.

Tabel 10. Kekuatan Emisi CO₂ Kendaraan Ringan

Waktu	Hari	Kendaraan Ringan	
		gram/jam	kg/jam
06.00 – 08.00	Senin	71985,024	71,985024
	Rabu	75546,783	75,546783
	Minggu	39179,349	39,179349
11.00 – 13.00	Senin	123724,26	123,72426
	Rabu	96917,337	96,917337
	Minggu	163465,992	163,465992
16.00 – 18.00	Senin	145094,814	145,094814
	Rabu	128035,863	128,035863
	Minggu	152218,332	152,218332
19.00 – 21.00	Senin	144344,97	144,34497
	Rabu	109289,763	109,289763
	Minggu	131972,544	131,972544

3. Analisis Emisi CO₂ Kendaraan Berat

Penentuan kekuatan emisi (Q) diperoleh dari data Panjang jalan (I), volume kendaraan (n), konsumsi bahan bakar (K), dan nilai faktor emisi CO₂ (FE) dengan menggunakan rumus 1 (Damayani, 2021). Perhitungan kekuatan emisi kendaraan berat pada hari senin pukul 16.00 – 18.00:

Diketahui:

$$\begin{aligned} I &= 1 \text{ km} \\ n &= 255 \text{ kendaraan/2jam} = 127,5 \text{ kendaraan/jam} \\ K &= 0,185 \text{ lt/km} \\ FE &= 3.172 \text{ gr/kg BBM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= n \times FE \times K \times I \\ &= 127,5 \times 3.172 \times 0,185 \times 1 \\ &= 74819,55 \text{ gr/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan data panjang jalan, nilai konsumsi bahan bakar, jumlah kendaraan dan nilai faktor emisi CO₂ diperoleh nilai kekuatan emisi seperti terlihat pada Tabel 11. Berdasarkan Tabel 11 intensitas emisi maksimum terjadi pada waktu pengukuran yaitu pada hari senin jam 16.00 - 18.00 yaitu sebesar 74,81 kg/jam. intensitas emisi minimum terjadi pada waktu pengukuran yaitu pada hari minggu jam 06.00 – 08.00 yaitu sebesar 12,61 kg/jam.

Tabel 11. kekuatan Emisi CO₂ Kendaraan Berat

Waktu	Hari	Kendaraan Berat	
		gram/jam	kg/jam
06.00 – 08.00	Senin	18778,24	18,77824
	Rabu	20832,11	20,83211
	Minggu	12616,63	12,61663
11.00 – 13.00	Senin	66310,66	66,31066
	Rabu	59855,64	59,85564
	Minggu	56041,31	56,04131
16.00 – 18.00	Senin	74819,55	74,81955
	Rabu	69538,17	69,53817
	Minggu	41077,4	41,0774
19.00 – 21.00	Senin	65430,43	65,43043
	Rabu	44891,73	44,89173
	Minggu	26993,72	26,99372

3.4. Analisis Daya Serap CO₂ oleh Vegetasi

Perhitungan daya serap setiap jenis vegetasi, perlu diketahui luas tajuk yang dicakup oleh masing-masing jenis vegetasi. Luas tajuk diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dengan mengukur diameter bayangan vegetasi terpanjang dan terpendek seperti pada rumus 2 dan untuk mengetahui luas tajuk vegetasi digunakan persamaan 3.

$$\text{Drata - rata} = \frac{D_{\text{terpanjang}} + D_{\text{terpendek}}}{2} \quad (2)$$

$$L = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad L = p \times l \quad (3)$$

Perhitungan luas tajuk vegetasi pohon mahoni (*Swietenia Mahagoni*).

Diketahui:

Dpanjang = 20,4 m

Dpendek = 13,3 m

$$\begin{aligned} \text{Drata - rata} &= \frac{D_{\text{terpanjang}} + D_{\text{terpendek}}}{2} \\ &= \frac{20,4 + 13,3}{2} = 16,85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16,85^2 \\ &= 222,8791625 \text{ m}^2 \\ &= 0,022287916 \text{ Ha} \end{aligned}$$

Perhitungan luas tajuk vegetasi pohon trembesi (*Samanea saman*).

Diketahui:

Dpanjang = 23,5 m

Dpendek = 11,1 m

$$\begin{aligned} \text{Drata - rata} &= \frac{D_{\text{terpanjang}} + D_{\text{terpendek}}}{2} \\ &= \frac{23,5 + 11,1}{2} = 17,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 17,3^2 \\ &= 234,94265 \text{ m}^2 \\ &= 0,023494265 \text{ Ha} \end{aligned}$$

Perhitungan luas tajuk vegetasi pohon glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*).

Diketahui:

Dpanjang = 2,4 m

Dpendek = 1,5 m

$$\begin{aligned} \text{Drata - rata} &= \frac{D_{\text{terpanjang}} + D_{\text{terpendek}}}{2} \\ &= \frac{2,4 + 1,5}{2} = 1,95 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,95^2 \\ &= 2,9849625 \text{ m}^2 \\ &= 0,00029849625 \text{ Ha} \end{aligned}$$

Perhitungan luas tajuk vegetasi bunga kertas (*bougenvile*).

Diketahui:

Dpanjang = 0,9 m

Dpendek = 0,8 m

$$\begin{aligned} \text{Drata - rata} &= \frac{D_{\text{terpanjang}} + D_{\text{terpendek}}}{2} \\ &= \frac{0,9 + 0,8}{2} = 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,85^2 \\ &= 0,5671625 \text{ m}^2 \\ &= 0,00005671625 \text{ Ha} \end{aligned}$$

Setelah diketahui luas tutupan vegetasi, maka kapasitas serapan CO₂ dapat ditentukan menggunakan rumus 4 yaitu dengan mengalikan luas tutupan vegetasi dengan kapasitas serapan CO₂ berbagai tutupan.

$$\text{Daya serap vegetasi} = \text{daya serap vegetasi per tanaman} \times \text{luas tajuk} \quad (4)$$

Diketahui:

Luas tajuk pohon mahoni = 0,022287916 Ha

Luas tajuk pohon trembesi = 0,023494265 Ha

Luas tajuk pohon glodokan tiang = 0,00029849625 Ha

Luas tajuk bunga kertas = 0,00005671625 Ha

Daya serap pohon = 129,925 kg/Ha/jam

Daya serap Semak = 12,556 kg/Ha/jam

$$\text{Daya serap mahoni} = 129,925 \times 0,022287916$$

$$= 2,895757519 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Daya serap trembesi} = 129,925 \times 0,023494265$$

$$= 3,05249238 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Daya serap glodokan tiang} = 129,925 \times 0,00029849625$$

$$= 0,038782125 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Daya serap bunga kertas} = 12,556 \times 0,00005671625$$

$$= 0,007368859 \text{ kg/jam}$$

Total luas tutupan setiap vegetasi dan daya serap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Luas Tutupan Vegetasi dan Daya Serap CO₂

Jenis Vegetasi	Luas Kanopi (ha)	Daya Serep CO ₂ (Kg/jam)
Mahoni	1,043437661	135,5686381
Trembesi	0,517289684	67,20886216
Glodokan tiang	0,006988486	0,90797905
Bunga kertas	0,001763817	0,229163859

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan pengolahan data, dapat diketahui kapasitas penyerapan CO₂ oleh vegetasi di lokasi penelitian. Berdasarkan tabel 12, vegetasi jenis pohon mahoni merupakan vegetasi dengan total tutupan tajuk pohon terbesar yaitu 1,04 hektar, dan potensi daya serap karbon dioksida sebesar 135,56 kg/jam. Sedangkan. Perbedaan daya serap vegetasi disebabkan oleh perbedaan jenis vegetasi dan luas tutupan vegetasi.

3.5. Analisis Kemampuan Vegetasi dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida dari Kendaraan Bermotor

Setelah melakukan perhitungan emisi kendaraan bermotor dan melakukan pendataan jumlah, jenis dan jenis vegetasi yang ada di lokasi penelitian, maka untuk mengetahui kecukupan vegetasi yang ada dalam menyerap emisi CO₂ (Trisetio, 2022).

$$\text{Sisa emisi} = \text{emisi} - \text{total daya serap} \quad (5)$$

Perhitungan sisa emisi kendaraan bermotor pada hari senin jam 06.00 – 08.00:

Diketahui:

$$\text{Total emisi} = 96,9014936 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Total daya serap} = 203,9146431 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Sisa Emisi} = \text{emisi} - \text{total daya serap}$$

$$= 96,9014936 - 203,9146431$$

$$= -107,0131495 \text{ kg/jam}$$

Perhitungan sisa emisi kendaraan bermotor pada hari minggu jam 11.00 – 13.00:

Diketahui:

$$\text{Total emisi} = 208,2204732 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Total daya serap} = 203,9146431 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Sisa Emisi} = \text{emisi} - \text{total daya serap}$$

$$= 208,2204732 - 203,9146431$$

$$= 4,30583005 \text{ kg/jam}$$

Berdasarkan perhitungan efisiensi vegetasi dalam menyerap emisi CO₂ dari kendaraan bermotor, data yang diperoleh disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Efisiensi Penyerapan Emisi CO₂ oleh Vegetasi

Waktu	Hari	Total Emisi CO ₂ Kendaraan (kg/jam)	Daya Serap CO ₂ oleh vegetasi (kg/jam)	Sisa Emisi CO ₂ (kg/jam)
06.00 – 08.00	Senin	123,879466	203,9146431	-80,0351771
	Rabu	124,250639		-79,6640041
	Minggu	76,241911		-127,6727321
11.00 – 13.00	Senin	244,044358		40,1297149
	Rabu	195,810339		-8,1043041
	Minggu	262,774064		58,8594209
16.00 – 18.00	Senin	281,663604		77,7489609
	Rabu	253,232937		49,3182939
	Minggu	253,395506		49,4808629
19.00 – 21.00	Senin	258,032854		54,1182109
	Rabu	209,755809		5,8411659
	Minggu	212,341292		8,4266489
TOTAL		2495,422779		48,4470618

Berdasarkan Tabel 13 maka didapatkan hasil perhitungan emisi CO₂ dan daya serapnya dengan total sebesar 48,44 kg/jam atau 424,206 ton/CO₂/tahun. Hal ini menunjukkan vegetasi belum mampu menyerap CO₂ dari kendaraan bermotor dengan maksimal karena emisi yang dihasilkan kendaraan bermotor lebih banyak dibandingkan daya serap vegetasi. Namun, dalam periode vegetasi mampu menyerap emisi dengan sempurna yaitu pada hari senin, rabu, dan minggu jam 06.00 – 08.00 dan hari rabu jam 11.00 – 13.00. Berdasarkan Damayani (2021) melakukan penelitian mengenai Analisis Kemampuan Vegetasi Dalam Mereduksi Emisi Karbon Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Kecamatan Baiturrahman Kota Banda Aceh. Penelitian tersebut dilakukan pada beberapa lokasi, dimana hasil menunjukkan pada lokasi 1, vegetasi sudah dapat menyerap 100% emisi CO₂ dari kendaraan bermotor. Tetapi pada lokasi 2 dan lokasi 3, vegetasi belum dapat menyerap 100% emisi CO₂ dari kendaraan bermotor selama waktu pengukuran. Tercapainya kemampuan daya serap emisi pada penelitian ini tidak terlepas dari jumlah vegetasi dalam mereduksi emisi karbon selain itu juga terdapat ragam vegetasi dan luas tajuk yang besar (Damayani, 2021).

Pengoptimalan kapasitas serapan emisi, dapat dilakukan revegetasi (penggantian jenis vegetasi) dengan vegetasi yang mempunyai daya serap emisi lebih baik, atau dapat ditambahkan tanaman berupa semak/perdu yang dapat ditanam dalam pot. Menurut penelitian Laksono pada tahun 2014, semakin luas wilayah yang ditutupi vegetasi maka semakin besar pula kapasitas penyerapan CO₂. Hal ini sesuai dengan data yang dianalisis oleh para peneliti (Trisetio, 2022).

4. KESIMPULAN

Total volume kendaraan yang melintasi Jalan Poros Kendari-Unaaha adalah sebesar 22.427 unit dengan intensitas maksimal volume kendaraan yang melewati lokasi penelitian terjadi pada hari senin jam 16.00 – 18.00 yaitu 2.489 unit dan intensitas minimum volume kendaraan terjadi pada hari minggu jam 06.00 – 08.00 yaitu 830 unit. Besaran emisi CO₂ yang dihasilkan oleh

22.427 unit kendaraan bermotor di jalan poros Kendari-Unaaha Kelurahan Lalosabila, Kecamatan Wawotobi, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara berjumlah 2495,42 kg/jam dengan rincian: Sepeda motor yaitu 556,46 kg/jam, Kendaraan ringan yaitu 1381,77 kg/jam, dan Kendaraan Berat yaitu 557,18 kg/jam.

Total daya serap CO₂ oleh vegetasi yaitu 203,91 kg/jam dengan rincian: pohon Mahoni yaitu 135,56 kg/jam, pohon Trembesi yaitu 67,20 kg/jam, pohon Glodokan tiang yaitu 0,90 kg/jam, dan Bunga Kertas yaitu 0,22 kg/jam. Dengan total emisi yaitu 2495,42 kg/jam, maka berdasarkan hasil perhitungan didapatkan sisa emisi dengan total sebesar 48,44 kg/jam. Hal tersebut menunjukkan vegetasi di jalan poros Kendari-Unaaha kelurahan Lalosabila, kecamatan Wawotobi, kabupaten Konawe belum mampu menyerap CO₂ dari kendaraan bermotor dengan maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Kendari.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS (2021). Sulawesi Tenggara dalam angka 2021. Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara.
- Damayani, E. (2021). Analisis Kemampuan Vegetasi Dalam Mereduksi Emisi Karbon Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Kecamatan Baiturrahman Kota Banda Aceh (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).
- Kusumawardani, D., & Navastara, A. M. (2018). Analisis besaran emisi gas CO₂ kendaraan bermotor pada Kawasan Industri SIER Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), C399-C402.
- Lestari, W. O. D. M., Hajji, A. M., & Yulistyorini, A. (2021). Kebutuhan RTH Untuk Menyerap Emisi Co₂ Kendaraan Bermotor Pada Kawasan Jembatan Teluk Kendari. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(3), 197-209.
- 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), D216-D220.
- Trisetio, F. (2022). Analisis Penyerapan Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Pada Jalur Hijau Jalan Urip Sumoharjo Kota Makassar= Analysis of Vehicle CO₂ Emissions Sink by Urip Sumoharjo Road Green Belt, Makassar City (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Widiatmono, B. R., Kurniati, E., & Imaya, A. T. (2020). Analisis sebaran polutan SO₂, NO_x dan pm10 dari sumber bergerak pada jalan arteri Kota Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3), 40-51.