

Analisis Jejak Karbon Dari Aktivitas Transportasi di Universitas Andalas

Yega Serlina*, Fadhil Aditya Putra, Resti Ayu Lestari, Vera Surtia Bachtiar

Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang

*Koresponden email : yega@eng.unand.ac.id

Diterima: 24 Juni 2024

Disetujui: 30 Juni 2024

Abstract

Increasing Green House Gases (GHG), including Carbon Dioxide (CO₂), have the potential to increase global temperatures, thereby causing climate change. Total CO₂ from human activities, for example transportation, electricity generation, industry, trade and agriculture, is expressed as a carbon footprint. Andalas University (Unand) has facilities that produce GHGs. This research aims to analyze the carbon footprint in Unand in the transportation sector. Samples were taken at the main gate (point 1) and back gate (point 2) Unand. For these two locations, the number of vehicles and fuel is calculated using the direct calculation method. The carbon footprint calculation refers to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The next step is to identify the potential for GHG reduction in Unand. The alternative GHG reduction observed is the absorption of CO₂ by vegetation. The research results show that the total carbon footprint on the Limau Manis Unand Campus is 2,221,020 kgCO₂eq/year from Point 1 and Point 2. The total CO₂ eq absorption capacity by vegetation on the Limau Manis Unand Campus is 9,297,557.51 kgCO₂ equivalent/year. When compared with the total CO₂ eq from transportation activities, the potential for reducing CO₂ eq by vegetation is quite large. So, the Unand Campus road vegetation is still sufficient to reduce the 'contribution' of CO₂ eq from transportation activities in Unand to greenhouse gases. However, it is necessary to consider other possible sources of CO₂ besides transportation and the need to maintain existing vegetation.

Keywords: *carbon footprint, CO₂, global warming, greenhouse gases, transport*

Abstrak

Meningkatnya Gas Rumah Kaca (GRK), termasuk Karbon Dioksida (CO₂), berpotensi meningkatkan suhu global sehingga menyebabkan perubahan iklim. Total CO₂ dari aktivitas manusia misalnya transportasi, pembangkit listrik, industri, perdagangan, dan pertanian, dinyatakan dengan jejak karbon. Universitas Andalas (Unand) memiliki fasilitas yang menghasilkan GRK. Penelitian ini bertujuan menganalisis jejak karbon di Unand pada sektor transportasi. Sampel diambil di gerbang utama (titik 1) dan gerbang belakang (titik 2) Unand. Kedua lokasi ini, jumlah kendaraan dan bahan bakar dihitung menggunakan metode penghitungan langsung. Perhitungan jejak karbon mengacu pada Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi potensi Pengurangan GRK di Unand. Alternatif Pengurangan GRK yang diamati adalah penyerapan CO₂ oleh vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan total jejak karbon di Kampus Limau Manis Unand sebesar 2.221.020 kgCO₂eq/tahun dari Titik 1 dan Titik 2. Total kapasitas penyerapan CO₂ eq oleh vegetasi di Kampus Limau Manis Unand adalah 9.297.557,51 kgCO₂ setara/tahun. Jika dibandingkan dengan total CO₂ eq dari aktivitas transportasi, potensi pengurangan CO₂ eq oleh vegetasi cukup besar. Jadi, vegetasi jalan Kampus Unand masih cukup untuk mengurangi 'kontribusi' CO₂ eq dari aktivitas transportasi di Unand terhadap gas rumah kaca. Namun, perlu mempertimbangkan kemungkinan sumber CO₂ lain selain transportasi dan kebutuhannya menjaga vegetasi yang ada.

Kata Kunci: *jejak karbon, CO₂, pemanasan global, gas rumah kaca, transportasi*

1. Pendahuluan

Pemanasan global merupakan fenomena global yang dipicu oleh aktivitas manusia, khususnya yang berkaitan dengan penggunaan bahan bakar fosil dan aktivitas perubahan penggunaan lahan. [1]. Kegiatan tersebut semakin banyak menghasilkan gas-gas di atmosfer, terutama Karbon Dioksida (CO₂) melalui proses yang disebut efek rumah kaca. Istilah efek rumah kaca merupakan istilah yang cukup erat hubungannya dengan pemanasan global. Disebut efek rumah kaca karena meningkatnya suhu bumi akibat panas yang terperangkap di atmosfer bumi [2]. Penyebab peningkatan gas rumah kaca yaitu dari sektor

transportasi, energi, limbah, pertanian dan peternakan. Sektor transportasi di Indonesia saat ini merupakan konsumen terbesar produksi minyak bumi dan sumber emisi gas rumah kaca [3].

Nilai emisi karbon yang dihasilkan oleh suatu organisasi, peristiwa, produk, dan aktivitas manusia disebut sebagai jejak karbon [4]. Jejak karbon adalah ukuran dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan [5]. Jejak karbon dapat dihitung dari berbagai sumber emisi, seperti penggunaan bahan bakar fosil yang digunakan. Penggunaan bahan bakar berupa minyak bumi atau gas alam. Bahan bakar fosil ini secara langsung dapat menghasilkan Karbon Dioksida (CO_2). Oleh karena itu, perlu dilakukan penghitungan emisi Karbon Dioksida (CO_2) dengan cara mengalikan volume bahan bakar yang dikonsumsi dengan faktor emisi jenis bahan bakar yang digunakan. [6]. Faktor emisi merupakan nilai rata-rata parameter pencemar udara yang dikeluarkan oleh suatu sumber tertentu. Faktor emisi dinyatakan sebagai berat pencemar dibagi dengan satuan berat, volume, jarak atau lamanya kegiatan yang dapat menghasilkan pencemar tersebut [7].

Sirkulasi karbon dapat menghasilkan pola aliran karbon tertentu di ekosistem tingkat global. Perubahan aliran pertukaran karbon (C) menjadi (CO_2) di atmosfer, ekosistem daratan, dan ekosistem lautan dapat disebabkan oleh aktivitas manusia yaitu penggunaan bahan bakar fosil. [8]. Kegiatan tersebut dapat memicu peningkatan gas rumah kaca di atmosfer yang akan berdampak buruk bagi kehidupan manusia di bumi, sehingga perlu dilakukan upaya pengurangan gas rumah kaca. Pengurangan gas rumah kaca dapat dilakukan dengan cara penyerapan karbon oleh tanaman [9]. Pengukuran karbon pada organ hidup tumbuhan (biomassa) dapat menunjukkan jumlah CO_2 di atmosfer yang diserap tumbuhan, gas karbon yang diserap tumbuhan melalui proses fotosintesis yang disimpan dalam organ tumbuhan dan dikembalikan ke udara dalam bentuk oksigen (O_2) melalui proses respirasi [10].

Berdasarkan data yang diberikan Kementerian Lingkungan Hidup pada tahun 2018 dikutip dari Hulu (2022), sekitar 46% energi yang dikonsumsi di sektor industri mengakibatkan pelepasan emisi karbon dioksida (CO_2), sedangkan aktivitas industri manufaktur dan konstruksi menyumbang 15% dari emisi tersebut. Data menunjukkan bahwa sektor industri dan transportasi merupakan kontributor utama. Menurut siaran pers Kongres Kantor [11] Anggaran, porsi terbesar emisi karbon dioksida (CO_2) berasal dari transportasi, yaitu sebesar 38 % dimana 88% emisi berasal dari transportasi darat di sektor [12]. Data tersebut menggarisbawahi bahwa industri dan transportasi di Indonesia secara konsisten menduduki peringkat teratas sumber emisi karbon dioksida (CO_2) [13]. Lebih lanjut, data dari World Resources Institute (WRI) mengungkapkan bahwa sektor energi berkontribusi signifikan terhadap jejak karbon [14]. Zat pencemar udara yang berasal dari kendaraan bermotor seperti CO_2 dan CO dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan atmosfer jika tidak segera dikendalikan. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan cara mengurangi gas karbon yang dilakukan tanaman [15].

Salah satu lokasi yang berpotensi menyumbang GRK adalah kampus Universitas Andalas. Sebab, di kampus ini cukup beragam aktivitas penyumbang polutan yang tergolong GRK. Salah satunya adalah sektor transportasi. Berdasarkan penelitian Goembira (2014) [16], volume lalu lintas yang melewati Jalan Utama Gerbang Depan, Gerbang Samping Jalan Utama, dan Jalan Utama Unand Jalan Lingkar Selatan Kampus Limau Manis pada jam sibuk sebanyak 1.708 PCU, 157 PCU, dan 266 PCU. Kadar emisi CO_2 dari aktivitas transportasi tertinggi terdapat pada Jalan Utama Gerbang Depan sebesar 395.481,5 mg/ m.jam, disusul Jalan Lingkar Selatan dan Gerbang Samping Jalan Utama sebesar 60.837,7 mg/ m.jam dan 29.777,6 mg/ m.jam. Seiring berjalannya waktu, jumlah pengguna kendaraan di Unand pun semakin meningkat sehingga berdampak pada peningkatan emisi gas buang seperti gas CO_2 . Total emisi tersebut akan dihitung dalam bentuk jejak karbon, sehingga dapat dirumuskan kebijakan yang tepat untuk mengurangi emisi karbon pada lokasi yang memiliki jejak karbon tertinggi.

2. Metode Penelitian

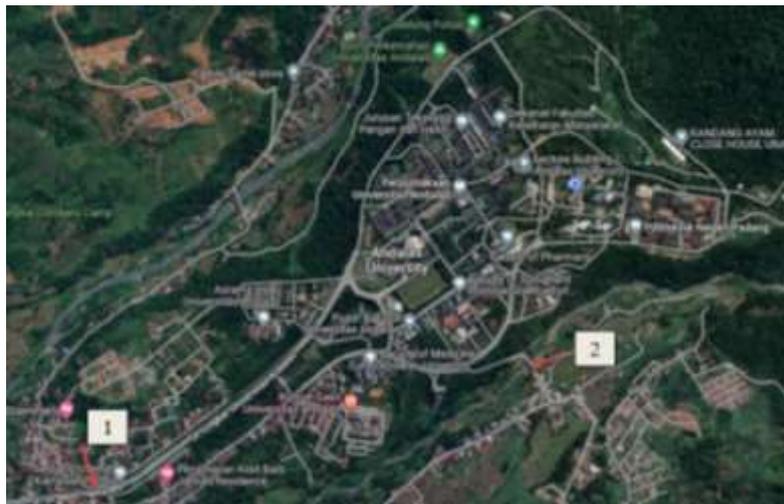
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis jejak karbon di lingkungan Unand Kawasan Limau Manis Kota Padang akibat penggunaan kendaraan bermotor. Selanjutnya dihitung jumlah kendaraan menggunakan alat Counter berbasis Android. Jumlah kendaraan dihitung berdasarkan jenis kendaraan yaitu *Heavy Vehicle* (HV), Sepeda Motor/ *Motorcycle* (MC), dan *Light Vehicle* (LV). Setelah itu dilakukan perhitungan daya serap tanaman dengan jumlah tanaman untuk evaluasi lebih lanjut guna mengurangi jejak karbon di bidang transportasi Kawasan Unand Limau Manis Kota Padang.

Heavy Vehicle menurut Heavy Vehicle National Law (HVNL) (2021) adalah kendaraan yang memiliki nilai Massa Kotor Kendaraan / *Gross Vehicle Mass* (GVM) sebesar lebih dari 4,5 ton. GVM sebuah kendaraan adalah berat maksimum yang dapat ditanggungnya ketika terisi penuh, sesuai dengan spesifikasi dari pabrik. Sebagai contoh, kendaraan berat meliputi: semi-trailer, truk barang B-double, kereta jalan, bus penumpang, pengangkut kendaraan, kendaraan ternak dan pertanian lainnya, crane bergerak, dan kendaraan tujuan khusus lainnya. Sepeda motor adalah kendaraan bermotor dengan kursi atau pelana untuk

pengendara yang dirancang untuk berjalan di atas tidak lebih dari tiga roda. [17]. Sedangkan *Light Vehicle* adalah kendaraan bermotor beroda empat dengan jarak sumbu roda 2,0-3,0 meter (termasuk mobil penumpang, jip, mikrobus, pick-up, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Jalan Raya). [18].

Sebelum melakukan penelitian, perlu dirancang tahapan-tahapan penelitian. Tahapan penelitian yang akan dilakukan terdiri dari studi pendahuluan, pengumpulan data (data primer dan data sekunder), pengolahan dan analisis data kemudian penyusunan laporan akhir. Pengambilan data primer diambil dari 2 titik, titik 1 terletak di Gerbang Utama Kampus Universitas Andalas dengan koordinat 0°55'23.0"S dan 100°26'55.0"E dan titik 2 yang terletak di Gerbang Belakang Gedung Kampus Universitas Andalas dengan koordinat 0°55'07.0"S dan 100°27'42.0"E. Pengumpulan data dilakukan selama 24 jam pada dua titik yaitu pada hari biasa dan akhir pekan, untuk hari biasa diambil pada hari Senin dan Selasa dan akhir pekan diambil pada hari Sabtu dan Minggu, pengambilan data dilakukan selama 8 hari.

Pengambilan sampel dapat dilihat pada **Gambar 1**. Pemilihan lokasi dapat mewakili daerah reseptor yang dekat dengan sumber pencemar. Berikut deskripsi lokasi penelitian pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth,2022

Tabel 1. Deskripsi Lokasi Penelitian

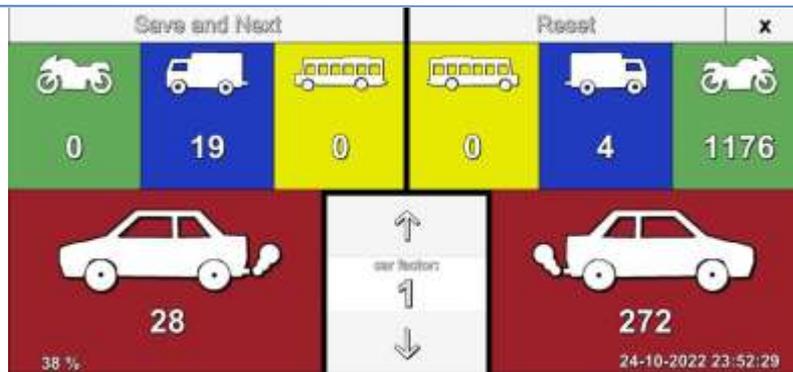
Titik	Lokasi Pengambilan Sampel	Keterangan
1.	Gerbang utama Kampus Unand Limau Manis	Lokasi ini adalah salah satu akses yang sering dilalui oleh kendaraan untuk masuk dan keluar dari area Universitas Andalas sebagai jalur utama.
2.	Gerbang Belakang Kampus Unand Limau Manis	Lokasi ini adalah salah satu akses bagi kendaraan untuk masuk dan keluar dari area Universitas Andalas sebagai jalur alternatif.

Sumber: Pengumpulan Data.2022

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Jumlah kendaraan bermotor dan jenis bahan bakarnya.

Pendataan jumlah dan jenis kendaraan bermotor di lingkungan Kawasan Kampus Unand Limau Manis dilaksanakan selama 24 jam. Kendaraan diklasifikasikan LV, HV, dan MC. Penghitungan jumlah kendaraan dilakukan dengan menggunakan alat Counter berbasis Android yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat Penghitung Berbasis Android
Sumber: Dokumentasi.2022

2. Jumlah dan Jenis Pohon

Melakukan perhitungan langsung jumlah pohon pada jalan-jalan di Kawasan Kampus Unand Limau Manis. Ruas jalan yang diamati mulai dari pintu gerbang utama hingga melingkari Kawasan Kampus Unand Limau Manis seperti terlihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Jalan
Sumber : Google Earth, 2022

Terdapat konstanta yang digunakan untuk menghitung jejak karbon yaitu Faktor Emisi dan Konsumsi Energi Spesifik atau *Specific Energy Consumption* (SEC) yang dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**. Emisi faktor (EFs) adalah konversi faktor ke memperoleh emisi CO₂ perkiraan dari aktivitas (AD) [19]. Arti SEC menggambarkan energi yang digunakan untuk memproduksi satu unit produk. SEC digunakan karena kemudahannya dalam memperkirakan jumlah energi terpakai secara langsung per jumlah produk [20].

Tabel 2. Faktor Emisi dan Nilai Kalor Bahan Bakar Kendaraan

Bahan bakar	Emisi CO ₂ Faktor (Kg/Th)*	Kalori Nilai (TJ/L)**	Konversi energi
Gas	69300 / (0,069300(Kg/Mh))	33x10 ⁻⁶	33
Tenaga surya	74100 / (0,074100(Kg/Mh))	36x10 ⁻⁶	36

Sumber : * IPCC,2006,** Kementerian Lingkungan Hidup, 2012

Tabel 3. Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor

TIDAK	Angkutan jenis	Konsumsi Energi Spesifik (L/100km)	aku/ km
1	Penumpang mobil :		
	- Gas	11.79	0,1179
	- Tenaga surya	11.36	0,1136
2	Sepeda motor	2.66	0,0266

Sumber: Widyastuti,2018

Persamaan yang digunakan untuk **menghitung jejak karbon** dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$E = Kbb \times dll \times FE \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Untuk menghitung besarnya konsumsi bahan bakar digunakan Persamaan 2.
 $Kbb = \text{Jumlah kendaraan} \times \text{jarak tempuh} \times \text{Konsumsi energi}$ (Persamaan 2)

Secara alami, vegetasi dapat menyerap emisi GRK sebagai komponen dalam proses fotosintesis [21]. Perhitungan penyerapan karbon oleh tanaman dilakukan per jenis pohon pada ruas jalan kampus UNAND Limau Manis menggunakan Persamaan 3. [22]

$$\text{Penyerapan CO}_2 \text{ oleh pohon} = \text{jumlah pohon} \times \text{kapasitas serapan pohon} \quad \text{(Persamaan 3)}$$

Informasi: *jenis pohon.

3. Hasil dan Pembahasan

Data jumlah kendaraan yang dikumpulkan mewakili kondisi lalu lintas di Unand Kampus Limau Manis pada hari kerja dan akhir pekan. Jumlah kendaraan dihitung di Unand Kampus Limau Manis diasumsikan terdiri dari kendaraan pegawai (dosen, tenaga kependidikan dan pegawai lainnya) dan kendaraan mahasiswa. Oleh karena itu, perhitungan jumlah kendaraan dalam satu tahun perlu mempertimbangkan hari kerja pegawai dan hari perkuliahan mahasiswa. Asumsi yang digunakan dalam menghitung jumlah kendaraan di Unand Kampus Limau Manis dalam satu tahun terdapat tiga syarat, antara lain: (a) hari kerja yang merupakan “hari kerja” bagi pegawai dan “hari belajar” bagi mahasiswa; (b) hari kerja yang merupakan “hari kerja” bagi pegawai, selama mahasiswa libur belajar (biasanya pada masa libur semester); dan (c) hari libur pegawai dan hari libur pelajar. Perhitungan jumlah kendaraan pada kondisi (a) diwakili oleh data jumlah kendaraan pada hari kerja dan perhitungan jumlah kendaraan pada kondisi (c) diwakili oleh data jumlah kendaraan pada akhir pekan. Sedangkan pada kondisi (b) asumsinya jumlah kendaraan sebanding dengan jumlah pegawai dan pelajar.

Jumlah pegawai di Unand Kampus Limau Manis tahun 2022 berjumlah 3.235 orang dan jumlah mahasiswa aktif di Unand Kampus Limau Manis tahun 2022 sebanyak 31.896. Perbandingan jumlah pegawai dengan jumlah pelajar adalah 1:10 dan diasumsikan jumlah kendaraan pegawai dengan jumlah kendaraan pelajar juga 1:10. Sehingga pada kondisi (b) diasumsikan jumlah kendaraan yang ada di Unand Kampus Limau Manis berjumlah 10% dari jumlah kendaraan pada kondisi (a). Jumlah kendaraan dalam satu tahun pada kondisi (a), (b) dan (c) dihitung dengan mengalikan data hasil perhitungan di lapangan dengan jumlah hari pada setiap kondisi (a), (b) dan (c) pada satu tahun. Hari kerja yang merupakan hari aktif bagi pegawai dan pelajar (negara bagian (a)) dalam satu tahun adalah sekitar 193 hari. Hari kerja pada masa libur kuliah dalam satu tahun adalah sekitar 112 hari. Sedangkan libur kerja dan libur kuliah sekitar 60 hari dalam setahun.

Data jumlah kendaraan dalam satu tahun pada setiap titik lokasi penelitian disajikan pada **Tabel 4**. Jumlah kendaraan yang melewati Gerbang Belakang Unand Kampus Limau Manis jauh lebih sedikit dibandingkan jumlah kendaraan yang melewati Gerbang Utama Unand Kampus Limau Manis yaitu sekitar 13% dari total jumlah kendaraan.

Tabel 4. Jumlah Kendaraan di Unand Kampus Limau Manis

Angkutan Jenis	Jumlah Kendaraan (Satuan)			
	Poin 1		Poin 2	
	Bensin	Tenaga surya	Bensin	Tenaga surya
Sepeda motor	1.708.287	-	289.251	-
Mobil	504.823	105.022	61.536	7.401
Angkutan Kota (Angkot)	126.020	-	-	-
Bis-bis	-	855	-	-
Pick-Up	2.656	10.231	1.452	5.750
Total	2.341.795	116.088	352.238	13.151
	2.457.833		365.389	

Sumber: Perhitungan data, 2022

Data jumlah kendaraan dalam satu tahun digunakan untuk menghitung jumlah CO₂ eq yang dihasilkan oleh kegiatan transportasi di Unand. Kampus Limau Manis. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Persamaan (1) dan data hasil perhitungan terdapat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Jejak Karbon yang Dihasilkan dari Kegiatan Transportasi Kampus di Unand Limau Manis

Angkutan Jenis	Jejak Karbon (KgCO ₂ eq/Tahun)			
	Poin 1		Poin 2	
	Bensin	Tenaga surya	Bensin	Tenaga surya
Sepeda motor	667.778	-	113.072	-
Mobil	874.664	204.475	106.620	14.414
Angkutan Kota (Angkot)	201.492	-	-	-
Bis-bis	-	2.476	-	-
Pick-Up	4.451	18.663	2.245	10.490
Total	1.748.385	225.614	222.117	24.904
		1.973.999		247.021

Sumber: Perhitungan data, 2022

Data di atas menunjukkan jejak karbon yang dihasilkan di Titik 1 lebih besar dibandingkan Titik 2. Hal ini berkaitan dengan jumlah kendaraan di kedua titik tersebut. Persentase jumlah kendaraan pada titik 1 adalah 87% dari jumlah total kendaraan yang dihitung. Sisanya sebesar 13% kendaraan menggunakan akses di Point 2. Total jejak karbon yang dihasilkan di Unand Kampus Limau Manis sebesar 2.221.020 kgCO₂ eq/tahun yang diperoleh dari perhitungan total jejak karbon di Point 1 dan Point 2.

Tabel 5 menunjukkan bahwa jumlah CO₂ pada titik 1 yang dikeluarkan oleh mobil berbahan bakar bensin lebih banyak dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya. Hal ini dikarenakan sebagian besar kendaraan roda 4 merupakan mobil berbahan bakar bensin. Selain itu, faktor emisi CO₂ yang dimiliki mobil berbahan bakar bensin juga cukup besar sehingga membuatnya mengeluarkan CO₂ lebih banyak dibandingkan mobil lainnya. Dibandingkan dengan mobil diesel, mobil berbahan bakar bensin menghasilkan lebih banyak CO₂. Hal ini dikarenakan dalam menghasilkan energi, mesin diesel membutuhkan banyak udara dan menggunakan bahan bakar lebih sedikit dibandingkan mesin bensin. Semakin sedikit bahan bakar yang digunakan, semakin sedikit karbon dioksida yang dihasilkan [23]. Namun mesin diesel juga mempunyai kelemahan lain yaitu menghasilkan gas NO₂ yang berbahaya bagi manusia [24].

Tabel 5. Data Penyerapan CO₂ Berdasarkan Vegetasi

Jenis Vegetasi	Jumlah	Penyerapan CO ₂ (kg/pohon/tahun)	Total Penyerapan (KgCO ₂ /tahun)
Palem Ekor Tupai (<i>Wodyetia bifurkata</i>)	35	48,03	1.681,05
Angsana (<i>Pterocarpus indicus</i>)	1131	11,12	12.576,72
Tanjung (<i>Mimusops elegans</i>)	34	34,29	1.165,86
Palem Raja (<i>Roystonea regia</i>)	23	1,71	39,33
Kerai Payung (<i>Filicium decipiens</i>)	169	404,83	68.416,27
Cemara (<i>Casuarina sp</i>)	29	126,51	3.668,79
Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	323	28.488,39	9.201.749,97
Pucuk Merah Besar (<i>Syzygium panikulatum</i>)	884	5,99	5.295,16
Ketapang (<i>Terminalia catappa</i>)	28	105,87	2.964,36
Jumlah	2656		9.297.557,51

Sumber: Perhitungan data, 2022

Salah satu potensi pengurangan jejak karbon di Unand Kampus Limau Manis dapat dilakukan dengan memanfaatkan serapan CO₂ oleh tanaman di area kampus. Perhitungan serapan karbon oleh tumbuhan dilakukan dengan cara mengamati jenis dan menghitung jumlah pohon yang ada di jalan Unand. Kampus Limau Manis. Data jenis dan jumlah vegetasi di sekitar jalan Unand Kampus Limau Manis, serta serapan CO₂ oleh tumbuhan yang terdapat di Unand Luas Kampus Limau Manis ditunjukkan pada **Tabel 5**. Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (2), total serapan CO₂ eq oleh vegetasi di Kampus Unand Kampus Limau Manis diperoleh 9.297.557,51 kg CO₂ eq/tahun.

Berdasarkan **Tabel 5**, pohon Trembesi merupakan pohon yang mampu menyerap CO₂ paling banyak diantara jenis pohon lainnya. Pohon ini mampu menyerap CO₂ sebanyak 9.201.749,97 kg/tahun, sehingga menjadikan pohon di Kampus Unand Limau Manis Jalan mempunyai kemampuan paling besar dalam

menyerap CO₂. Pohon Trembesi adalah pohon dengan karakteristik batang tinggi dengan lebar mahkota dari daun-daun menyerupai sebuah payung. Pohon ini memiliki paling biomassa dibandingkan ke lainnya pohon tertanam di Kampus Unand Limau Manis Jalan. Semakin besar diameter pohon maka semakin besar jumlah dari biomassa. Hal ini mengindikasikan semakin besar kapasitas karbon di pohon, sehingga pohon dapat menyerap lebih banyak karbon dioksida [25].

Jika dibandingkan dengan total CO₂ eq yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, maka potensi penurunan CO₂ eq oleh vegetasi cukup besar. Jadi, dapat diasumsikan bahwa vegetasi di kawasan ruas jalan Unand tersebut Kampus Limau Manis masih mampu mengurangi 'kontribusi' CO₂ dari aktivitas transportasi di Unand terhadap gas rumah kaca di atmosfer. Mengingat, pepohonan memainkan peran penting dalam penyerapan karbon dan oleh karena itu perlu pemantauan dan pengelolaan secara efektif [26]. Namun demikian, ada beberapa hal yang masih perlu diperhatikan, seperti kemungkinan sumber CO₂ berasal dari kegiatan selain transportasi (misalnya dari kegiatan pengelolaan sampah, penggunaan energi listrik, dan lain-lain) yang dapat melepaskan emisi CO₂ ke lingkungan atmosfer. Selain itu, keberadaan vegetasi saat ini perlu dijaga dan mendapat perhatian khusus, mengingat Unand Kampus Limau Manis mempunyai potensi untuk mengembangkan pembangunan sarana, prasarana dan perkerasan tanah yang dapat mengurangi jumlah vegetasi yang ada saat ini. Pertimbangan untuk menambahkan vegetasi perlu dilakukan mengimbangi untuk itu meningkatnya aktivitas sarana dan prasarana dengan memperhatikan aspek seperti : jenis pohon non toksik, jumlah pencemar yang disebabkan oleh suatu aktivitas, daya serap pohon, dan lainnya.

4. Kesimpulan

Estimasi total kendaraan berbahan bakar bensin dan solar pada titik 1 dalam satu tahun sebanyak 2.457.883 unit/ tahun. Jumlah kendaraan pada titik 2, yaitu didapatkan estimasi total kendaraan berbahan bakar bensin dan solar dalam satu tahun sebanyak 365.389 unit/ tahun. Total CO₂ eq yang dihasilkan dari kegiatan transportasi lebih kecil dibandingkan potensi pengurangan CO₂ eq oleh vegetasi. Estimasi total emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan pada titik 1 dan titik 2 dalam satu tahun sebanyak 2.221.020 kg CO₂/tahun. Terdapat 9 jenis tanaman yang ditanam sepanjang ruas jalan kampus UNAND. Setelah melakukan perhitungan jumlah pohon maka didapatkan hasil estimasi total daya serap sebanyak 9.297.557,51 kg/tahun. Sehingga, vegetasi di kawasan ruas jalan Unand Kampus Limau Manis masih mampu mengurangi 'kontribusi' CO₂ dari aktivitas transportasi terhadap gas rumah kaca di atmosfer.

5. Ucapan Terima kasih

Para penulis berterima kasih Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Andalas dan Departemen dari Teknik Lingkungan Universitas Andalas yang telah mendukung Penelitian dan publikasi dari artikel ini di bawah kontrak nomor : T/46/UN.16.17/PT.01.03.IS-RDP/2022.

6. Singkatan

E	: total emisi (kg CO ₂ eq)
Kbb	: konsumsi bahan bakar (L)
dll	: konversi energi (MJ/L)
Fe	: faktor emisi (kg/TJ)
E	: total emisi (kg CO ₂ eq)

7. Referensi

- [1] National Academy of Sciences, *Climate Change: Evidence and Causes: Update 2020*, Washington, DC: The National Academies Press, 2020.
- [2] A. S. Mulyani, "Pemanasan Global, Penyebab, Dampak dan Antisipasinya.," *Artikel Pengabdian Masyarakat*, p. 1–27, 2021.
- [3] D. Akmalina, *Analisis Jejak Karbon Pada Aktivitas Permukiman di Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo*, (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya), 2021.
- [4] S. E. Geneidy, S. Baumeister, V. M. Govigli, T. Orfanidou and V. Wallius, "The carbon footprint of a knowledge organization and emission scenarios for a post-COVID-19 world," *Environmental Impact Assessment Review*, p. 106645, 2021.

- [5] W. K. Admaja, Nasrirudin and H. Sriwinarno, "Identifikasi Dan Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint) Dari Penggunaan Listrik Di Institut Teknologi Yogyakarta," *Jurnal Rekayasa Lingkungan Vol.18/No.2*, pp. 1-10, 2018.
- [6] M. Constantia, "Determinants of CO² Emission Intensity: Manufacturing Firm-Level Evidence in Indonesia," *Jurnal Perencanaan Pembangunan : The Indonesian Journal of Development Planning Volume VI No. 3*, pp. 402-419, 2022.
- [7] N. F. Wati, Analisis Jejak Karbon Dari Aktivitas Permukiman Di Kecamatan Benowo Kota Surabaya, (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya), 2021.
- [8] L. J. Nunes, C. I. Meireles, C. J. P. Gomes and N. M. A. Ribeiro, "Forest Contribution to Climate Change Mitigation: Management Oriented to Carbon Capture and Storage," *Climate 2020*, 8, 21, 2020.
- [9] A. Shishegaran, A. Shishegaran, M. Najari, A. Ghotbi and A. N. Boushehri, "Effect of plants on an environment with high carbon dioxide concentration," *Cleaner Engineering and Technology Vol. 1*, pp. ISSN 2666-7908, 2020.
- [10] P. Nogia, G. K. Sidhu, R. Mehrotra and S. Mehrotra, "Capturing atmospheric carbon: biological and nonbiological methods," *International Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 11, Issue 2*, 2016.
- [11] Congressional Budget Office, Emissions of Carbon Dioxide in the Transportation Sector, 2022.
- [12] B. J. D. Hulu, "The Study of CO₂ Absorption Using the Canopy with Vines at President University," *Nucleus*, 2022.
- [13] R. Grabowski and S. Self, "Industrialization and deindustrialization in Indonesia," *Asia and the Pacific Policy Studies*, pp. 7(1), 95–111. <https://doi.org/10.1002/app5.295>, 2020.
- [14] M. Rahayuningsih, L. Handayani, M. Abdullah, Solichin and M. Arifin, "Kajian Jejak Karbon (Carbon Footprint) di FMIPA Universitas Negeri Semarang," *Indonesia Journal of Conservation*, pp. 10(1), 48–52. <https://doi.org/10.15294/ijc.v10i1.30038>, 2021.
- [15] A. Muflikhatul and Winarsih, "Pengurangan Karbon (C) pada Serasah Daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) dan Daun Trembesi (*Samanea saman*) Melalui Metode Pengomposan Lubang Resapan Biopori Inovatif Reduction of Carbon (C) on Angsana (*Pterocarpus Indicus*) and Trembesi (*Samanea S.*)," *Jurnal Lentera Bio*, 10(2), p. 234–244, 2021.
- [16] F. Goembira, I. Surlanti and T. I., "Prediksi Tingkat Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) Dari Kegiatan Transportasi Akibat Beroperasinya Rumah Sakit Pendidikan di Kampus Universitas Andalas Limau Manis.," *Jurnal Dampak*, 11(2), pp. 110-126, 2014.
- [17] Department of Motor Vehicles, California Motorcycle Handbook, 2020.
- [18] M. V. M. Septiansyah and D. N. Wulansari, "Analisa Kinerja Ruas Jalan Medan Merdeka Barat, DKI Jakarta," *Jurnal Kajian Teknik Sipil Volume 3 Nomor 2*, 2017.
- [19] D. Roten, G. Marland, R. Bun, M. Crippa, D. Gilfillan, M. W. Jones, G. Janssens-Maenhout, E. Marland and R. Andrew, "Chapter 2 - CO₂ emissions from energy systems and industrial processes: Inventories from data- and proxy-driven approaches," *Balancing Greenhouse Gas Budgets, Elsevier*, pp. Pages 31-57, ISBN 9780128149522, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814952-2.00002-2>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128149522000022>), 2022.
- [20] A. Lawrence, P. Thollander, M. Andrei and M. Karlsson, "Specific Energy Consumption/Use (SEC) in Energy Management for Improving Energy Efficiency in Industry: Meaning, Usage and Differences," *Energies*, pp. 12, 247; doi:10.3390/en12020247, 2019.
- [21] P. W. Nugraheni, Jumiati and Y. Fitraningsih, "Carbon Absorbing Vegetation And Enhancement Of Ecosystem Benefits On Residential Environment," *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, pp. Vol. 6, No. 1: 7-14, 2022.
- [22] Marisha, Analisis Kemampuan Pohon dalam Menyerap CO₂ dan Menyimpan Karbon pada Jalur Hijau Jalan di Subwilayah Kota Tegalega, Kota Bandung, Bandung: Thesis, 2018.
- [23] P. Nieuwenhuis and A. McNabola, "Fact Check: are diesel cars really more polluting than petrol cars?," 2017. [Online]. Available: <https://theconversation.com/fact-check-are-diesel-cars-really-more-polluting-than-petrol-cars-76241>.

-
- [24] U. H. Nursyahbandi, W. Subchan and Suratno, "The estimation of CO₂ absorption and O₂ production from trees on main street in The City of Jember," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 485, 2020.
- [25] M. Tripathi and H. Joshi, "Carbon Flow in Delhi Urban Forest Ecosystem," *Annals of Biological Research*, 6(8): 13-17, 2015.
- [26] E. Harianto, L. Nursalam, F. Ikhsan, Z. Zakaria, D. Damhuri and A. Sejati, "The Compatibility Of Outdoor Study Application Of Environmental Subject Using Psychological Theories Of Intelligence And Meaningful Learning In Senior High School," *Geosfera Indonesia*, 2019.
- [27] L. R. Widyastuti, Potensi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, Ch₄, Dan N₂O) di Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta: Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [28] Parliamentary Counsel, Heavy Vehicle National Law (Queensland), 2021.
- [29] Kementerian Lingkungan Hidup, Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II – Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi, Jakarta, 2012.
- [30] IPCC (2006), IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories Chapter 3, Japan: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2019.