

Analisis Emisi Karbon Pada Kendaraan Dan Peralatan Listrik Rumah Tangga Untuk Mengantisipasi GWP (Global Warming Potential)

Analysis Of Carbon Emissions In Vehicles And Household Electrical Equipment To Anticipate GWP (Global Warming Potential)

Elfira Yolanda Reza¹, Azriel Putra Pradiva^{2*}, Tri Wahyu Widyaningsih³, Fauziah⁴

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Tanri Abeng

⁴Universitas Nasional

E-mail: ¹elfira.yolanda@student.tau.ac.id, ^{2*}azriel.putra@student.tau.ac.id,

³tri.widyaningsih@tau.ac.id, ⁴fauziah@civitas.unas.ac.id

***Corresponding author**

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perhitungan jejak karbon berbasis aplikasi pada kendaraan dan peralatan listrik untuk memahami emisi gas rumah kaca. Analisis yang dilakukan meliputi penghitungan GWP gas rumah kaca, faktor emisi, dan konversi energi. Luaran dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi untuk meningkatkan akurasi perhitungan emisi, mengintegrasikan data konsumsi bahan bakar dan listrik, serta meningkatkan akurasi perhitungan emisi karbon. Batasan Karbondioksida(CO₂), metana(CH₄), dan dinitrogen oksida(N₂O) di udara berdampak negatif jika melebihi batas peraturan. Emisi karbon dari aktivitas manusia berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Sistem ini dirancang dan diimplementasikan untuk menghitung emisi karbon dari kendaraan dan peralatan listrik, serta memberikan informasi mengenai konsentrasi emisi dan riwayat penghitungan. Analisis emisi karbon dari kendaraan dan peralatan rumah tangga dilakukan untuk memprediksi GWP (Potensi Pemanasan Global). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengurangi emisi Gas Rumah Kaca, sehingga dapat mengurangi dampak pemanasan Global. Metode penelitian ini melakukan perhitungan dengan rumus untuk menghitung emisi CO₂, CH₄, dan N₂O berdasarkan penggunaan kendaraan dan peralatan listrik pada rumah tangga. Penelitian ini sangat penting agar dapat memahami faktor yang mempengaruhi terhadap emisi karbon dan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya perlindungan lingkungan.

Kata kunci: Gas Rumah Kaca, GWP, Perubahan Iklim, Emisi Karbon

Abstract

This research aims to develop application-based carbon footprint calculations in vehicles and electrical equipment to understand greenhouse gas emissions. The analysis carried out includes the calculation of greenhouse gas GWP, emission factors, and energy conversion. The output of this research can contribute to improving the accuracy of emission calculations, integrating fuel and electricity consumption data, and improving the accuracy of carbon emission calculations. Limits on Carbon dioxide(CO₂), methane(CH₄), and nitrous oxide (N₂O) in the air have a negative impact if they exceed regulatory limits. Carbon emissions from human activities contribute to global warming and climate change. The system is designed and implemented to calculate carbon emissions from vehicles and electrical equipment, as well as provide information on emission concentrations and calculation history. Carbon emission analysis from vehicles and household appliances is carried out to predict GWP (Global Warming Potential). The purpose of this study is to identify and reduce Greenhouse Gas emissions, so that it can reduce the impact of global warming. This research method calculates with a formula to calculate CO₂, CH₄, and N₂O emissions based on the use of vehicles and electrical appliances in households. This research is very important in order to understand the factors that affect carbon emissions and raise awareness about the importance of environmental protection.

Keywords: Greenhouse Gases, GWP, Climate Change, Carbon Emissions

1. PENDAHULUAN

Suhu rata-rata atmosfer Bumi, lautan dan daratan terus menerus meningkat yang dikenal sebagai pemanasan global. Fenomena ini terjadi hampir di seluruh dunia, tidak hanya di Indonesia. Secara ilmiah, panas matahari menangkap gas rumah kaca seperti karbondioksida(CO₂), metana(CH₄) dan Dinitrogen oksida(N₂O) di atmosfer, yang kemudian ditransfer ke panas inframerah yang dipancarkan bumi dan menyebabkan pemanasan global pemanasan[1].

Berdasarkan laporan UNFCCC CP 21, Indonesia berupaya menurunkan emisi gas rumah kaca di udara dengan berbagai cara. Salah satu tujuannya adalah mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 26% pada tahun 2020 (tingkat perubahan internasional sebesar 41%).Selain itu, Indonesia berencana mengurangi emisi sebesar 29% pada tahun 2030[2]. Metana, CO₂, dan N₂O merupakan gas yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Aktivitas manusia, industri, transportasi, dan aktivitas berintensitas tinggi meningkatkan konsentrasi gas di atmosfer, memerangkap panas matahari, dan meningkatkan suhu bumi, sehingga menimbulkan berbagai dampak[3].

Aktivitas manusia seperti penggundulan hutan dan pembakaran bahan bakar fosil melepaskan gas rumah kaca seperti CO₂, CH₄, dan N₂O ke atmosfer. Hal ini menyebabkan suhu bumi meningkat dan terjadi perubahan iklim. Untuk mengurangi perubahan iklim dan mencegah dampak negatif di masa depan, emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂, harus dikontrol secara ketat[4]. Rumusan masalah penelitian ini berfokus pada pengukuran manual emisi karbon dan emisi elektronik.

Gas Rumah Kaca adalah campuran gas global yang berkontribusi terhadap perubahan iklim dengan melepaskan emisi gas rumah kaca, menyebabkan pemanasan atmosfer dan meningkatkan pemanasan global[5]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) telah mengidentifikasi karbon dioksida (CO₂) sebagai penyebab utama pemanasan global. Indonesia mengeluarkan 3.285.241 ton per tahun, dengan transportasi menyumbang 20% dari konsumsi energi akhir negara ini[6]. Menurut World Health Organization (WHO), kategori CO₂ pada udara bersih adalah sekitar 310 sampai 330 ppm dan kategori CO₂ pada udara tercemar adalah 350 sampai 700 ppm. Dimana batasan kandungan CO₂ di udara adalah 700 ppm[7].

Gas metana (CH₄) adalah gas penyebab pemanasan global nomor 2 setelah CO₂, kekuatan global dan kekuatan terhadap 21 kali lebih besar dari CO₂[8]. Gas metana di atmosfer berkontribusi terhadap 14,5% pemanasan global, dan kekhawatiran pemanasan global akibat gas metana dapat mempengaruhi kelangsungan makhluk hidup[9]. Pemanasan global dan emisi CH₄ diperkirakan akan meningkat karena dua faktor, diantaranya peningkatan emisi gas rumah kaca dan konsentrasi O₃ stratosfer, yang mengakibatkan meningkatnya intensitas radiasi ultraviolet [10][11]. Konsentrasi gas metana sebesar 1000 ppm dapat menimbulkan efek samping bagi manusia [12]. Paparan gas metana dengan konsentrasi lebih dari 16%, 2700 ppm dapat menyebabkan gangguan kesehatan, salah satunya pernapasan menjadi cepat, denyut nadi meningkat, koordinasi otot terganggu hingga kematian[13].

Konsentrasi nitrogen di atmosfer dapat meningkatkan emisi N₂O, tetapi variasi tergantung pada kondisi atmosfer, iklim dan beberapa faktor lainnya[14]. Nitrogen Oxide(N₂O) adalah gas berbahaya dengan konsentrasi antara 0,2 dan 0,3 ppm, dengan ketahanan yang lebih tinggi terhadap CO₂. Panel Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) memperkirakan konsentrasi N₂O global telah meningkat secara signifikan sejak era industri, mencapai 330,2 ppb pada tahun 2011 dan 70% pada tahun 2100[15].

Penelitian E.P Wardani et al (2017), menunjukkan jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas kampus di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro adalah sebesar 468,059 ton CO₂ eq. Aktivitas ini meliputi penggunaan Gas LPG, transportasi, serta penggunaan listrik pada aktivitas kampus[8]. Selain itu dalam penelitian S. Sagala et al (2017), menyimpulkan bahwa pentingnya pengukuran dan pengelolaan jejak karbon di Universitas Negeri Semarang untuk mendukung upaya pengurangan emisi dan perubahan iklim sebesar 5,797%. Emisi yang dihasilkan dari aktivitas kampus sebesar 1.680.001,473 kgCO₂ eq. Aktivitas tersebut mencakup

penggunaan transportasi, konsumsi listrik, dan aktivitas lainnya[16].

Penelitian Segovia dkk, mengungkapkan bahwa sektor transportasi secara signifikan berkontribusi terhadap gas rumah kaca di Indonesia. Penelitian ini menunjukkan bahwa emisi CO₂ dari kendaraan bermotor di Denpasar mencapai 283.650,43 ton per tahun, dengan kontribusi terbesar dari kendaraan penumpang[17].

Abdulazeez Adeyemi dkk, melakukan penelitian dengan mengevaluasi karbon di Universitas Teknologi Malaysia(UTM), menggunakan Malaysia University Carbon Emission Tool(MUCET). Temuan menunjukkan bahwa konsumsi listrik tahunan di UTM mencapai 55.3177.730 kWh. Penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan energi dalam mitigasi emisi karbon, menyajikan kebijakan keberlanjutan mencakup aspek lainnya[18].

Penelitian ini mengintegrasikan perhitungan emisi karbon dari transportasi dan peralatan rumah tangga dalam satu aplikasi. Selain itu penelitian ini juga, menambahkan perhitungan untuk mengukur tingkat keberbahayaan karbon di lingkungan.

Dengan mengembangkan penelitian ini, diharapkan dapat mengurangi emisi karbon dari bangunan dan aktivitas kelistrikan. Penekanannya diberikan pada pemahaman dampak emisi gas rumah kaca, faktor-faktor yang berkontribusi terhadap emisi karbon, penyediaan informasi mengenai emisi gas rumah kaca, dan peningkatan kesadaran akan praktik lingkungan hidup. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengurangan emisi CO₂ dengan mengedepankan gaya hidup yang lebih berkelanjutan dan perlindungan lingkungan.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Analisis Data

Penelitian ini menganalisis data tentang potensi pemanasan global, emisi gas rumah kaca, dan konversi energi sebagai ukuran emisi karbon dan dampaknya pada lingkungan. Dibawah ini merupakan tabel ketetapan pada emisi karbon.

Tabel 1 Nilai Potensi Pemanasan Global

Gas Rumah Kaca	Nilai GWP
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

(Sumber: IPCC, 2014)

2.2 Emisi Peralatan Rumah Tangga

Konsumsi listrik diukur dalam jam (kWh) dan dipengaruhi oleh jenis dan kinerja perangkat elektronik, durasi penggunaan, kebiasaan pengguna, dan kondisi peralatan listrik.

Tabel 2 Faktor Emisi Konsumsi Listrik

CO2 (kgCO2/kWh)	CH4 (kgCH4/kWh)	N2O (kgN2O/kWh)
0,774388897	0,00001594341	0,00000876813

(Sumber: Ecometrica, 2011)

Penelitian ini menetapkan ketetapan peralatan listrik yang akan digunakan dalam perhitungan emisi karbon. Berikut besar daya listrik :

Tabel 3 Besaran Daya Listrik

Peralatan Listrik	Daya(watt)
Mesin cuci	250-300 watt
Kulkas	250 watt
Kipas	33 watt
Lampu	20 watt

Algoritma perhitungan emisi pemakaian listrik :

$$E = KE \times FE \times GWP \quad (1)$$

Keterangan :

E: Emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) (kg CO₂eq)

KE: Konsumsi energi (kWh)

FE: Faktor emisi gas rumah kaca (kg gas/kWh)

GWP: Pemanasan global CO₂eq

2.3 Emisi Transportasi

Kendaraan seperti mobil, sepeda motor, dan bus biasanya menggunakan dua jenis bahan bakar utama: bensin dan solar.

Tabel 4 Konversi Energi dan Faktor Emisi Transportasi

Bahan Bakar	Konversi Energi (MJ/L)	Faktor Emisi CO2 (kg/MJ)	Faktor Emisi CH4 (kg/MJ)	Faktor Emisi N2O (kg/MJ)
Bensin	33	0,0693	0,000033	0,000032
Solar	36	0,0741	0,000039	0,000039

(Sumber : KLH, 2012)

Algoritma perhitungan emisi kendaraan :

$$E = KE \times FE \times GWP \quad (2)$$

Keterangan :

E : total emisi (kgCO₂ eq)

Kbb : konsumsi bahan bakar (L)

Ec : konversi energi (MJ/L)

FE : faktor emisi (kg/MJ)

GWP : Global Warming Potential (CO₂eq)

2.4 Konsentrasi Gas Udara

Perhitungan konsentrasi gas udara merupakan langkah penting dalam analisis kualitas udara. Konsentrasi gas atmosfer adalah faktor penting dalam analisis kualitas udara, karena menunjukkan konsentrasi dari gas spesifik di udara dan dapat diukur dalam berbagai unit seperti ppm dan mg/m³.

Langkah-langkah perhitungan konsentrasi gas di udara(secara individu) :

- Konversi Emisi:

$$Emisi = emisi\ CO2eq \times \left(\frac{1\ Kg\ emisi}{GWP}\right) \quad (3)$$

- Menghitung Jumlah Mol

$$Mol = \frac{emisi}{massa\ molar\ emisi} \quad (4)$$

Tabel 5 Massa molar

Emisi	Massa Molar (g/mol)
CO2	44,01
N2O	44,013
CH4	16,04

- Menghitung Perkiraan Jumlah Molekul
 Tetapan Avogadro : $6,022 \times 10^{23}$ molekul/mol

$$Jumlah\ molekul = mol\ emisi \times\ tetapan\ avogadro \quad (5)$$

- Menghitung Perkiraan ppm
 Jumlah total molekul udara : 1.78×10^{44}

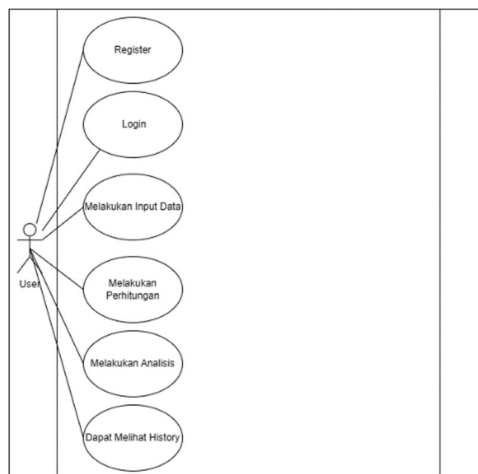
$$ppm\ emisi = \left(\frac{juml\ molekul\ emisi}{jumlah\ total\ molekul\ udara}\right) \times 10^6 \quad (6)$$

Perhitungan yang dilakukan hanya secara individu bukan secara global dimana kandungan konsentrasi gas yang di hasilkan oleh emisi akan menyebar di atmosfer dan akan bercampur di seluruh udara. Dan dalam hal ini banyak yang di pertimbangkan kadar emisi dari semua sumber dan orang yang berkontribusi.

2.5 Implementasi Aplikasi

2.5.1 Perancangan Use Case Diagram

Penggunaan diagram use case merupakan representasi hubungan yang terjalin antara pengguna dan sistem. Diagram use case dapat digunakan sebagai gambaran yang baik untuk menggambarkan situasi sistem yang dibuat.



Gambar 2 Use Case Diagram

2.5.2 Perancangan Database

Perancangan database merupakan hal penting dalam merancang dan mengimplementasikan struktur data. Dengan sistem database yang efektif, data dapat di kelola dengan baik.

Tabel 6 Kendaraan

Name	Type Data	Size
Id_Kendaraan	Integer	5
Mobil	Varchar	50
Bus	Varchar	50
Motor	Varchar	50

Tabel 7 Peralatan Rumah Tangga

Name	Type Data	Size
Id_Peralatan_Rumah_Tangga	Integer	5
Lampu	Varchar	50
Kipas Angin	Varchar	50
Mesin Cuci	Varchar	50
Kulkas	Varchar	50

Tabel 8 Senyawa

Name	Type Data	Size
Id_Senyawa	Integer	5
CO2	Double	
CH4	Double	
N2O	Double	

2.5.3 Perancangan Antarmuka

2.5.3.1 Form Input Data

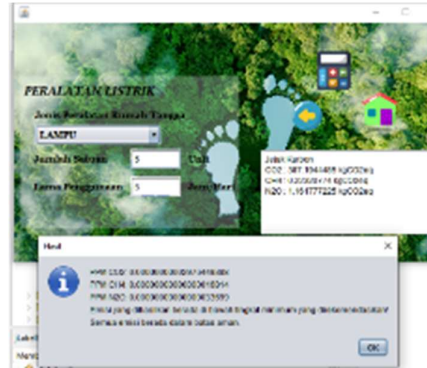
Gambar 3 menampilkan form inputan untuk menghitung karbon pada peralatan listrik, pengguna menginput jenis peralatan listrik yang ingin dihitung(lampu, kipas angin, mesin cuci, dan kulkas), jumlah peralatan listrik yang tersedia, dan lama penggunaan peralatan listrik per hari.



Gambar 3 Form Peralatan Listrik

2.5.3.2 Form Hasil Perhitungan

Gambar 4 merupakan adalah salah satu hasil perhitungan pada penggunaan peralatan rumah tangga. Pada form juga di tampilkan message box kepada pengguna tingkat aman dan berbahaya berdasarkan emisi yang di hasilkan.



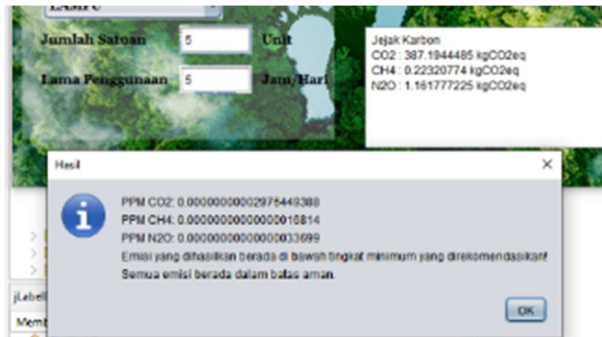
Gambar 4 Form Hasil Perhitungan Peralatan Rumah Tangga

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Emisi

3.1.1 Perhitungan Aplikasi

Perhitungan aplikasi dalam penelitian ini menerapkan algoritma perhitungan emisi karbon pada kendaraan dan peralatan rumah tangga sesuai dengan rumus-rumus sebelumnya. Perhitungan aplikasi juga mencakup analisis konsentrasi gas di udara untuk mengukur tingkat keberbahayaan karbon.



Gambar 6. Hasil Perhitungan Aplikasi Peralatan Rumah Tangga

3.1.2 Perhitungan Manual

Pada Penelitian ini, perhitungan manual yang dilakukan mengambil salah satu kategori yaitu perhitungan pada peralatan listrik lampu.

3.1.2.1 Emisi Karbon

$$KE = P \times t$$

$$KE = 20 \text{ watt} \times 5 \text{ jam/hari} = 100 \text{ kWh}$$

$$E = KE \times FE \times GWP$$

$$\text{Jumlah lampu} = 5$$

$$CO_2 = 100 \times 0,774388897 \times 1 \times 5 = 387.1944485 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$CH_4 = 100 \times 0,00001594341 \times 28 \times 5 = 0.22320774 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$N_2O = 100 \times 0,00000876813 \times 265 \times 5 = 1.161777225 \text{ CO}_2\text{eq}$$

3.1.2.2 Konversi Energi

$$\text{Emisi} = \text{emisi CO}_2\text{eq} \times \left(\frac{1 \text{ Kg emisi}}{GWP} \right)$$

$$CO_2 = 387.1944485 \times \left(\frac{1 \text{ Kg emisi}}{1} \right) = 387,1944485$$

$$CH_4 = 0.22320774 \times \left(\frac{1 \text{ Kg emisi}}{28}\right) = 0,00797171$$

$$N_2O = 1.161777225 \times \left(\frac{1 \text{ Kg emisi}}{265}\right) = 0,00438407$$

3.1.2.3 Jumlah Molar

$$Mol = \frac{\text{emisi}}{\text{massa molar emisi}}$$

$$Mol CO_2 = \frac{387,1944485}{44,01} = 8,79787431$$

$$Mol CH_4 = \frac{0,00797171}{44,013} = 0,496989$$

$$Mol N_2O = \frac{0,00438407}{16,04} = 0,0996085$$

3.1.2.4 Jumlah Molekul

Jumlah molekul = mol emisi × tetapan avogadro

$$Jumlah\ molekul\ CO_2 = 8,79787431 \times 6,022 \times 10^{23} = 5,2908 \times 10^{27}$$

$$Jumlah\ molekul\ CH_4 = 0,496989 \times 6,022 \times 10^{23} = 2,9928 \times 10^{23}$$

$$Jumlah\ molekul\ N_2O = 0,0996085 \times 6,022 \times 10^{23} = 5,99842 \times 10^{22}$$

3.1.2.5 Hitung Perkiraan PPM

$$ppm\ emisi = \left(\frac{\text{jumlah molekul emisi}}{\text{jumlah total molekul udara}}\right) \times 10^6$$

$$ppm\ CO_2 = \left(\frac{5,2908 \times 10^{27}}{1,78 \times 10^{44}}\right) \times 10^6 = 2,9723 \times 10^{-11}$$

$$ppm\ CH_4 = \left(\frac{2,9928 \times 10^{23}}{1,78 \times 10^{44}}\right) \times 10^6 = 1,681 \times 10^{-15}$$

$$ppm\ N_2O = \left(\frac{5,99842 \times 10^{22}}{1,78 \times 10^{44}}\right) \times 10^6 = 3,3699 \times 10^{-15}$$

Tabel 9 Perhitungan Manual Peralatan Rumah Tangga

Rumus	Peralatan Rumah Tangga		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Konversi Emisi	387,1944485	0,00797171	0,00438407
Jumlah Molar	8,79787431	0,496989	0,0996085
Jumlah Molekul	$5,2908 \times 10^{27}$	$2,9928 \times 10^{23}$	$5,99842 \times 10^{22}$
PPM	$2,9723 \times 10^{-11}$	$1,681 \times 10^{-15}$	$3,3699 \times 10^{-15}$

3.1.3 Hasil dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil perhitungan peralatan rumah tangga pada lampu yang berjumlah lima menghasilkan nilai ppm CO₂ sebesar $5,2908 \times 10^{27}$, ppm CH₄ sebesar $1,681 \times 10^{-15}$, dan ppm N₂O sebesar $3,3699 \times 10^{-15}$. Perhitungan ini menyatakan bahwa emisi yang dihasilkan pada penggunaan lampu masih berada di bawah tingkat minimum batas yang ditentukan.

Berdasarkan perhitungan di atas penelitian ini merekomendasikan bahwa jumlah penggunaan daya per lampu kisaran 20 watt masih sangat aman untuk digunakan dalam waktu satu hari.

3.2 Selisih Perbandingan Perhitungan Aplikasi dan Manual

Hasil aplikasi = A

Hasil perhitungan manual = B

$$\text{Persentase Selisih} = \left(\frac{|A-B|}{B} \right) \times 100\% \quad (7)$$

Tabel 10 Selisih Perhitungan Sistem dan Perhitungan Manual

Persentasi	Peralatan Rumah Tangga			Kendaraan		
	CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O
Persentasi Selisih	0%	0,00539884 %	0%	0,13794%	0%	0%

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan, Penelitian ini mengembangkan perhitungan jejak karbon berbasis aplikasi untuk kendaraan dan peralatan listrik dengan tujuan untuk lebih memahami emisi gas rumah kaca dari kendaraan dan peralatan elektronik yang digunakan. Analisis rinci mengenai potensi pemanasan global (GWP), faktor emisi, dan konversi energi dilakukan sebagai bagian dari penghitungan jejak karbon kendaraan dan peralatan rumah tangga. Analisis ini mencakup penghitungan GWP berbagai jenis gas rumah kaca yang dikeluarkan oleh mobil dan peralatan rumah tangga, faktor emisi dan aktivitas yang terkait dengan berbagai jenis bahan bakar, proses konversi energi mobil dan peralatan, serta kontribusinya terhadap emisi gas rumah kaca dampaknya terhadap emisi gas. Oleh karena itu, aplikasi ini diharapkan dapat membantu meningkatkan kesadaran tentang dampak aktivitas sehari-hari terhadap lingkungan dan mendorong pengguna untuk menerapkan perilaku yang lebih berkelanjutan dan mengurangi jejak karbon mereka.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang di lakukan, adapun saran yang di perlukan

- Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan akurasi penghitungan emisi dari mobil dan produk kelistrikan. Hal ini dapat dicapai dengan mempertimbangkan faktor-faktor tambahan seperti penggunaan bahan bakar alternatif, atau pada kendaraan di tambahkan jenis kendaraan listrik.
- Penting untuk sepenuhnya mengintegrasikan data konsumsi bahan bakar dan konsumsi listrik ke dalam penghitungan jejak karbon. Hal ini memungkinkan gambaran emisi karbon dari kendaraan dan perangkat elektronik yang lebih akurat.
- Perlu dilakukan peningkatan keakuratan hasil perhitungan emisi karbon CO₂, CH₄, dan N₂O yang tercantum dalam aplikasi. Hal ini dapat dicapai melalui validasi data dan perhitungan yang lebih cermat untuk mengurangi kesenjangan antara hasil perhitungan dengan keadaan sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hood, "Global Warming," *A Companion to Appl. Ethics*, vol. 3, no. 2, pp. 674–684, 2007, doi: 10.1002/9780470996621.ch50.
- [2] B. A. B. I. Pendahuluan, "Global Carbon Project," *World Soc. Sci. Rep. 2013*, pp. 531–532, 2013, doi: 10.1787/9789264203419-108-en.
- [3] S. Keman, "Perubahan Iklim Global, Kesehatan Manusia Dan Pembangunan Berkelanjutan," *J. Kesehat. Lingkung. Unair*, vol. 3, no. 2, pp. 195–204, 2007.
- [4] D. K. Yuliana, "Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca di Kabupaten Indramayu," *J. Sains dan*

- Tekno. Mitigasi Bencana*, vol. 12, no. 2, p. 1, 2018, doi: 10.29122/jstmb.v12i2.2098.
- [5] L. R. Widyastuti and Q. Nugrahayu, "Potensi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, Dan N₂O) Di Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Indonesia," *J. Univ. Islam Indones.*, pp. 1–13, 2018, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/11360>
- [6] R. D. Purnomoasri and D. Handayani, "Analisis dan Mitigasi Emisi Gas Buang Akibat Transportasi (Studi Kasus Kabupaten Magetan)," *ENVIRO J. Trop. Environ. Res.*, vol. 24, no. 1, p. 29, 2022, doi: 10.20961/enviro.v24i1.65043.
- [7] I. D. Pinatik, H. Riogilang, and I. R. Mangangka, "Analisis Beban Emisi CO₂ Di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado Dengan Metode Intergovernmental Panel on Climate Change," *Tekno*, vol. 21, no. 84, pp. 651–660, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/48482%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/48482/42794>
- [8] D. W. Hoffman, "Penentuan Nilai Jejak Karbon (CO₂, CH₄, N₂O) Dari Aktivitas Kampus Fakultas Sains Dan Matematika Universitas Diponegoro".
- [9] V. Restitrisnani *et al.*, "Konversi Produksi Daging Sapi Potong terhadap Emisi Metana di Kabupaten Semarang Conversion of Beef Production to Methane Emissions in Semarang Regency," vol. 19, no. 1, pp. 22–28, 2022.
- [10] L. S. Supriatin, "PENENTUAN MUSIM TANAM, JENIS VARIETAS, DAN TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN PADI TERKAIT MITIGASI EMISI METANA (CH₄) (Determination of Early Planting Season, Type Varieties, and Cultivation Techniques of Rice as Mitigation to Methane Emission)," *J. Mns. dan Lingkungan.*, vol. 24, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.22146/jml.23077.
- [11] S. Widodo, M. M. Amin, A. Sutrisman, and A. A. Putra, "Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih Dan Gas Berbahaya Co, Co₂, Dan Ch₄ Di Dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler," *Pseudocode*, vol. 4, no. 2, pp. 105–119, 2017, doi: 10.33369/pseudocode.4.2.105-119.
- [12] A. G. A. Nugroho, "BAB IIPdf," *Ayan*, vol. 8, no. 5, p. 55, 2014.
- [13] J. A. P. Wardana and I. J. Pramudijanto, "Perancangan Sistem Pengukuran Gas Beracun (Gas Karbon Monoksida (Co) Dan Gas Metana (Ch₄)) Untuk Menggali Sumur Menggunakan Mikrokontroler ...," *Inst. Tekno. Sepuluh Nop.*, 2018, [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/59280/2/10311500010039-Non_Degree.pdf
- [14] E. Yulianingsih, R. Kartikawati, and S. Wahyuni, "EMISI DINITROGEN OKSIDA DAN KARAKTER AGRONOMI BEBERAPA VARIETAS KACANG HIJAU (*Vigna radiata* L .) DI LAHAN SAWAH TADAH HUJAN NITROUS OXIDE (N₂O) EMISSION AND AGRONOMIC CHARACTER ON DIFFERENT GREEN BEAN VARIETIES (*Vigna radiata* L .) IN UPLAND PENDAHULUAN," *AGRIC J. Ilmu Pertan.*, vol. 31, no. 2, pp. 103–111, 2019.
- [15] T. S. Loru, "Pengaruh Tipe Industri, Media Exposure Dan Kinerja Lingkungan Terhadap Pengungkapan Emisi Karbon," *J. Akunt. Bisnis*, vol. 16, no. 1, pp. 66–82, 2023, doi: 10.30813/jab.v16i1.3838.
- [16] D. Wahyuningsih, P. Andarani, and M. Hadiwidodo, "Kajian Jejak Karbon dari Aktivitas di Kapus Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang," *J. Tek. Lingkungan.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–9, 2017.
- [17] C. Segovia, "EMISI CO₂ AKIBAT KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA DENPASAR CO₂ EMISSIONS OF VEHICLE RESULTING IN DENPASAR," *Tesis Dr.*, vol. 2014, no. June, pp. 1–2, 2014, [Online]. Available: https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39127%0Ahttps://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/4755978/Julius+Ojebode%27s+Thesis.pdf%0Ausir.salford.ac.uk/29369/1/Angela_Darvill_thesis_esubmission.pdf%0Ahttps://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/ha
- [18] I. A. Abdul-Azeez and C. S. Ho, "Realizing Low Carbon Emission in the University Campus towards Energy Sustainability," *Open J. Energy Effic.*, vol. 04, no. 02, pp. 15–27, 2015, doi: 10.4236/ojee.2015.42002.