



Tingkat emisi (CO) dan upaya penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah

CALVIN LEVYANTO PRAMONO^{1*}, FARAH MEILANI¹, EPRIAN JUNIAR RESTUTI¹, NILAM SARIRAMADHANI¹

¹ Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret; Surakarta, Jawa Tengah, 57126, Indonesia

* Korespondensi: calvynlvp@student.uns.ac.id

Diterima:

Disetujui: 20 Desember 2023

ABSTRAK

Latar Belakang: Gas rumah kaca merupakan gas-gas yang berada di atmosfer dan bermanfaat untuk menghambat radiasi sinar matahari sehingga dapat menjaga kestabilan suhu bumi. Akan tetapi, jika konsentrasi gas rumah kaca meningkat, dapat terjadi pemanasan global yang berdampak terhadap perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan perkiraan tingkat emisi gas rumah kaca yang berasal dari sektor transportasi di Kabupaten Semarang. Hal ini perlu dilakukan agar dapat merencanakan strategi untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. **Metode:** Data yang digunakan ialah data sekunder yang diperoleh dari berbagai studi literatur. Data dianalisis dengan menggunakan rumus kekuatan emisi (Q). **Temuan:** Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Semarang pada 2021 mencapai 559.805 dengan nilai emisi yang dihasilkan sebesar 348.230 ton/jam. Adapun persentase emisi tertinggi ada pada mobil penumpang sebesar 42%. **Kesimpulan:** Terdapat berbagai upaya yang dilakukan untuk menekan angka emisi gas rumah kaca, yaitu dengan menerapkan pajak lingkungan serta menekan penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak dan beralih ke teknologi terbarukan, seperti teknologi kendaraan listrik.

KATA KUNCI: gas rumah kaca; pembangunan berkelanjutan; perubahan iklim.

ABSTRACT

Background: Greenhouse gases are gases present in the atmosphere that are beneficial in trapping solar radiation, thereby maintaining the Earth's temperature stability. However, if the concentration of greenhouse gases increases, it can lead to global warming, which impacts climate change. This research aims to present estimates of greenhouse gas emissions originating from the transportation sector in Semarang District. This is necessary to plan strategies to reduce greenhouse gas emissions. **Methods:** The data used are secondary data obtained from various literature studies. The data were analyzed using emission strength formulas (Q). **Finding:** The results of this study show that the number of motor vehicles in Semarang District in 2021 reached 559,805 with emissions produced amounting to 348,230 tons/hour. The highest percentage of emissions is from passenger cars at 42%. **Conclusion:** Various efforts are being made to reduce greenhouse gas emissions, including implementing environmental taxes and reducing the use of oil-fueled vehicles by switching to renewable technologies, such as electric vehicles.

KEYWORDS: greenhouse gases; sustainable development; climate change.

Cara Pengutipan:

Pramono, C. L., Meilani, F., Restuti, E. J., & Sariramadhani, N. (2024). Tingkat emisi (CO) dan upaya penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. *CRSUSF: Critical Issue of Sustainable Future*, 1(1), 17-28. <https://doi.org/10.61511/crsusf.v1i1.557>.

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1. Pendahuluan

Pembangunan berkelanjutan (*sustainable development goals* [SDGs]) merupakan tujuan pembangunan dunia untuk menyejahterakan manusia dan bumi. Dalam pelaksanaannya hingga saat ini, *SDGs* telah memasuki tahun ke-6 dan merupakan agenda global 2030. Hal ini telah dilakukan oleh negara-negara di dunia sejak penetapannya pada September 2015 dalam sidang umum PBB (Leontinus, 2022). Penyusunan *SDGs* didasarkan pada dimensi ekonomi, sosial, kelembagaan, dan lingkungan yang dideklarasikan menjadi 17 tujuan, 169 target, dan 289 indikator. Upaya pengoptimalan untuk pencapaian target dalam *SDG* dapat dilakukan dengan meningkatkan pemahaman yang komprehensif mengenai interaksi tujuan, indikator, dan dimensi dalam kerangka *SDGs* (Setianingtias dkk., 2019). Salah satunya adalah dengan potensi penurunan gas rumah kaca.

Gas rumah kaca adalah gas-gas yang terdapat di atmosfer dan bermanfaat untuk membatasi radiasi cahaya matahari sehingga dapat menjaga kestabilan suhu bumi (Kusumawardhani & Gernowo, 2015). Akan tetapi, jika konsentrasi gas rumah kaca meningkat, dapat terjadi penebalan lapisan atmosfer. Hal tersebut akan berdampak juga terhadap kuantitas panas bumi yang terperangkap pada atmosfer, yang dapat menyebabkan suhu bumi meningkat atau biasa disebut pemanasan global (Perbina dkk., 2022). Menurut United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), ada enam gas yang termasuk gas rumah kaca: dinitro oksida, metana, karbon dioksida, sulfur heksafluorida, hidrofluorokarbon, dan perfluorokarbon. Dua gas yang paling utama dalam menimbulkan efek rumah kaca adalah karbon dioksida dan metana. Gas rumah kaca ini telah meningkat hingga 196% di Indonesia sejak 1990—2015 (Prihandani dkk., 2022). Tidak hanya itu, emisi gas karbondioksida juga mengalami peningkatan sebesar 18% pada 2012 hingga 2017. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya emisi dari sektor transportasi, industri, dan pembangkit listrik.

Panel internasional perubahan iklim melaporkan bahwa pemanasan telah terjadi pada permukaan bumi sejak abad ke-18 (Kogan, 2023). Terdapat faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya fenomena perubahan iklim mulai dari sektor infrastruktur, transportasi, kehutanan, energi, dan pertanian. Kegiatan pada beberapa sektor ini yang menyebabkan perubahan suhu terjadi di permukaan bumi, antara lain, ialah gas rumah kaca, knalpot kendaraan bermotor, pembakaran liar, penebangan liar (Rakuasa dkk., 2023). Gas Rumah Kaca ini semakin diperparah oleh campur tangan manusia (Hussain dkk., 2019). Pemanasan global dapat dimaknai sebagai meningkatnya suhu udara di laut, darat, dan atmosfer akibat gas rumah kaca (Yuliana, 2017). Pada 2015 total konsumsi energi final Indonesia sebanyak 830.419.601 SBM dengan sektor transportasi sebagai sektor penyumbang konsumsi energi tertinggi, yaitu sebesar 45,51% dari total konsumsi energi final, kemudian sektor industri sebesar 31,79% (Saputra & Suhanan, 2017). Menurut Lestari (2017), peningkatan emisi gas rumah kaca di Kota Batu, Jawa Timur diperkirakan akan terus berlanjut hingga mencapai 2072,64 Gg CO₂ pada 2030. Menurut Sutrisno dkk. (2016), penggunaan bahan bakar minyak berperan signifikan sebagai penyebab utama timbulnya pemanasan global. Sektor transportasi ini menggunakan energi yang cukup besar berupa fosil makhluk hidup yang akan menghasilkan emisi gas rumah kaca pada atmosfer. Emisi gas rumah kaca terbesar yang dihasilkan dari pembakaran energi fosil ini adalah CO₂ (Krishnan & McCalley, 2016). Ada beberapa langkah yang sudah dilakukan untuk mengurangi tingkat emisi gas rumah kaca ini, seperti Konferensi Kyoto yang membahas komitmen pihak bersangkutan untuk mengurangi jejak karbon (*carbon footprint*) dan *Bali Action Plan* pada *The Conferences of Parties (COP)* ke-13 United Nations Frameworks Convention and Climate Change (UNFCCC) sebagai kelanjutan dari hasil *COP-15* di Copenhagen dan *COP-16* di Cancun (Pramudianto, 2016).

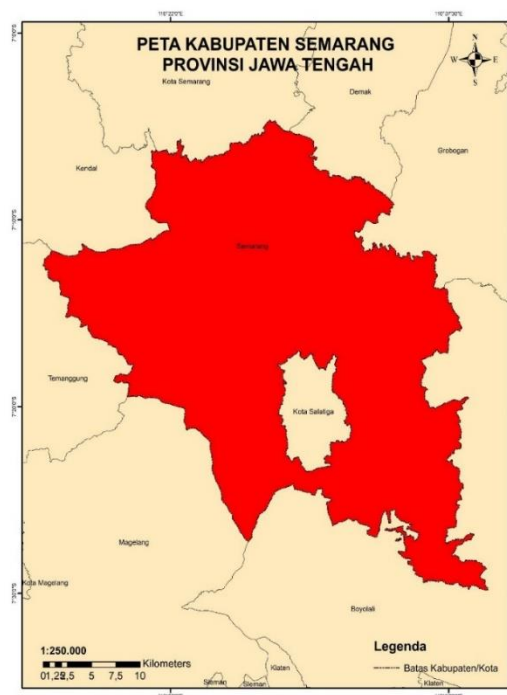
Kabupaten Semarang turut terimbas oleh pemanasan global akibat gas rumah kaca. Hal itu disebabkan oleh lokasinya sebagai jalur lintas utara Pulau Jawa sehingga padat oleh transportasi. Maka dari itu, penyajian perkiraan tingkat emisi gas rumah kaca yang

diakibatkan oleh sektor transportasi perlu dilakukan agar dapat merencanakan strategi untuk menurunkan emisi tersebut.

2. Metode

2.1 Wilayah penelitian

Kabupaten Semarang memiliki luas wilayah kurang lebih 1.019 km² dengan jumlah penduduk mencapai 1.059.844 jiwa pada 2021. Kabupaten ini terdiri dari 19 kecamatan, 27 kelurahan, dan 208 desa. Semarang berbatasan dengan Kendal dan Temanggung (barat), Boyolali dan Grobogan (timur), Boyolali dan Magelang (selatan). Letaknya yang strategis sebagai penghubung ibu kota Provinsi Jawa Tengah dengan wilayah lainnya menjadikan tingginya aktivitas transportasi dan industri di kabupaten tersebut (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Peta wilayah studi Kabupaten Semarang

2.2 Pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil dari berbagai literatur melalui studi pustaka. Data tersebut juga diperoleh dari sejumlah lembaga seperti Badan Pusat Statistik, Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), data mengenai jenis kendaraan, dan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

2.3 Pengolahan data

Metode perhitungan nilai emisi gas rumah kaca dilakukan berdasarkan nilai kekuatan emisi. Kekuatan emisi (*emission strength*) merupakan volume emisi yang dikeluarkan per satuan waktu (Sihotang & Assomadi, 2010). Nilai kekuatan emisi ini ditentukan oleh beberapa faktor seperti faktor emisi kendaraan, jumlah kendaraan, konsumsi bahan bakar, dan panjang jalan (lihat Tabel 1). Rumus kekuatan emisi adalah sebagai berikut (Kondorura, 2018).

$$Q = n \times FE \times K \times L$$

(Pers 1.)

Keterangan :

Q= kekuatan Emisi (gram/Jam)

n = jumlah Kendaraan (smp/detik)

FE= faktor emisi (gram/liter)

K= konsumsi bahan bakar (liter/100km)

L = panjang jalan (km)

Tabel 1. Faktor emisi kendaraan bermotor dari sejumlah tipe bahan bakar

Tipe kendaraan/bahan bakar	Faktor emisi						Catatan (km/l)
	NOx	CH ₄	NMV OV	CO	N ₂ O	CO ₂	
Bensin :							
Kendaraan penumpang	21,35	0,71	53,38	462,63	0,04	2597,86	Ass 8,9
Kendaraan niaga kecil	24,91	0,71	49,82	295,37	0,04	2597,86	Ass7,4
kendaraan niaga besar	32,03	0,71	28,47	281,14	0,04	2597,86	Ass 4,4
sepeda motor	7,12	3,56	85,41	427,05	0,04	2597,86	Ass 19,6
Diesel :							
Kendaraan penumpang	11,86	0,08	2,77	11,86	0,16	2924,90	Ass 13,7
Kendaraan niaga kecil	15,81	0,04	3,95	15,81	0,16	2924,90	Ass 9,2
kendaraan niaga besar	39,53	0,24	7,91	35,57	0,12	2924,90	Ass 3,3
Lokomotif	71,15	0,24	5,14	24,11	0,08	2964,43	

(IPCC, 1996)

Berdasarkan Tabel 2 berikut, lalu lintas di Kabupaten Semarang pada umumnya terdiri dari berbagai macam jenis kendaraan. Untuk meminimalisasi terjadinya kesalahan, perlu dilakukan pendekatan matematis agar setiap kendaraan dapat diketahui jumlahnya dalam satuan (smp). Pendekatan matematis ini dilakukan berdasarkan manual kapasitas jalan indonesia (MKJI) tahun 1993 (lihat juga Tabel 3).

Tabel 2. Konsumsi energi spesifik kendaraan bermotor

Jenis kendaraan	Konsumsi energi spesifik (lt/100km)
Mobil penumpang	
Bensin	11,79
Diesel/solar	11,36
Bus besar	
Bensin	23,15
Diesel/solar	16,89
Bus sedang	13,04
Bus kecil	
Bensin	11,35
Diesel/solar	11,83
Bemo/bajaj	10,89
Taksi	
Bensin	10,88
Diesel/solar	6,25
Truk besar	15,82
Truk sedang	15,15
Truk kecil	
Bensin	8,11
Diesel/solar	10,64

Sepeda motor 2,66

(Yamin dkk., 2009)

Tabel 3. Konversi jenis kendaraan ke satuan mobil penumpang

No	Jenis kendaraan	SMP
1	Kendaraan berat	1,20
2	Kendaraan ringan	1,00
3	Sepeda motor	0,25

(MKJI, 1993)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Jumlah kendaraan bermotor

Pemanasan global salah satunya disebabkan oleh sektor transportasi. Transportasi menjadi sumber emisi bergerak atau yang tidak menetap pada lokasi tertentu.

Tabel 4. Jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Semarang tahun 2021

Wilayah Kabupaten Semarang	Jumlah kendaraan bermotor	
	Jumlah	Persentase
Sepeda motor	496.605	89%
Mobil penumpang	36.363	7%
Truk	24.839	3,9%
Bus	1.998	0,1%
Jumlah	559.805	100%

Berdasarkan Tabel 4 di atas, jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Semarang pada 2021 mencapai angka 559.805 dengan dominasi sepeda motor sebanyak 496.605 (89%), mobil penumpang sebanyak 36.363 (7%), truk 24.839 (3,9%), dan bus 1.998 (0,1%). Setelah itu, untuk meminimalisasi perbedaan saat melakukan perhitungan faktor emisi dengan menggunakan satuan mobil penumpang, dilakukan pendekatan sistematis (lihat Tabel 5).

Tabel 5. Jumlah kendaraan bermotor per satuan mobil penumpang di Kabupaten Semarang tahun 2021

Wilayah Kabupaten Semarang	Jumlah kendaraan bermotor	Satuan mobil penumpang	N	N persentase
			(unit/jam)	
	1,00	2,00	1x2	
Sepeda motor	496.605	0,25	124151,25	65%
Mobil penumpang	36.363	1,00	36363,00	19%
Truk	24.839	1,20	29806,80	15%
Bus	19.98	1,00	1998,00	1%
Jumlah	559.805		192.319,05	100%

Berdasarkan Tabel 5, jumlah kendaraan bermotor smp/detik (N) didapatkan dari hasil perkalian antara jumlah motor dan satuan mobil penumpang. Berdasarkan tabel tersebut diperoleh nilai N pada sepeda motor sebesar 124.151,25 (65%), mobil penumpang 36.363 (19%), truk 29.806,80 (15%) dan bus 1.998 (1%). Pada Tabel 5

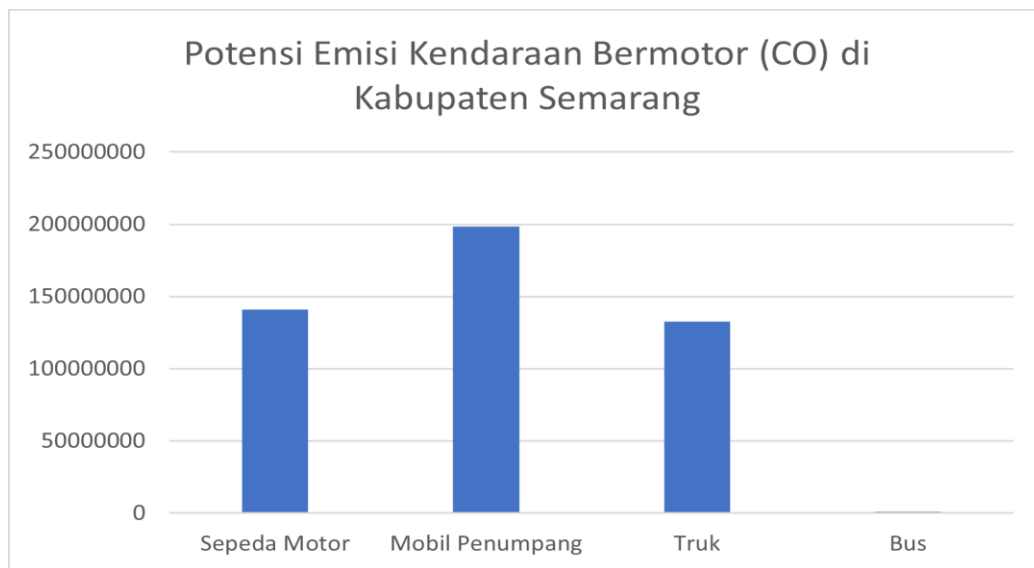
terlihat perbedaan setelah jumlah kendaraan bermotor digunakan pendekatan matematis dengan satuan mobil penumpang.

3.2 Potensi gas rumah kaca

Emisi adalah radiasi zat, energi, ataupun komponen lain sebagai hasil kegiatan. Emisi ini masuk ke udara. Peningkatan karbon dioksida, kebisingan, dan polusi udara merupakan dampak negatif transportasi. Emisi tersebut sangat berbahaya jika dibiarkan terus-menerus. Emisi itu dapat berwujud gas. Gas ini menjadi polutan akibat residu proses yang tidak lengkap dan pembakaran sehingga mengotori oksiden yang diperlukan oleh makhluk hidup. Sebagian besar gas ini berbahaya bagi lingkungan. Gas-gas pencemar udara yang cukup terkenal adalah CO atau karbon monoksida. CO merupakan gas yang tidak memiliki warna dan tidak beraroma. Gas ini akan bereaksi apabila unsur C tidak menerima ikatan yang cukup dengan O₂, sehingga udara yang masuk ke ruang silinder kurang, sedangkan suplai bahan bakar berlebihan (lihat Tabel 6 dan Gambar 2).

Tabel 6. Potensi emisi gas rumah kaca (CO) kendaraan bermotor di Kabupaten Semarang tahun 2021

Kabupaten Semarang	N (unit/jam)	FE (gram/liter)	K (liter/100 km)	N X FE X K	persentase
Sepeda motor	124.151,25	427,05	2,66	141029984,89	30%
Mobil penumpang	36.363,00	462,63	11,79	198338627,20	42%
Truk	29.806,80	281,14	15,82	132569760,96	27,8%
Bus	1.998,00	35,57	16,89	1200353,05	0,20%
			N X FE X K	473138726	
			L (km)	736	
			Q (gram/jam)	3,4823010E+11	100%
Emisi gas rumah kaca kendaraan bermotor di Kabupaten Semarang			Q (kg/jam)	348.230.102,336	
			Q (ton/jam)	348.230,120	



Gambar 2. Emisi kendaraan bermotor di Kabupaten Semarang tahun 2021

Berdasarkan Tabel 6, diketahui bahwa nilai indikasi emisi gas rumah kaca (Q) di Kabupaten Semarang pada 2021 sebesar 348.230.102,34 kg/jam atau 348.230,21 ton/jam. Nilai indikasi emisi gas rumah kaca di Kabupaten Semarang ini tertinggi dihasilkan dari mobil penumpang sebesar 198.338.627,20 (42%), lalu diikuti oleh sepeda motor sebesar 141.029.984 (30%) dan truk sebesar 132.569.760,96 (27,8%). Sementara itu, emisi yang dihasilkan oleh bus menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca terkecil pada sektor transportasi di Kabupaten Semarang sebesar 1.200.353,05 atau hanya 0,20% saja dibandingkan jenis kendaraan bermotor lainnya.

3.3 Dampak perubahan iklim

Dalam penelitian kali ini potensi emisi gas rumah kaca sebesar 348.230,120 ton/jam. Hal ini dapat menyebabkan pemanasan global yang memicu perubahan iklim. Hal ini merupakan perubahan cuaca dalam jangka waktu yang panjang, termasuk perubahan kondisi cuaca rata-rata (Wu dkk., 2016). Perubahan iklim memiliki potensi dampak yang cukup besar, termasuk di Indonesia. Terdapat berbagai peristiwa yang telah terjadi sebagai akibat perubahan iklim, perubahan pola hujan, banjir, tanah longsor, dan kekeringan, yang berakibat pada penurunan hasil pertanian bahkan kegagalan panen, menyebarnya berbagai jenis penyakit, meningkatnya kebakaran hutan dan lahan, serta meningkatnya suhu di wilayah perkotaan (Sumastuti & Pradono, 2016). Tidak hanya itu, perubahan iklim juga berdampak terhadap kerugian ekonomi yang ditimbulkan dari bencana iklim, bahkan juga berdampak terhadap tingkat mortalitas dan morbiditas masyarakat sekitar.

Terdapat berbagai dampak perubahan iklim yang terjadi di Kabupaten Semarang, di antaranya, yaitu kekeringan pada lahan pertanian yang menyebabkan hasil panen menurun. Hal itu juga berdampak terhadap budidaya krisan di Pusat Pelatihan Pertanian dan Pedesaan Swadaya (P4S) Mitra Veteran Mandiri Bandungan, yang menyebabkan terjadinya gagal panen. Kegagalan panen tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yang merupakan akibat dari perubahan iklim, di antaranya, yaitu meningkatnya organisme pengganggu tanaman (OPT) dan rusaknya *greenhouse* bunga Krisan (Firmansyah dkk., 2022). Meningkatnya fluktuasi suhu dan kelembaban udara dapat menstimulasi perkembangan dan pertumbuhan OPT. Di samping itu, perubahan iklim juga berdampak terhadap musuh alami yang berperan penting dalam mempengaruhi dinamika populasi hama (Diyasti & Amalia, 2021). Menurunnya angka populasi musuh alami menyebabkan meningkatnya hama dan tidak menutup kemungkinan adanya perubahan status serangga yang sebelumnya bukan sebagai hama utama menjadi hama utama karena terdapat kompetisi sumber makanan untuk mempertahankan keberlangsungan hidup. Perubahan iklim juga berdampak pada munculnya biotipe, ras, genome, dan *strain* baru dari OPT. Rusaknya *greenhouse* bunga krisan tersebut disebabkan karena adanya cuaca ekstrem berupa hujan badai dan angin kencang.

3.4 Upaya penurunan potensi gas rumah kaca menurut indikator SDGS 13.2.2a

Perubahan iklim di Indonesia memiliki potensi dampak yang cukup besar. Oleh karena itu, sangat diperlukan upaya untuk pengendalian perubahan iklim terutama di daerah-daerah yang teridentifikasi rentan terhadap perubahan iklim. Salah satu faktor penyebab pemanasan global yang berakibat pada perubahan iklim adalah penggunaan kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak (BBM) karena gas buangnya dapat menghasilkan berbagai jenis gas seperti uap air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Jumlah kendaraan di Kabupaten Semarang sendiri sudah mencapai 559.805 pada 2021 dan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya sehingga tidak heran apabila sektor transportasi menjadi salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar. Oleh karena itu, untuk mencapai tujuan SDGs nomor 13 “mengambil tindakan cepat untuk mengatasi

perubahan iklim dan dampaknya” berdasarkan indikator 13.2.2 (a) terkait potensi penurunan emisi gas rumah kaca, perlu dilakukan berbagai upaya, seperti menekan penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak dan beralih ke teknologi terbarukan.

Dalam menanggapi permasalahan iklim, dibentuklah UNFCCC, sebuah konvensi internasional yang juga menjadi sumber hukum internasional dan memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk menggandeng negara-negara di dunia untuk melakukan mitigasi terkait perubahan iklim secara serentak (Baroleh dkk., 2023). Dengan adanya UNFCCC tersebut juga lahir beberapa aturan internasional mengenai mitigasi perubahan iklim, seperti Protokol Kyoto dan Perjanjian Paris. Salah satu upaya Indonesia dalam menghadapi perubahan iklim ialah dengan melakukan pembatasan kendaraan berbahan bakar minyak berdasarkan Perjanjian Paris (Ghaniyyu & Husnita, 2021). Hal ini disebabkan oleh penggunaan energi di Indonesia yang didominasi oleh energi tak terbarukan. Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan beralih dari kendaraan berbahan bakar minyak ke teknologi kendaraan listrik (*EV*). *EV* telah dipercaya dalam mengurangi emisi karbon dioksida. Penggunaan teknologi kendaraan listrik di Indonesia telah diatur dalam perpres tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai untuk transportasi jalan. Tujuan percepatan program tersebut adalah sebagai perbaikan iklim di wilayah Indonesia (Wirabrata, 2019). Di samping itu, peraturan mengenai kendaraan listrik juga harus memperhatikan berbagai aspek, terutama aspek keberlanjutan. Dengan demikian, apabila kendaraan listrik diterapkan secara masif di Indonesia dan dipadukan dengan pengaturan pencegahan iklim terpadu, maka dapat menjadi solusi dari perubahan iklim. Teknologi kendaraan listrik dinilai dapat mengurangi penggunaan energi tak terbarukan, pasalnya listrik dapat diperoleh dari sumber energi terbarukan seperti angin, panas bumi, air, dan matahari. Dengan demikian, diharapkan penggunaan energi tak terbarukan seperti fosil dapat ditekan. Energi listrik sendiri tidak menghasilkan polusi karena listrik dapat diubah menjadi energi kimia, panas, atau mekanik karena hal tersebut kendaraan listrik dikenal dengan kendaraan zero emisi.

Upaya selanjutnya yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi yang diakibatkan oleh transportasi ialah menggunakan pajak lingkungan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Filippini & Heimsch (2016), adanya penerapan pajak dapat menurunkan konsumsi bensin mencapai 510 juta liter dan menurunkan emisi CO₂ mencapai 1,2 juta ton di negara Swiss (Dewi dkk., 2022). Menurut Williams III (2016), pajak lingkungan juga dapat dimanfaatkan untuk mengatasi persoalan defisit anggaran negara dan emisi gas rumah kaca di Amerika Serikat. Hal ini disebabkan oleh pajak lingkungan dapat menjadi sumber pendapatan baru suatu negara dan menjadi salah upaya dalam menghemat biaya untuk mengurangi angka emisi.

4. Kesimpulan

Perubahan iklim merupakan perubahan cuaca dalam jangka waktu yang panjang, termasuk perubahan kondisi cuaca rata-rata dan memiliki potensi dampak yang cukup besar. Salah satu faktor penyebab pemanasan global yang berakibat pada perubahan iklim adalah penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar minyak memiliki peran yang signifikan dalam pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca. Jumlah kendaraan di Kabupaten Semarang sendiri sudah mencapai 559.805 pada 2021. Berdasarkan data yang telah diperoleh dapat diketahui bahwa indikasi emisi yang dihasilkan pada sektor transportasi di Kabupaten Semarang sebesar 348.230,120 ton/jam dengan penyumbang emisi terbesar ialah mobil penumpang sebesar 42%. Adapun upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca adalah dengan menerapkan pajak lingkungan dan menekan penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak dan beralih ke teknologi terbarukan, seperti teknologi kendaraan listrik.

Kontribusi Penulis

Penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan *Informed Consent*

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18, 91 - 93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>.
- Baroleh, S.E., Massie, C.D., & Lengkong, N.L. (2023). Implementasi Konvensi Internasional Paris Agreement tentang Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia. *Lex Privatum*, 11(5). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/lexprivatum/article/view/49120>.
- Dewi, S.P., Alsakinah, R., Sara, S.A., & Amrina, D.H. (2022). Pajak Lingkungan Sebagai Upaya Pengendalian Pencemaran Udara dari Gas Buang Kendaraan Bermotor di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Pajak*, 2(1), 7-13. <https://ojs-ejak.id/index.php/Ejak/article/view/28>.
- Diyasti, F. & Amalia, A.W. (2021). Peran perubahan iklim terhadap kemunculan OPT baru. *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(1), 57-69. <https://doi.org/10.36423/agroscript.v3i1.780>.
- Filippini, M. & Heimsch, F. (2016). The regional impact of a CO2 tax on gasoline demand: A spatial econometric approach. *Resource and Energy Economics*, 46, 85-100. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2016.07.002>.

- Firmansyah, F., Mukson, M., & Prastiwi, W. D. (2022). Analisis Risiko Produksi Bunga Krisan di P4s/Mitra Veteran Mandiri Bandungan Kabupaten Semarang. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 47(3), 354-367. <http://dx.doi.org/10.31602/zmip.v47i3.8002>.
- Ghaniyyu, F.F. & Husnita, N. (2021). Upaya Pengendalian Perubahan Iklim Melalui Pembatasan Kendaraan Berbahan Bakar Minyak di Indonesia Berdasarkan Paris Agreement. *Morality: Jurnal Ilmu Hukum*, 7(1), 110-129. <http://dx.doi.org/10.52947/morality.v7i1.196>.
- Hussain, M., Butt, A.R., Uzma, F., Ahmed, R., Islam, T., & Yousaf, B. (2019). A comprehensive review of sectorial contribution towards greenhouse gas emissions and progress in carbon capture and storage in Pakistan. *Greenhouse Gases: Science and Technology*, 9(4), 617-636. <https://doi.org/10.1002/ghg.1890>.
- Kogan, F. (2023). The IPCC Reports on Global Warming and Land Changes. In *Remote Sensing Land Surface Changes: The 1981-2020 Intensive Global Warming* (pp. 67-79). Springer.
- Kondorura, C.F. (2018). *Analisis Kapasitas Ruang Terbuka Hijau Balai Kota Makassar dalam Mereduksi Emisi Kendaraan Bermotor* [Skripsi, Universitas Hasanuddin]. Repositori Universitas Hasanuddin. <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/25655/1/>.
- Krishnan, V. & McCalley, J.D. (2016). The role of bio-renewables in national energy and transportation systems portfolio planning for low carbon economy. *Renewable Energy*, 91, 207-223. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.052>.
- Kusumawardhani, I.D. & Gernowo, R. (2015). Analisis Perubahan Iklim Berbagai Variabilitas Curah Hujan dan Emisi Gas Metana (CH₄) dengan Metode Grid Analysis and Display System (GrADS) di Kabupaten Semarang. *Youngster Physics Journal*, 4(1), 49-54. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/bfd/article/view/8052>.
- Leontinus, G. (2022). Program dalam Pelaksanaan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sdgs) dalam Hal Masalah Perubahan Iklim di Indonesia. *Jurnal Samudra Geografi*, 5(1), 43-52. <https://ejournalunsam.id/index.php/jsg/article/download/4652/3134/>.
- Lestari, J.A. (2017). Strategi adaptasi dan mitigasi penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) sektor transportasi dan sektor persampahan di Kota Batu [Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Repositori Institut Teknologi Sepuluh Nopember. <https://repository.its.ac.id/43323/>.
- Perbina, N. & Pasaribu, R.F. (2022). Peran Cop26 Sebagai Pendukung Pencapaian Tujuan 13 SDGS di Indonesia, Dalam Pandangan Greenpeace. *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 8(1), 31-38. <https://doi.org/10.47521/selodangmayang.v8i1.237>.
- Pramudianto, A. (2016). Dari Kyoto Protocol 1997 ke Paris Agreement 2015: Dinamika Diplomasi Perubahan Iklim Global dan Asean Menuju 2020. *Global: Jurnal Politik Internasional*, 18(1), 76-94. <https://doi.org/10.7454/global.v18i1.119>.
- Prihandani, Z. F., Khasanah, S., Nuraini, Y. A., Sanggalangi, I. A., Asri, K. W., Dewi, K., ... & Amin, N. (2022). Pelatihan pengelolaan sampah bagi masyarakat desa wisata sepakung menuju desa iklim. *Jurnal Pengabdian Kesehatan*, 5(4), 279-288. <https://doi.org/10.31596/jpk.v5i4.265>.
- Rakuasa, H. (2023). Analisis Spasial Temporal Suhu Permukaan Daratan/Land Surface Temperature (LST) Kota Ambon Berbasis Cloud Computing: Google Earth Engine. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 27(3), 194-205. <http://dx.doi.org/10.35760/ik.2022.v27i3.7101>.
- Saputra, O., Deendarlianto, D., & Suhanan, S. (2017). *Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Program "Biofuel Mandatory" Sektor Transportasi Darat di Provinsi Jambi*. Simposium Nasional RAPI XVI – 2017 FT UMS.
- Setianingtiyas, R., Baiquni, M., & Kurniawan, A. (2019). Pemodelan indikator tujuan pembangunan berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 27(2), 61-74. <https://doi.org/10.14203/JEP.27.2.2019.61-74>.

- Sihotang, S.R. & Assomadi, A.F. (2010). Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO₂) Dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus ITS Surabaya [Skripsi, Institut Sepuluh Nopember].
- Sumastuti, E. & Pradono, N.S. (2016). Dampak perubahan iklim pada tanaman padi di Jawa Tengah. *Journal of Economic Education*, 5(1), 31-38. <https://journal.unnes.ac.id/sju/jeec/article/view/13017>.
- Sutrisno, A.M., Huboyo, H.S., & Sutrisno, E. (2016). Kajian Prediksi Beban Emisi Pencemar Udara (Tsp, NO_x, SO₂, HC, dan CO) dan Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) Sektor Transportasi Darat di Kota Surakarta dengan Metode Top Down dan Bottom Up. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1-10.
- Williams III, R.C. (2016). Environmental Taxation. *NBER Working Paper Series*. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w22303/w22303.pdf.
- Wirabrata, A. (2019). *Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik di Indonesia*. DPR RI, Pusat Penelitian Badan Keahlian.
- Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., & Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment international*, 86, 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>.
- Yuliana, D.K. (2017). Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 12(2), 1-10. <https://doi.org/10.29122/jstmb.v12i2.2098>.

Biografi Penulis

CALVIN LEVYANTO PRAMONO, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: calvynlvp@student.uns.ac.id
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

FARAH MEILANI, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

EPRIAN JUNIAR RESTUTI, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

NILAM SARIRAMADHANI, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -