

Prediksi emisi gas CO₂ berdasarkan pendekatan kepadatan jalan

Prediction of CO₂ emission based on road density approach

Eri Susan Nst, Yulia Fitri*, Laras Sita Widara, dan Fajri Fajri

Received 06 September 2022

Accepted 10 December 2022

Published January 2023

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru 28294, Riau, Indonesia

Abstrak. Pekanbaru merupakan kota terbesar di Provinsi Riau dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat. Peningkatan ekonomi berpengaruh terhadap perkembangan jumlah transportasi kendaraan bermotor di Kota Pekanbaru. Jumlah kendaraan rata-rata meningkat sebesar 7,3% per tahun. Peningkatan sektor transportasi menjadi salah satu penyebab terjadinya kerusakan lingkungan dan pemanasan global serta menurunnya kualitas udara di wilayah perkotaan. Polusi paling dominan yang dihasilkan dari sektor transportasi yaitu karbondioksida (CO₂). Tujuan penelitian ini adalah menghitung emisi CO₂ dari kendaraan di Kota Pekanbaru. Metode yang digunakan untuk menghitung emisi CO₂ yaitu metode IPCC 2006 Guidelines Tier 2 berdasarkan pendekatan kepadatan Jalan. Volume kendaraan didapatkan berdasarkan *traffic counting* di ruas jalan Kota Pekanbaru. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa emisi tertinggi di Kota Pekanbaru berada di ruas jalan nasional yaitu sebesar 11,8 kg CO₂/SMP. Penyumbang emisi CO₂ di Kota Pekanbaru didominasi oleh jenis kendaraan truk dan bus. Truk menyumbang emisi sebesar 7,9 kg CO₂/SMP dan bus menghasilkan emisi sebesar 6,3 kg CO₂/SMP. Selanjutnya hasil penelitian juga menemukan bahwa emisi tertinggi yaitu pada hari efektif sebesar 6,84 kg CO₂/SMP. Jam tersibuk yang menghasilkan nilai emisi tertinggi yaitu jam puncak sore. Emisi yang dihasilkan dengan nilai sebesar 6,48 kg CO₂/SMP.

Abstract. Pekanbaru is the largest city in Riau Province with rapid economic growth. The increase in the economy has affected the development of the number of motorized vehicle transportation in Pekanbaru City. The average number of vehicles increased by 7.3% per year. The increase in the transportation sector is one of the causes of environmental damage and global warming as well as declining air quality in urban areas. The most dominant pollution generated from the transportation sector is carbon dioxide (CO₂). The purpose of this study was to calculate CO₂ emissions from vehicles in Pekanbaru City. The method used to calculate CO₂ emissions was the IPCC 2006 Guidelines Tier 2 method based on the road density approach. Vehicle volume was obtained based on traffic counting on Pekanbaru City roads. The calculation results show that the highest emission in Pekanbaru City is on the national road segment, which is equal to 11.8 kg CO₂/SMP. The contributors to CO₂ emissions in Pekanbaru City are dominated by trucks and buses. Trucks contribute 7.9 kg CO₂/SMP and buses emit 6.3 kg CO₂/SMP. Furthermore, the results of the study also found that the highest emission was on an effective day of 6.84 kg CO₂/SMP. The busiest hour that produces the highest emission value is the afternoon peak hour. Emissions produced with a value of 6.48 kg CO₂/SMP.

Keywords: Emissions, IPCC Method 2006, road density approach, Pekanbaru

Pendahuluan

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan emisi yang dihasilkan dari alam dan berbagai kegiatan (Nasional, 2011). Peningkatan emisi GRK mengakibatkan kerusakan lingkungan dan pemanasan global (KLHK, 2018). Sumber GRK di Indonesia dibagi dalam beberapa sektor yaitu sektor transportasi, sektor industri produsen energi, sektor konstruksi, sektor industri produsen energi, sektor komersial rumah tangga (Nasional, 2011). Penyumbang GRK secara global 72% berasal dari emisi CO₂, 18 % berasal dari emisi CH₄, 9% berasal dari emisi N₂O, dan 1% berasal dari emisi gas lainnya (Kusuma and Hermana, 2012). Salah satu penyumbang emisi terbesar di Indonesia yaitu sektor transportasi (Aly, 2015). Transportasi di Indonesia pada tahun 2019 menyumbang emisi sebesar 157.326 Gg CO₂e, dengan peningkatan emisi rata-rata 7,17% per tahun (KESDM, 2020).

Prediksi emisi transportasi membutuhkan data lalu lintas yang terperinci (Singh *et al.*, 2018). Salah satu data yang dibutuhkan adalah data volume kendaraan dari sebuah kota. Kota Pekanbaru merupakan ibu kota dari Provinsi Riau, dengan pertumbuhan rata-rata kendaraan yang cukup tinggi yaitu 7,3% pertahun (Hasan and Junaidi, 2019). Tahun 2020 jumlah kendaraan di Kota Pekanbaru sebesar 3.097.026 unit (Badan Pusat Statistik, 2020). Jumlah kendaraan yang paling tinggi yaitu sepeda motor 75%, mobil pribadi 11% dan bus 2% (Badan Pusat Statistik, 2020).

Maulana *et al.* (2016) memprediksi emisi CO₂ di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru dari sektor transportasi sebesar 2.102.614.367 kg CO₂/tahun. Emisi CO₂ dari sektor transportasi di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru dihasilkan pada hari Senin sebesar 422 ton CO₂ /hari dan hari Minggu sebesar 241,46 ton CO₂/hari (Iqbal *et al.*, 2017). Tahun 2021, Sasmita *et al.*

menyatakan bahwa semakin banyak jumlah kendaraan pada suatu titik maka emisi CO₂ yang dihasilkan semakin besar.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data aktivitas kendaraan dan faktor emisi. Perhitungan emisi menggunakan IPCC 2006 *Guidelines* Tier 2. Pada metode Tier-2 data aktivitas yang digunakan dalam perhitungan lebih detail. Data aktivitas kendaraan diantaranya jenis kendaraan (sepeda motor, mobil pribadi, truk dan bus), jenis bahan bakar (bensin dan solar), jenis jalan (nasional, provinsi, kota), jenis hari (Senin, Sabtu dan Minggu), jam puncak (pagi, siang dan sore) Tujuan penelitian ini adalah menghitung emisi CO₂ berdasarkan pendekatan kepadatan jalan.

Lokasi Penelitian, Data, Metodologi

Lokasi Penelitian

Kota Pekanbaru terletak antara 101°14' - 101°34' Bujur Timur dan 0°25' - 0°45' Lintang Utara, dengan ketinggian dari permukaan laut 5 - 50 meter. Jumlah penduduk Kota Pekanbaru mengalami perkembangan yang cukup pesat, terlihat pada pertumbuhan penduduk 3 tahun terakhir. Tahun 2020 jumlah penduduk 983.356 jiwa dan tahun 2022 sebanyak 1.007.540 jiwa. Luas wilayah Kota Pekanbaru 632,26 km². Kota Pekanbaru memiliki batas-batas sebagai berikut, batas utara Kabupaten Bengkalis, batas selatan Kabupaten Kampar, batas timur Kabupaten Bengkalis, batas barat Kabupaten Kampar.

Pembinaan Jalan di Kota Pekanbaru diatur dalam UU No. 38 Tahun 2004 meliputi pengaturan, pembinaan, pembangunan, dan pengawasan jalan. Pembagian status Jalan dibagi menjadi 4 bagian yaitu jalan nasional, jalan provinsi, Jalan kabupaten, jalan kota. Panjang jalan seluruh Kota Pekanbaru dari tahun 2018 sampai 2021 yaitu 127,52 km.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini untuk menghitung emisi adalah data volume kendaraan, data jalan dan panjang ruas Jalan.

Volume Kendaraan

Volume kendaraan dihitung di setiap ruas jalan dengan cara merekam video selama satu jam penuh. Jenis kendaraan yang dijadikan data pada penelitian ini yaitu sepeda motor, mobil pribadi, truk, dan bus. Volume kendaraan dihitung menggunakan aplikasi *traffic counter*. Waktu pengambilan data pada hari Sabtu mewakili setengah hari bekerja, dan hari Minggu mewakili hari libur, Senin mewakili hari bekerja. Pengambilan data dilakukan pada jam puncak yaitu pagi pada saat masyarakat mulai beraktivitas pukul 06.00-07.00 WIB, siang pada saat masyarakat beristirahat yaitu pukul 13.00-14.00 WIB, dan sore pada saat masyarakat selesai bekerja atau beraktivitas yaitu pukul 17.00-18.00 WIB (Maharani, 2019).

Jalan Nasional

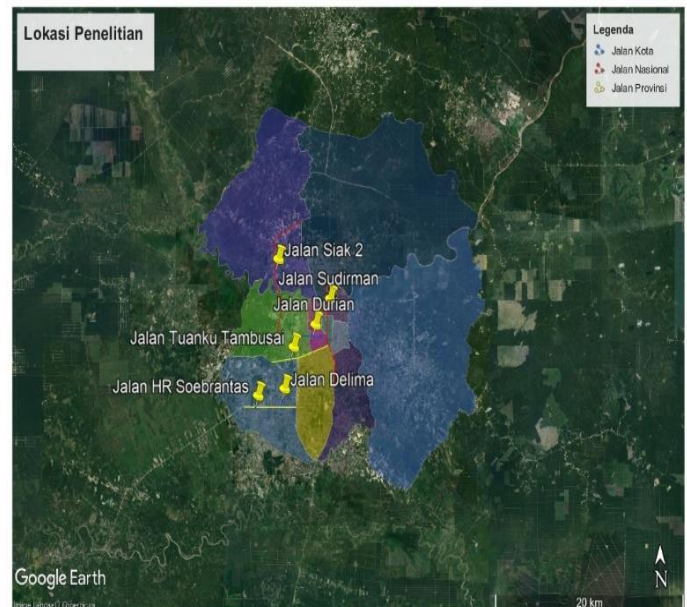
Ruas Jalan Nasional Kota Pekanbaru berdasarkan keputusan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat No: 290/KPTS/M/2015. Total Jalan nasional yaitu 11 jalan dengan panjang jalan 92,55 km. Penelitian ini menggunakan Jl. Sudirman dengan panjang Jalan 7,69 km, dan Jl. Siak II dengan panjang Jalan 9,6 mewakili jalan nasional.

Jalan Provinsi

Ruas Jalan Provinsi di Kota Pekanbaru berdasarkan keputusan Gubernur Riau No : KPTS.214/II/2017. Total Jalan Provinsi yaitu 15 jalan dengan panjang jalan 127,51. Penelitian ini menggunakan Jl. Tuanku Tambusai dengan panjang jalan 7,52 km, dan Jl. Soebrantas dengan panjang jalan 5,6 mewakili jalan Provinsi.

Jalan Kota

Status Jalan Kota berdasarkan keputusan Walikota Pekanbaru nomor 202. Total Jalan kota sebanyak 19446 Jalan dengan panjang Jalan 1277,90 km. Penelitian ini menggunakan Jl. Delima dengan panjang Jalan 1,7 km, dan Jl. Durian dengan panjang Jalan 8,7 mewakili Jalan Kota.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Perhitungan Emisi

Emisi CO₂ dari aktivitas kendaraan di Kota Pekanbaru dihitung menggunakan metode IPCC 2006 *Guidelines* Tier 2 dengan Persamaan 2.1. Pengambilan data volume kendaraan dilakukan pada hari Sabtu (tanggal 29 Januari 2022), hari Minggu (30 Januari 2022) dan hari Senin (1 Februari 2022).

$$\text{Emisi (Q)} = n \times \text{FE} \times \text{KE} \times \text{PJ} \quad (2.1)$$

dengan

n = Jumlah Kendaraan (SMP/jam)

FE = Faktor Emisi (g CO₂/L)

KE = Konsumsi Energi Spesifik (L/100 km)

PJ = Panjang Jalan (km)

Faktor Emisi

Faktor emisi digunakan sebagai nilai rata-rata suatu parameter pencemar udara yang dikeluarkan oleh suatu sumber spesifik. Penelitian ini menggunakan faktor emisi dari IPCC 1996, faktor emisi dilihat dari jenis kendaraan dan bahan bakar kendaraan. Faktor emisi dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Faktor emisi

Jenis Kendaraan	Faktor Emisi				
	CO ₂ (g/L)	CO (g/L)	N ₂ O (g/L)	NO _x (g/L)	CH ₄ (g/L)
Sepeda Motor	2597,86	427,25	0,04	7,12	3,56
Mobil Pribadi	2597,86	462,63	0,04	21,35	0,71
Truk	2924,9	35,57	0,12	39,53	0,24
Bus	2924,9	35,57	0,12	39,53	0,24

Data diadopsi dari IPCC (1996)

Konsumsi Energi Spesifik

Penelitian ini menghitung emisi menggunakan metode IPCC 2006 pendekatan kepadatan Jalan digunakan konsumsi energi spesifik. Konsumsi energi spesifik dilihat dari Tabel 2.

Tabel 2 Konsumsi energi spesifik berdasarkan jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	Konsumsi energi spesifik (L/100 km)
Sepeda Motor	2,66
Mobil Pribadi	11,79
Truk	15,82
Bus	16,89

Data diadopsi dari Jinca (2009)

Hasil Penelitian

Volume Kendaraan di Kota Pekanbaru

Volume kendaraan dihitung disetiap ruas jalan nasional, ruas jalan provinsi dan ruas jalan kota. Hasil perhitungan volume kendaraan dari *traffic counter* disetiap ruas jalan berbeda karena arus lalu lintas dan status jalan berbeda ditunjukkan pada Gambar 1. Volume kendaraan tertinggi di Kota Pekanbaru secara berturut-turut yaitu ruas Jalan Provinsi, ruas jalan nasional dan ruas jalan kota sebesar 50%, 35% dan 16%. Ruas jalan provinsi yang di survei adalah Jalan Soebrantas dan Jalan Tuanku Tambusai. Jalan Soebrantas merupakan kawasan pendidikan seperti universitas dan sekolah, hotel, perkantoran serta pertokoan. Jalan Tuanku Tambusai berada di pusat perbelanjaan paling besar di Kota Pekanbaru yaitu Mall SKA, Living World, Transmart serta wilayah pertokoan, pasar dan hotel. Fermi *et al.* (2022) juga menunjukkan bahwa volume kendaraan tertinggi di Kota Pekanbaru berada di ruas di jalan provinsi. Volume kendaraan yang meningkat dengan pesat di suatu wilayah akan berkontribusi terhadap emisi terutama polusi udara di perkotaan (Wang *et al.*, 2017).

Hasil survei didapatkan volume kendaraan pada jam puncak pagi pukul 07:00-08:00 WIB sebesar 69.981 kendaraan/jam, jam puncak siang pukul 13.00-14.00 WIB sebesar 86.895 kendaraan/jam dan jam puncak sore pukul 17:00-18:00 WIB sebesar 93.786 kendaraan/jam. Jenis kendaraan yang mendominasi adalah kendaraan pribadi berupa motor dan mobil pribadi. Jam puncak pagi merupakan jam mulai beraktivitas masyarakat jam puncak sore merupakan jam pulang bekerja. Penelitian ini sejalan dengan penelitian (Shahbazi *et al.*, 2016) di Kota Tehran Iran bahwa volume kendaraan pribadi lalu lintas tertinggi yaitu pada jam puncak pagi dan sore. Truk dan bus menunjukkan dua periode jam puncak yaitu pukul 13:00-14:00 WIB dan sore pukul 17:00-18:00 WIB. Hal ini dipengaruhi karena kendaraan besar (truk dan bus) tidak boleh melintas pada saat jam-jam tertentu sehingga truk dan bus memulai aktivitas di siang hari. Penelitian Alfiana *et al.* (2020) di Jember Jalan Letjen Suprpto sebagai akses masuk perkotaan menemukan kendaraan yang padat di siang hari adalah truk dan bus. Seluruh ruas jalan baik Jalan Nasional, Jalan Provinsi maupun jalan kota di Kota Pekanbaru menunjukkan kecenderungan volume kendaraan tertinggi pada jam puncak yang sama.

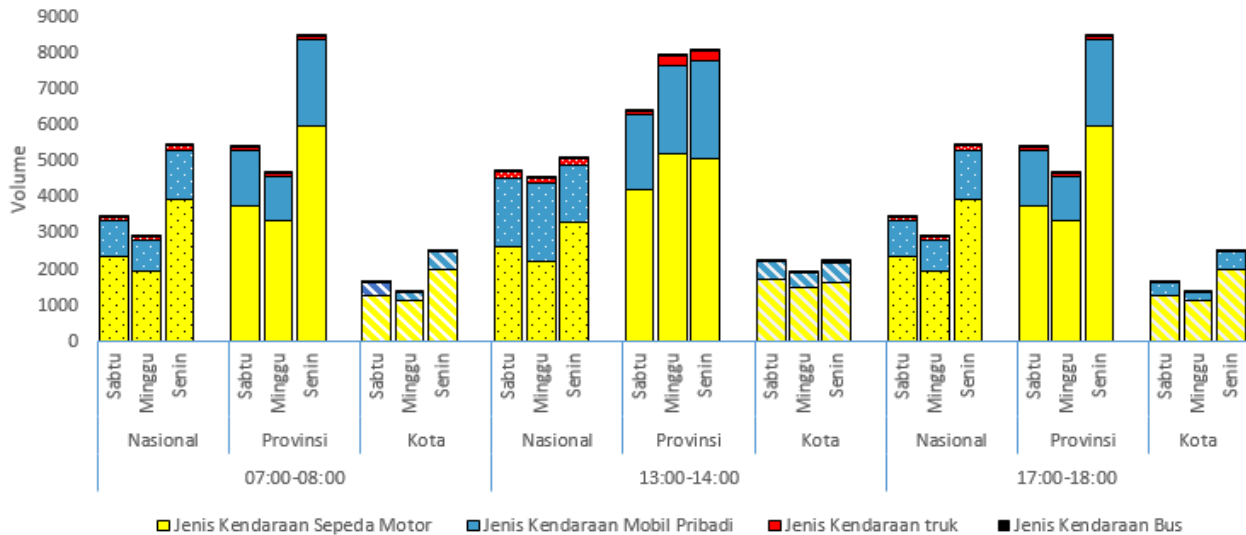
Volume kendaraan di Kota Pekanbaru berdasarkan jenis kendaraan adalah 70%, 27,39%, 2,68% dan 0,28% untuk sepeda motor, mobil pribadi, truk dan bus secara berturut-turut. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat Kota Pekanbaru untuk beraktivitas cenderung menggunakan kendaraan pribadi (sepeda motor dan mobil pribadi) dibandingkan angkutan umum. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Sekaryadi and Sentosa, 2017) di ruas jalan Provinsi Jawa Barat bahwa volume kendaraan tertinggi adalah sepeda motor.

Emisi CO₂

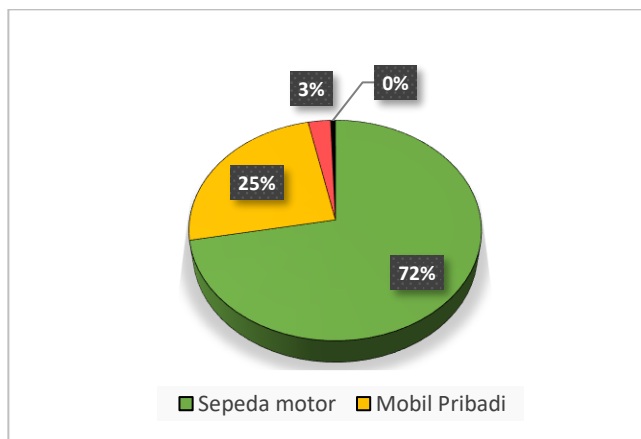
Total emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan di setiap ruas jalan Kota Pekanbaru ditunjukkan pada Gambar 3. Emisi CO₂ yang dihasilkan sektor transportasi Kota Pekanbaru tertinggi di ruas jalan nasional rata-rata sebesar 11,8 kg CO₂/SMP, kemudian diikuti Jalan Provinsi dan Jalan Kota sebesar 8,1 kg CO₂/SMP, 5,6 kg CO₂/SMP secara berturut-turut. Jalan Nasional yang di survei pada penelitian ini adalah jalan Siak 2 dan Jalan Sudirman. Jalan Siak 2 dengan panjang jalan 9,6 km merupakan jalan lintas Sumatera sebagai arus lalu lintas antar Provinsi Riau dan Provinsi Sumatera Utara. Ruas jalan ini melayani lalu lintas berat dan ringan seperti truk dan bus, dan jenis kendaraan roda empat lainnya serta roda dua untuk angkutan jarak dekat. Emisi yang tinggi dari Jalan Siak 2 disebabkan banyaknya kendaraan truk dan bus yang melewati ruas jalan tersebut. Truk dan bus dengan bahan bakar solar mempunyai kontribusi emisi yang tinggi (Alam *et al.*, 2018). Hal tersebut dikarenakan truk dan bus memiliki faktor emisi dan konsumsi energi spesifik yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya sehingga emisi yang dihasilkan lebih tinggi. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Wang *et*

al tahun 2017 menunjukkan bahwa truk dan bus menyumbang emisi paling besar dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya. Jalan Nasional kedua yaitu Jalan Sudirman dengan panjang jalan 7,69 km. Emisi CO₂ di Jalan Sudirman disebabkan oleh banyaknya kendaraan pribadi (sepeda motor) yang melewati ruas jalan tersebut.

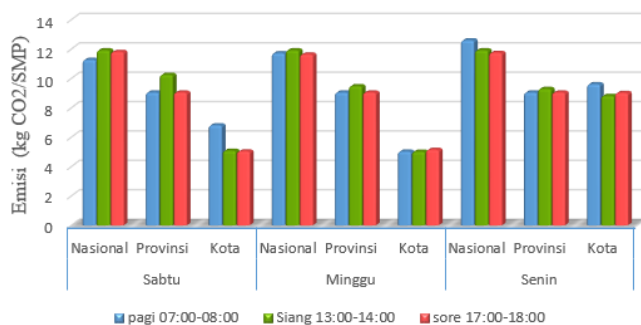
Jalan Sudirman merupakan jalan arteri untuk pusat kota, instansi pemerintah dan sekolah. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian (Ambarsari, Sari and Maulidi, 2019) bahwa di perkotaan kendaraan sepeda motor merupakan penyumbang emisi yang besar.



Gambar 1 Volume kendaraan di Kota Pekanbaru



Gambar 2 Jenis kendaraan tertinggi



Gambar 3 Total emisi CO₂ di Kota Pekanbaru

Jam puncak adalah jam tersibuk dari aktivitas kendaraan. Emisi CO₂ paling tinggi dihasilkan pada jam puncak sore dengan nilai emisi sebesar 6,48 kg CO₂/SMP. Emisi tertinggi pada jam puncak sore dipengaruhi oleh

tingginya volume kendaraan pada jam tersebut. Semakin tinggi volume kendaraan yang melewati setiap ruas jalan maka semakin tinggi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan. Sasmita *et al.* (2022) juga menyatakan hal yang sama bahwa hubungan antara volume kendaraan dengan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan yaitu berbanding lurus.

Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Emisi CO₂ tertinggi di Kota Pekanbaru yang dihasilkan dari kendaraan berada di ruas jalan Nasional (Jalan Siak 2 dan Jalan Sudirman) dengan nilai emisi sebesar 11,8 kg CO₂/SMP. Hal ini disebabkan banyaknya kendaraan truk dan bus yang melewati ruas jalan nasional.
2. Hari Senin sebagai hari efektif masyarakat menghasilkan emisi yang tinggi. Emisi yang dihasilkan dengan nilai sebesar 6,84 kg CO₂/SMP
3. Penyumbang emisi tertinggi di Kota Pekanbaru adalah jenis kendaraan truk dan bus. Truk menyumbang emisi sebanyak 7,9 kg CO₂/SMP dan bus menyumbang emisi sebesar 6,3 kg CO₂/SMP. Hal ini dikarenakan truk dan bus memiliki faktor emisi dan konsumsi energi spesifik yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya.
4. Emisi CO₂ tertinggi pada jam tersibuk yaitu jam puncak sore. Emisi pada jam puncak sore dari kendaraan yaitu sebesar 6,48 kg CO₂/SMP.

Referensi

- Alam, S. M., Duffy, P., Hyde, B., & McNabola, A. (2018) Downscaling national road transport emission to street level : A case study in Dublin , Ireland. *Journal of Cleaner Production*. **183**: 797–809.
- Mujib, M. A., Alfani, F. A. & Ikhsan, F. A. (2020) Tingkat Kemacetan Dan Realita Transportasi Di Jalan Letjen Suprpto, Kecamatan Sumbersari, Jember. *Social Science Educational Research*. **1**(1): 1–12.
- Aly, S.H. (2015) Kuantitas Emisi Berdasarkan Marni Model. Edited by N. Swadaya. Jakarta Timur: Penebar swadaya.
- Ambarsari, D. N., Sari, K. E. & Maulidi, C. (2019) Emisi CO₂ kendaraan bermotor kawasan alun-alun kota batu. *Planning for Urban Region and Environment*. **8**(0341): 183–193.
- Badan Pusat Statistik (2020) ‘Statistik Jumlah Kendaraan Bermotor di Provinsi Riau Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan’. Pekanbaru: BPS, <https://riau.bps.go.id/indicator/17/333/1/jumlah-kendaraan-bermotor-.html> Diakses pada: March 13, 2022.
- Febriani, Maulana, A., Sasmita, S. & Elystia (2016) Prediksi Emisi Karbondioksida Dari Kegiatan Transportasi di Kecamatan Tampan’, *FTEKNIK*. **3**(2): 1–5.
- Fermi, M. I., Sasmita, A., Elystia, S. & Alfarabi, M. H. (2022) Analisis Dispersi Karbonmonoksida (CO) dari Transportasi di Jalan HR. Soebrantas Pekanbaru dengan Model Gaussian Line Source. *Jurnal Rekayasa Hijau*. **5**(3): 218–227.
- Hasan, I. & Junaidi, K.A. (2019) Analisa Proyeksi Pertumbuhan Kendaraan dan Penduduk Kota Pekanbaru Tahun 2030. *Prosiding Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan*. **2019**(November): 189–192.
- Iqbal, M., Aryo, S. & Andrio, D. (2017) Prediksi Emisi Karbon Dioksida dari Kegiatan Transportasi di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru. *JOM FTEKNIK*. **4**(1): 89–92.
- IESR (2018) Perhitungan emisi aktual , direct , indirect , dan Life Cycle Assessment (LCA). Institute For Services Reform. 2–4. Available at: <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/15656%0Ahttps://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/15656/08> Naskah Publikasi.pdf?sequence=17&isAllowed=y.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim (2018) Inventarisasi Gas Rumah Kaca Dan Monitoring, Pelaporan Verifikasi Tahun 2018. Dalam Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan MPV. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim.
- KESDM (2020) Inventarisasi Emisi GRK Bidang Energi. Dalam Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 1–41.
- Kusuma, S.H. & Hermana, J. (2012) Penyusunan Model Sumber Emisi Gas Rumah Kaca Sebagai Aspek Dalam Penataan Ruang, di Kota Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*. **2012** (February): 1–10.
- Lopulalan, M.C. (2015) Determination of Specific Emission Factors for Estimating and Mapping Carbon Footprint From Residentials and Solid Waste Sectors in Malang District. Tesis: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 19–22.
- Maharani, J. (2019) Perbandingan Tingkat Pencemaran Karbon Monoksida (CO) di Ruas Jalan Solo-Yogyakarta Menggunakan Pemodelan Dispersi Gauss dan Pengukuran Langsung. Skripsi. 1–19. <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/15656%0Ahttps://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/15656/08> Naskah Publikasi.pdf?sequence=17&isAllowed=y.
- Nasional, B.P.P. (2011) Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Edited by E. Murniningtyas.
- Sasmita, A. Reza, M., Elystia, S. & Adriana, S. (2022) ‘Analisa Pengaruh Kecepatan dan Volume Kendaraan terhadap Emisi dan Konsentrasi Karbon Monoksida di Jalan Jendral Sudirman, Kota Pekanbaru. *Jurnal Teknik Sipil*. **16**(4): 269–279.
- Sekaryadi, Y. & Sentosa, W. (2017) Emisi Kendaraan pada Ruas Jalan Provinsi di Jawa Barat. *Jurnal HPJL*. **3**(1): 29–36.
- Shahbazi, H., Reyhanian, M., Hosseini, V. & Afshin, H. (2016) The Relative Contributions of Mobile Sources to Air Pollutant Emissions in Tehran, Iran : An Emission Inventory Approach. *Emission Control Science and Technology*. **2**: 44–56.
- Singh, V., Sahu, S. K., Kesarkar, A. P. & Biswal, A. (2018) Estimation of high resolution emissions from road transport sector in a megacity Delhi. *Urban Climate*. **26**: 109–120.
- Wang, R., Kun, W., Fan, Z., Jiajia, G., Yue, L. & Tao Y. (2017) Emission Characteristics of Vehicles from National Roads and Provincial Roads in China. *Huanjing Kexue/Environmental Science*. **38**(9): 35533560.