

Analisis Emisi CO₂ dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Wonocolo Berdasarkan Tipe Rumah

Mas Shobihatul Inayah¹, Mirna Apriani^{1*}, dan Tanti Utami Dewi¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: mirna.apriani@ppns.ac.id

Abstrak

Kegiatan permukiman dalam rumah tangga menghasilkan emisi CO₂ yang berasal dari sektor energi, limbah, respirasi manusia, peternakan, dan lahan pertanian. Tingginya laju pertumbuhan penduduk akan berpengaruh terhadap meningkatnya emisi karbon yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai emisi CO₂ dari aktivitas permukiman berdasarkan tipe rumah di Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya. Penelitian ini menggunakan *Stratified random sampling* yaitu metode pengambilan sampel ketika populasi yang berukuran N dibagi menjadi sub-sub populasi. Sampel penelitian terdiri dari tiga strata yaitu rumah sederhana, menengah dan mewah. Sektor yang dianalisis meliputi penggunaan listrik, LPG, penggunaan BBM dari transportasi, limbah cair dan respirasi manusia. Perhitungan emisi CO₂ menggunakan metode IPCC 2006. Hasil analisis emisi CO₂ dari aktivitas permukiman di Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya tipe rumah mewah, menengah dan sederhana secara berurut – turut yaitu sebesar 77.967,94, 62.975,38 dan 30.245,81 ton CO₂/tahun.

Keywords: Emisi Karbon, Gas Rumah Kaca, Kota Surabaya, *Stratified Random Sampling*

1. PENDAHULUAN

Kegiatan permukiman dalam rumah tangga menghasilkan emisi CO₂ yang berasal dari sektor energi, limbah, respirasi manusia, peternakan, dan lahan pertanian. Permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan (Saputri dkk., 2022). Menurut PP No. 12 tahun 2021, rumah adalah bangunan gedung yang berfungsi sebagai tempat tinggal yang layak huni, sarana pembinaan keluarga, cerminan harkat dan martabat penghuninya, serta aset bagi pemiliknya. Rumah diklasifikasikan sebagai berikut: a. Mewah merupakan rumah yang harga jualnya di atas 15 kali harga rumah umum yang ditetapkan pemerintah pusat. b. Menengah merupakan rumah yang harga jualnya paling sedikit 3 kali sampai dengan 15 kali harga jual rumah umum yang ditetapkan pemerintah pusat. c. Sederhana merupakan rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas lantai dan harga jual sesuai dengan ketentuan peraturan perundang undangan. Menurut Peraturan Menteri keuangan Republik Indonesia nomor 60 tahun 2023, rumah umum memiliki luas bangunan minimal 21 m² sampai dengan 36 m². Luas tanah rumah umum minimal 60 m² sampai dengan 200 m² serta tidak melebihi batasan harga jual.

Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan listrik dapat menggunakan persamaan berikut (IPCC, 2006): Emisi GRK Listrik = Data Aktivitas x Faktor Emisi Listrik (1)

Data aktivitas atau konsumsi penggunaan listrik dalam rumah tangga dapat dilakukan pendekatan dengan biaya pemakaian berdasarkan Permen ESDM RI No. 7 tahun 2024.

Persamaan emisi hasil pembakaran bahan bakar LPG dan Transportasi sebagai berikut (IPCC, 2006) :

$$\text{Emisi GRK} = \text{Konsumsi Energi} \times \text{Faktor Emisi} \quad (2)$$

$$\text{Konsumsi Energi} = \text{Bahan Bakar} \times \text{Nilai Kalor} \quad (3)$$

Persamaan emisi sektor limbah cair dari *septic tank* menggunakan Tier 1. Perhitungan emisi menggunakan persamaan sebagai berikut (IPCC 2019):

$$\text{Emisi CH}_4 = [(TOW - S) \times EF - R] \quad (4)$$

Data aktivitas untuk limbah cair adalah jumlah total bahan organik yang dapat terurai dalam limbah cair. *Total Organics in Wastewater* (TOW) merupakan perhitungan dari populasi manusia dan produksi BOD per orang. S merupakan komponen organik yang dikeluarkan dari air limbah sebagai lumpur dari suatu sistem pembuangan (kg BOD/tahun). Faktor Emisi (FE) dari *septic tank* sebesar 0,3 (kg CH₄/kg BOD). R merupakan jumlah CH₄ yang dipulihkan atau dibakar dari sistem pengolahan/pembuangan (kg CH₄/tahun). Nilai defaultnya adalah 0 (nol) karena tidak ada gas yang dimanfaatkan (IPCC, 2019).

Konversi CH₄ ke CO₂ menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Emisi CH}_4 \times (44/16) \quad (5)$$

Respirasi manusia menghasilkan CO₂ secara terus menerus (Ramadhan dkk., 2025). Respirasi manusia mampu menghasilkan CO₂ sebesar 3,2 kg CO₂/hari.jiwa atau setara dengan 0,13 kg CO₂/jam.jiwa (Mangkoedihardjo, 2006 dalam Rachmayanti & Mangkoedihardjo, 2021). Perhitungan emisi CO₂ dari respirasi

manusia dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Sutanahaji dkk., 2015):

$$\text{Emisi CO}_2 = n \times \text{FE} \quad (6)$$

Dimana n merupakan jumlah penduduk (jiwa) dan FE (Faktor Emisi) sebesar 3,2 kg CO₂/jiwa.hari.

Kecamatan Wonocolo merupakan salah satu kecamatan di Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Jumlah penduduk Kecamatan Wonocolo pada tahun 2023 berdasarkan hasil registrasi sekitar 79.986 jiwa. Kepadatan penduduk sebesar 12.212 jiwa/km² dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0.19%. Tingginya laju pertumbuhan penduduk akan berpengaruh terhadap meningkatnya emisi karbon yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai emisi CO₂ dari aktivitas permukiman di Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya menggunakan metode perhitungan IPCC (2006).

2. METODE

Pelaksanaan penelitian berlokasi di Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya. Penelitian berfokus pada area permukiman yang meliputi lima kelurahan. Tahapan penelitian dimulai dari menentukan latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian, studi literatur, pengumpulan dan analisis data. Kemudian menyusun pembahasan dan kesimpulan. Sebelum mengumpulkan data diperlukan identifikasi populasi dan sampel. Populasi dalam penelitian ini adalah jumlah seluruh rumah yang terdapat di Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya. Data jumlah rumah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Rumah di Kecamatan Wonocolo

Nama Kelurahan	Bendul Merisi	Jemur Wonosari	Margerejo	Sidosermo	Siwalankerto
Jumlah Rumah	4.133	3.812	2.307	3.114	3.468

Sumber : Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman Serta Pertanahan Kota Surabaya, 2025

Perhitungan sampel rumah menggunakan persamaan Slovin. Rumus Slovin dapat dipakai untuk menentukan ukuran sampel. Slovin memakai pendekatan distribusi normal dan masih memberi kebebasan untuk menentukan nilai batas kesalahan atau galat pendugaan (Setiawan, 2007). Galat pendugaan yang digunakan adalah 10% dengan dasar kesalahan yang dapat ditolerir sebesar 10% dan tingkat kepercayaan 90%. Perhitungan jumlah sampel sebagai berikut:

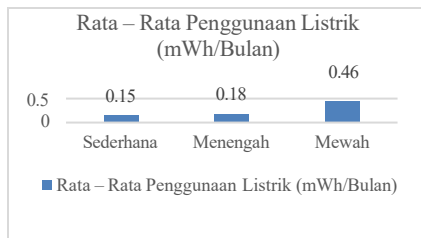
$$\begin{aligned} N &= \frac{N}{1 + Ne^2} \\ &= \frac{16.834}{1 + 16.834(0,1)^2} \\ &= 99,4 \approx 100 \text{ rumah} \end{aligned}$$

Teknik sampling yang digunakan adalah probability sampling, dengan peluang setara bagi setiap anggota populasi. Pemilihan sampel dengan cara ini sangat dianjurkan pada penelitian kuantitatif. Penelitian ini menggunakan *Stratified random sampling* yaitu metode pengambilan sampel ketika populasi yang berukuran N dibagi menjadi sub-sub populasi (Ahyar dkk., 2024). Sampel penelitian terdiri dari tiga strata yaitu rumah sederhana, menengah dan mewah.

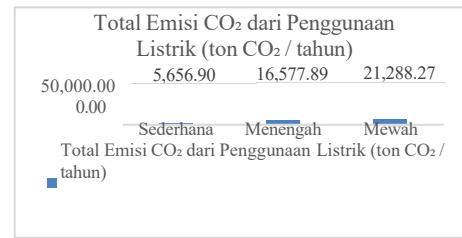
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data jumlah penghuni dan pendapatan dalam satu rumah diperoleh dari hasil survei terhadap responden. Responden rumah mewah memiliki rata – rata jumlah penghuni dalam satu rumah yaitu 6 orang. Sedangkan rumah sederhana dan menengah memiliki rata – rata jumlah penghuni dalam satu rumah yaitu 4 orang. Menurut Soewarno (2024), keluarga kecil di Indonesia pada umumnya, yakni terdiri dari ibu, bapak, dan dua orang anak. Tingkat pendapatan, rumah sederhana didominasi oleh rumah dengan jumlah pendapatan Rp ≤3.916.665 per bulan. Rumah menengah dan mewah mendominasi pendapatan Rp >4.916.665 per bulan. Nilai tersebut cukup berada di atas nilai Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) Surabaya tahun 2025 yaitu sebesar Rp 4.961.753 per bulan. Hal ini sesuai dengan penelitian (Ghozali dkk., 2024), rumah dengan tipe sederhana lebih banyak memiliki jumlah penghasilan di bawah UMK. Sedangkan tipe rumah mewah rata-rata memiliki jumlah pendapatan di atas UMK yang telah ditetapkan oleh pemerintah pada tahun 2025.

Rata – rata penggunaan listrik pada masing-masing tipe rumah dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 tipe rumah mewah memiliki nilai penggunaan listrik yang paling besar. Faktor yang memengaruhi terbesar adalah jumlah penghuni dalam satu rumah. Hal ini sesuai dengan pendapat Al Latifa dkk., (2022); Purnomo, (2020). Selain itu, luas bangunan rumah dan jumlah alat elektronik juga dapat meningkatkan penggunaan listrik. Semakin luas suatu bangunan maka, memerlukan lebih banyak energi listrik untuk menerangi setiap ruangan (Purnomo, 2020).

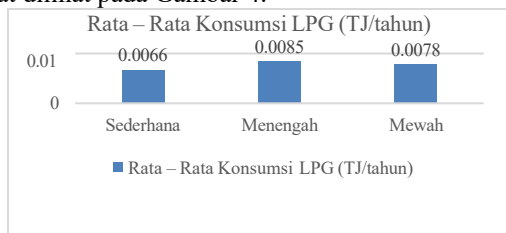


Gambar 1. Penggunaan Listrik

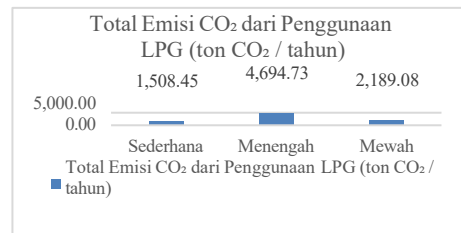
Gambar 2. Emisi CO₂ dari Penggunaan Listrik

Rata – rata penggunaan listrik rumah sederhana, menengah dan mewah secara berturut – turut adalah 0,15, 0,18, dan 0,46 mWh/bulan. Berdasarkan Gambar 1 total emisi CO₂ tertinggi adalah tipe rumah mewah sebesar 21.288,27 ton CO₂/tahun. Sedangkan total emisi terendah di tipe rumah sederhana sebesar 5.656,90 ton CO₂/tahun. Hal ini disebabkan oleh besarnya rata – rata emisi CO₂ yang didapatkan dari penggunaan listrik dan jumlah rumah. Pendapat serupa pada penelitian Romadhanti (2021), meningkatnya pemakaian listrik berdampak pada tingginya emisi CO₂ yang dihasilkan.

Penggunaan LPG dalam penelitian ini adalah LPG sebagai bahan bakar memasak. Rata – rata penggunaan LPG pada masing – masing tipe rumah dapat dilihat pada Gambar 3 tipe rumah yang menghasilkan rata – rata konsumsi terbesar dan terendah secara berurut yaitu rumah menengah, mewah, dan sederhana. Rata-rata konsumsi LPG di rumah menengah dipengaruhi oleh jumlah penghuni dan frekuensi memasak yang tinggi. Akan tetapi frekuensi memasak atau penggunaan LPG rumah menengah lebih tinggi dibandingkan rumah mewah. Hal ini dikarenakan keterbatasan pendapatan dalam rumah tersebut. Semakin banyak jumlah penghuni, maka konsumsi LPG akan semakin besar. Selain itu, besarnya pendapatan perkapita akan mendorong terjadinya peningkatan daya beli untuk (Ramadayanti dkk., 2018). Emisi CO₂ dari penggunaan LPG berdasarkan tipe rumah dapat dilihat pada Gambar 4.

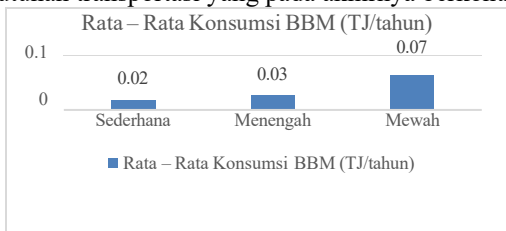


Gambar 3. Penggunaan LPG

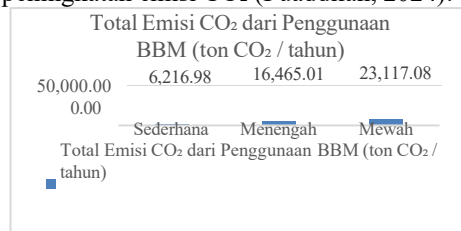
Gambar 4. Emisi CO₂ dari Penggunaan LPG

Berdasarkan Gambar 4 total emisi CO₂ terbesar adalah tipe rumah menengah sebesar 4.694,73 ton CO₂/tahun. Sedangkan total emisi terendah di tipe rumah sederhana sebesar 1.508,45 ton CO₂/tahun. Hal ini disebabkan oleh besarnya rata – rata emisi CO₂ yang didapatkan dari konsumsi LPG. Pola konsumsi energi yang tinggi berdampak pada besarnya produksi emisi CO₂. Pola konsumsi energi memengaruhi gaya hidup serta kebutuhan energi masyarakat tersebut, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan emisi karbon (Fuaddilah, 2024).

Jejak karbon penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) didapatkan dari konsumsi BBM pada transportasi. Rata-rata konsumsi BBM pada masing masing tipe rumah dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 6 emisi CO₂ terbesar dari penggunaan BBM adalah tipe rumah mewah. Hal ini disebabkan oleh jumlah kendaraan dimiliki dan pola konsumsi BBM yang tinggi. Pendapatan tipe rumah mewah memengaruhi gaya hidup serta kebutuhan transportasi yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan emisi CO₂ (Fuaddilah, 2024).

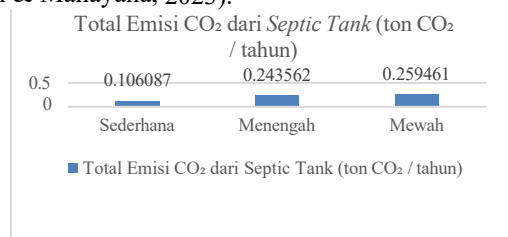
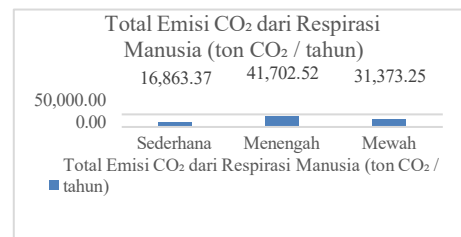


Gambar 5. Penggunaan BBM

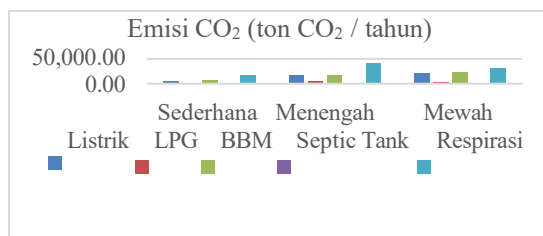
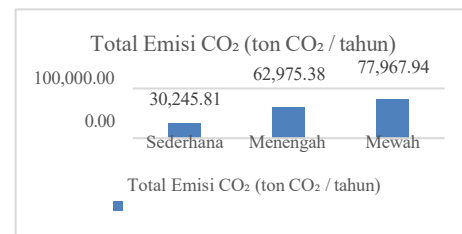
Gambar 6. Emisi CO₂ dari Penggunaan BBM

Limbah cair yang dihitung yaitu *black water* yang terkumpul di *septic tank*. Salah satu data yang dibutuhkan yaitu data *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Data BOD₅ per kapita pada penelitian ini mengacu pada hasil studi dari Japan International Cooperation Agency (JICA) dan Kementerian PU Republik Indonesia (JICA, 2012). Beban BOD pada rumah sederhana, menengah dan mewah secara berurut yaitu 26,8, 34,6, dan 43,9 g/orang/hari. Nilai beban BOD₅ masih dalam kisaran nilai default BOD per kapita untuk *Asia, Middle East, Latin America* yang berkisar 35 – 45 gram/orang/hari (IPCC, 2019). Berdasarkan Gambar 7 nilai emisi CO₂ terbesar dan terendah secara berurut yaitu rumah mewah sederhana. Hal ini disebabkan oleh besarnya nilai rata – rata emisi

CO₂ di masing – masing tipe rumah. Meskipun jumlah rumah menengah lebih besar dibandingkan rumah mewah, akan tetapi rata – rata emisi CO₂ di rumah mewah lebih besar. Besarnya rata – rata emisi CO₂ pada rumah mewah dipengaruhi oleh jumlah penghuni dalam satu rumah dan penghasilan dalam satu rumah. Pertumbuhan populasi dan peningkatan ekonomi yang dapat merubah pola konsumsi seseorang sehingga meningkatkan nilai BOD₅ (Aji & Mahayana, 2023).

Gambar 7. Emisi CO₂ dari Septic TankGambar 8. Emisi CO₂ dari Respirasi Manusia

Respirasi manusia menghasilkan CO₂ sebesar 3,2 kg CO₂/hari.jiwa atau setara dengan 0,13 kg CO₂/jam.jiwa (Mangkoedihardjo, 2006 dalam Rachmayanti & Mangkoedihardjo, 2021). Total emisi CO₂ dari respirasi manusia dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8 nilai emisi CO₂ terbesar berada pada tipe rumah menengah yaitu sebesar 41.702,52 ton CO₂/tahun. Nilai emisi CO₂ dari respirasi manusia berbanding lurus dengan rata – rata emisi CO₂ dan jumlah rumah. Manusia melakukan respirasi selama masa hidupnya. Proses respirasi menghasilkan produk berupa gas CO₂ yang akan dikembalikan ke udara bebas (Miharja dkk., 2018).

Gambar 9. Emisi CO₂ (ton CO₂/tahun)Gambar 10. Total Emisi CO₂ (ton CO₂/tahun)

Total emisi CO₂ merupakan hasil dari emisi penggunaan listrik, LPG, transportasi, *septic tank*, dan respirasi manusia. Perhitungan total emisi dilakukan dengan menjumlah emisi CO₂ pada masing – masing sektor berdasarkan tipe rumah. Berdasarkan Gambar 10 total emisi terbesar ke terendah berdasarkan tipe rumah secara berurutan terdapat pada tipe rumah mewah, menengah dan sederhana. Nilai emisi tipe rumah mewah, menengah dan sederhana secara berurutan yaitu sebesar 77.967,94, 62.975,38, dan 30.245,81 ton CO₂/tahun. Penyumbang emisi terbesar tipe rumah mewah di Kecamatan Wonocolo berasal dari penggunaan listrik, BBM dan *septic tank*. Sedangkan penyumbang emisi terbesar tipe menengah berasal dari penggunaan LPG dan respirasi. Hal ini disebabkan oleh besarnya rata – rata emisi CO₂ dan jumlah rumah. Menurut Safwan (2024), jumlah rumah atau Kepala Keluarga (KK) berbanding lurus dengan emisi yang dihasilkan. Jumlah rumah mewah yaitu 4.425 unit, lebih kecil dibandingkan jumlah rumah menengah sebanyak 8.798 unit. Akan tetapi, emisi CO₂ yang dihasilkan lebih besar karena besarnya rata – rata emisi CO₂. Besarnya rata – rata emisi CO₂ yang dihasilkan berbanding lurus dengan rata – rata konsumsi listrik yang digunakan. Semakin tinggi tingkat ekonomi dan sosial, semakin besar konsumsi listrik dan emisi karbon yang dihasilkan (Astari, 2012).

4. KESIMPULAN

Nilai emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas permukiman di Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya sebesar 171.189,14 ton CO₂/tahun. Nilai emisi tipe rumah mewah, menengah dan sederhana secara berurutan yaitu sebesar 77.967,94, 62.975,38 dan 30.245,81 ton CO₂/tahun.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahyar, H., Maret, U. S., Andriani, H., Sukmana, D. J., & Mada, U. G. (2020). Buku metode penelitian kualitatif & kuantitatif. *Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu*
- Aji, A. P., & Mahayana, A. (2023). Analisis Biochemical Oxygen Demand (Bod) Dan Bakteri Fecal Coliform Pada Air Sungai Ngringo Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 3(2), 68–76.
- Al Latifa, R., Eka Sari, K., & Meidiana, C. (2022). Faktor Rumah Tangga Yang Mempengaruhi Emisi CO₂ Di Kelurahan Jodipan, Kota Malang. *Planning for Urban Region and Environment*, 11(3), 89–100.
- Astari, R. G. (2012). *Studi Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Pademangan*

- Kotamadya Jakarta Utara. 63.
- Fuaddilah, M. F. (2024). *Analisis Jejak Karbon pada Area Permukiman Wilayah Utara Universitas Islam Indonesia, Kabupaten Sleman*.
- Ghozali, A. A., Yoshua, Eviane, D., & Lestari, A. D. N. (2024). Analisis Daya Dukung Sungai Menggunakan QUAL2Kw : Studi kasus Segmen Sungai Gajahwong, Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 24(1), 27–38.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In *Fundamental and Applied Climatology* (Vol. 2). <https://doi.org/10.21513/0207-2564-2019-2-05-13> JICA.
- (2012). *Laporan Akhir Peninjauan Master Plan Pengelolaan Limbah di DKI Jakarta*.
- Miharja, F. J., Husamah, H., & Muttaqin, T. (2018). Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau sebagai penyerap emisi gas karbon di kota dan kawasan penyangga Kota Malang. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 2(3), 165–174. <https://doi.org/10.36813/jplb.2.3.165-174>
- Purnomo, S. D. (2020). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeluaran Listrik Rumah Tangga. *Efficient: Indonesian Journal of Development Economics*, 3(1)710–718. <https://doi.org/10.15294/efficient.v3i1.35972>
- Rachmayanti, L., & Mangkoedihardjo, S. (2021). Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) di Zona Tenggara Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus). *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54854>
- Ramadayanti, A., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2018). Penduduk Dan Harga Listrik Terhadap Konsumsi Energi Sektor Rumah Tangga Di Indonesia Tahun 1990-2018. *Dinamic : Directory Journal of Economic*, 2(2), 415–430. <https://doi.org/10.31002/dinamic.v2i2.1373%0A>
- Ramadhan, F., Purnomo, Y. S., & Jawwad, M. A. S. (2025). *Analisis Timbulan Emisi Karbon Dioksida Area Kampus UPN “ Veteran ” Jawa Timur. X(1)*, 11826–11834.
- Romadhanti, Y. (2021). Analisis Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik. *Pharmacognosy Magazine*, 75(17), 399–405.
- Saputri, R. E., Senoaji, G., & Hidayat, M. . (2022). Estimasi Serapan dan Emisi Karbon Dioksida dari Sektor Rumah Tangga di Desa Tanjung Harapan Jaya Kabupaten Bengkulu Utara Propinsi Bengkulu. *Journal of Global Forest and Environmental Science*, 2(1), 51–60.
- Setiawan, N. (2007). Penentuan Ukuran Sampel Memakai Rumus Slovin dan Tabel Krejcie-Morgan: Telaah Konsep dan Aplikasinya. *Universitas Padjadjaran*, November, 1–10.
- Soewarno, A. A. (2024). Kinerja Lingkungan Rumah Subsidi Di Indonesia (Studi Kasus Perumahan Kaba Residence Kendari). *Juitek*, 2(1), 1–14.
- Sutanhaji, A. T., Anugroho, F., & Ramadhina, P. G. (2015). Pemetaan Distribusi Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Kota Blitar. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(1), 34–42.