

Inventarisasi Jejak Karbon dari Penggunaan LPG, Listrik, dan *Septic Tank* di Wilayah Permukiman Kecamatan Gombong, Kebumen

Alvin Vafik Prihatomo¹, Ulvi Pri Astuti^{2*}, Mirna Apriani³

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

²Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS

³Teknik Kimia, FTI, ITS

**E-mail : ulvipriastuti@ppns.ac.id*

Abstrak

Kecamatan Gombong merupakan salah satu wilayah dengan kepadatan penduduk tertinggi kedua di Kebumen. Tingkat konsumsi energi rumah tangga juga meningkat dan berpotensi memberikan kontribusi besar terhadap emisi karbon dioksida (CO₂). Aktivitas rumah tangga seperti penggunaan listrik, bahan bakar memasak (LPG), serta *septic tank* menjadi sumber utama emisi yang dihasilkan. Peningkatan emisi CO₂ ke atmosfer dapat memicu efek gas rumah kaca yang berdampak pada kenaikan suhu bumi dan perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besaran emisi karbon di Kecamatan Gombong. Sampel rumah tangga dikategorikan menjadi empat, yaitu rumah tipe A, B, C, dan RTLH, dengan perhitungan menggunakan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) yang mengacu pada faktor emisi dari penggunaan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata emisi CO₂ yang dihasilkan rumah tipe A sebesar 0,0742 g/detik, rumah tipe B 0,0500 g/detik, rumah tipe C sebesar 0,0420 g/detik, dan rumah tipe RTLH sebesar 0,0260 g/detik dengan total emisi CO₂ di Kecamatan Gombong mencapai sekitar 807,6005 g/detik.

Keywords: Emisi CO₂, Gombong, Jejak Karbon, Metode IPCC, Rumah Tangga

1. PENDAHULUAN

Pengukuran emisi karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu cara untuk menilai dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, terutama yang berkaitan dengan perubahan iklim. Kegiatan pembakaran bahan bakar fosil untuk keperluan listrik, transportasi, serta kebutuhan rumah tangga menjadi kontributor utama emisi karbon. Analisis jejak karbon digunakan untuk mengukur total emisi gas rumah kaca dari aktivitas tersebut sehingga dapat memberikan gambaran kontribusi nyata suatu wilayah terhadap pemanasan global (Susanto & Rahmawati, 2020). Aktivitas manusia memiliki peran berbeda terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang berdampak pada perubahan suhu global (Pratama, 2021). Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa konsumsi energi sektor rumah tangga terus meningkat dari tahun ke tahun, yang berimplikasi pada naiknya jumlah emisi karbon (BPS, 2022). Perhitungan jejak karbon dalam penelitian ini menggunakan metode yang direkomendasikan oleh IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) yang menjadi standar internasional dalam perhitungan emisi gas rumah kaca (Widodo, 2019), serta telah diadopsi oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai acuan nasional.

Kecamatan Gombong memiliki peran strategis sebagai pusat perdagangan dan jasa, karena lokasinya yang dilalui oleh jalan nasional. Kecamatan Gombong merupakan wilayah dengan jumlah penduduk terbesar kedua di Kabupaten Kebumen. Data BPS Kabupaten Kebumen pada tahun 2024, menunjukkan jumlah penduduk di kecamatan ini mencapai 50.707 jiwa dengan kepadatan 2.604 jiwa/km². Sektor permukiman dengan variasi jumlah penghuni serta aktivitas rumah tangga memiliki potensi signifikan dalam menyumbang peningkatan emisi CO₂ ke atmosfer. Sumber utama emisi tersebut berasal dari aktivitas domestik seperti penggunaan bahan bakar untuk memasak (LPG dan minyak tanah), konsumsi energi listrik, serta sistem pengelolaan limbah melalui *septic tank*. Secara umum, penggunaan energi dan proses pembakaran bahan bakar fosil menjadi faktor dominan dalam pembentukan emisi CO₂ pada sektor rumah tangga.

Wilayah Kecamatan Gombong hingga saat ini belum terdapat penelitian yang secara khusus mengkaji jejak karbon pada kawasan permukiman, sehingga nilai emisi karbon yang dihasilkan wilayah ini belum teridentifikasi. Di sisi lain, Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, melalui Peraturan Gubernur Jawa Tengah Nomor 43 Tahun 2012 tentang Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca, mewajibkan setiap kabupaten/kota untuk melakukan inventarisasi emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, inventarisasi emisi pada sektor permukiman di Kabupaten Kebumen menjadi langkah penting guna mendukung implementasi kebijakan penurunan emisi di

tingkat daerah.

2. METODE

Data sampel yang digunakan berdasarkan data terbaru pada saat itu yaitu tahun 2023. Pengklasifikasian rumah dari Dinas PUPR Kabupaten Kebumen dibagi menjadi empat tipe rumah yaitu, tipe A, tipe B, tipe C, dan tipe RTLH atau Rumah Tidak Layak Huni (PerBup Kebumen No.10, 2016). Kuisoner digunakan sebagai media untuk mengumpulkan informasi sebagai data yang dilakukan pada setiap kelurahan di Kecamatan Gombong. Jumlah sampel yang digunakan mewakili setiap klasifikasi rumah yang ada di setiap kelurahan di Kecamatan Gombong.

2.1 Klasifikasi Rumah

Pada penelitian ini rumah diklasifikasikan berdasarkan luas bangunan rumah sebagai berikut :

Rumah tipe A : rumah dengan konstruksi permanen didukung dengan fasilitas lengkap, dengan bobot nilai 30.

Rumah tipe B : rumah dengan konstruksi permanen, dengan bobot nilai 22-29.

Rumah tipe C : rumah dengan konstruksi semi permanen, dengan bobot nilai 15-21.

Rumah tipe RTLH : rumah tidak layak huni yang tidak memenuhi syarat kualitas standar bangunan rumah, dengan bobot nilai 4-14.

Klasifikasi rumah ditentukan dengan memberikan rentang nilai berdasarkan bahan atau material terluas yang digunakan pada indikator pokok komponen rumah diantaranya yaitu, lantai, dinding, dan atap.

2.2 Penentuan Jumlah Sampel

Penentuan jumlah sampel pada penelitian ini menggunakan metode *Stratified Random Sampling* dengan menggunakan rumus Krejcie dan Morgan (Setiawan, 2007). Jumlah total sampel di Kecamatan Gombong dihitung menggunakan Persamaan 1 berikut:

$$n = \frac{X^2 \times N \times P \times (1-P)}{(N-1) \times d^2 + X^2 \times P \times (1-P)} \quad (1)$$

Kemudian setelah diketahui jumlah total sampel di Kecamatan Gombong, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 2 untuk mengetahui jumlah sampel yang akan digunakan berdasarkan tipe rumah di setiap kelurahan yang ada di wilayah Kecamatan Gombong, yaitu sebagai berikut (Nugrahayu dkk., 2017):

$$n_i = \frac{N_i}{N} \times n \quad (2)$$

Sehingga total sampel yang digunakan di Kecamatan Gombong minimal sebanyak 99 rumah dengan tipe rumah A berjumlah 47 rumah, tipe rumah B berjumlah 24, tipe rumah C berjumlah 14, dan tipe rumah RTLH berjumlah 14. Jumlah sampel tiap kelurahan berdasarkan tipe rumah dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Jumlah Sampel per Desa/Kelurahan Tiap Tipe Rumah

Desa/Kelurahan	Tipe A	Tipe B	Tipe C	RTLH	Total
Kalitengah	4	2	1	1	8
Kemukus	6	3	1	1	11
Banjarsari	2	1	1	1	5
Panjangsari	3	1	1	1	6
Patemon	2	1	1	1	5
Kedungpuji	5	3	1	1	10
Wero	5	2	1	1	9
Gombong	4	2	1	1	8
Wonokriyo	2	1	1	1	5
Semondo	4	2	1	1	8
Semanding	4	2	1	1	8
Sidayu	1	1	1	1	4
Wonosigro	2	1	1	1	5
Klopogodo	3	2	1	1	7
Total	47	24	14	14	99

Tabel 1 menunjukkan jumlah sampel rumah yang akan disurvei berdasarkan tipe rumahnya di setiap kelurahan. Nilai emisi CO₂ pada rumah yang tidak disurvei ditentukan berdasarkan rata-rata nilai emisi CO₂ yang telah disurvei sesuai dengan tipe rumah masing-masing.

2.3 Metode Perhitungan

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan nilai faktor emisi yang mengacu pada IPCC yang berasal dari penggunaan LPG, listrik, dan *septic tank* di wilayah permukiman Kecamatan Gombong. Emisi total merupakan hasil dari jumlah emisi yang dihasilkan pada penggunaan listrik, bahan bakar memasak dan *septic tank*.

Inventarisasi emisi dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut:

a) Penggunaan LPG

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{EF} \times \text{FC} \times \text{NCV} \quad (3)$$

Dasar perhitungan Emisi CO₂ pada penggunaan LPG menggunakan nilai niali NCV dan faktor emisi sebagai berikut:

$$\text{NCV (TJ/kg): } 47,3 \times 10^{-6}$$

$$\text{Faktor Emisi (kg CO}_2/\text{TJ): } 63.100$$

b) Penggunaan listrik

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{EF} \times \text{Konsumsi listrik} \quad (4)$$

Faktor emisi pada penggunaan listrik sebesar 0,87 Kg CO₂/kWh (Permen ESDM, 2019)

c) *Septic tank*

$$\text{Emisi CO}_2 = [(\text{TOW}_j - \text{S}_j) \times \text{EF}_j - \text{R}_j] \times \frac{44}{16} \quad (5)$$

Sebelum dilakukan perhitungan emisi CO₂ *septic tank* dengan persamaan 5, dihitung dahulu nilai

TOW, TOW_j atau TOWseptik dan Sseptik menggunakan persamaan berikut (IPCC, 2019):

$$\text{TOW} = \text{P} \times \text{BOD} \times 0,001 \times 365 \quad (6)$$

$$\text{TOW}_j = \sum_i [\text{TOW} \times \text{U}_i \times \text{T}_{ij} \times \text{I}_{ij}] \quad (7)$$

$$\text{Sseptik} = \text{TOWseptik} \times \text{F} \times 0,5 \quad (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi emisi CO₂ dikualifikasikan berdasarkan tipe rumah yaitu A, B, C, dan RTLH yang telah ditentukan jumlah sampelnya. Emisi CO₂ yang dihitung berdasarkan penggunaan LPG, listrik dan *septic tank*.

3.1 Penggunaan LPG

Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan LPG menggunakan persamaan 3. Contoh perhitungan dalam 1 rumah/bulan pada tipe rumah A dengan menggunakan LPG sebesar 6 kg adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = 6 \frac{\text{Kg}}{\text{bulan}} \times 63100 \frac{\text{Kg}}{\text{TJ}} \times 0,0000473 \frac{\text{TJ}}{\text{Kg}}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 17,90778 \frac{\text{Kg}}{\text{bulan}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ bulan}}{2.592.000 \text{ detik}}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,0069 \frac{\text{g}}{\text{detik}}$$

Setelah dilakukan perhitungan emisi CO₂ pada setiap responden, selanjutnya dihitung rata-rata emisi CO₂ dari penggunaan LPG yang dihasilkan setiap tipe rumah. Rata-rata emisi CO₂ didapatkan dari total emisi CO₂ tiap responden dibagi dengan jumlah responden. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

3.2 Penggunaan Listrik

Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan listrik menggunakan persamaan 4. Contoh perhitungan dalam 1 rumah pada tipe rumah A dengan jumlah pemakaian listrik sebesar 406,80 kWh/bulan adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,87 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{bulan}} \times 406,80 \frac{\text{kWh}}{\text{bulan}}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 353,916 \frac{\text{Kg}}{\text{bulan}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ bulan}}{2.592.000 \text{ detik}}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 0,137 \frac{\text{g}}{\text{detik}}$$

Setelah dilakukan perhitungan emisi CO₂ pada setiap responden, selanjutnya dihitung rata-rata emisi CO₂ dari penggunaan listrik yang dihasilkan setiap tipe rumah. Rata-rata emisi CO₂ didapatkan dari total emisi CO₂ tiap responden dibagi dengan jumlah responden. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

3.3 Penggunaan *Septic Tank*

Nilai BOD hasil proyeksi dari studi Amrina (2019), yaitu 35,23 gram/orang/hari, digunakan sebagai acuan untuk menghitung beban pencemar organik dari limbah domestik di Kecamatan Gombong, Kabupaten Kebumen. Penggunaan nilai ini bertujuan untuk memperkuat pendekatan metodologis yang berbasis pada referensi nasional dan internasional, serta memastikan kesesuaian dalam perhitungan jejak karbon dari sektor domestik rumah tangga yang belum sepenuhnya terlayani sistem pengolahan limbah terpadu. Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan *septic tank* menggunakan persamaan 5, namun ditentukan dahulu nilai TOW, TOW_j atau TOWseptik dan S_j atau Sseptik menggunakan persamaan 6, 7, dan 8. Berikut merupakan contoh perhitungannya diambil dari tipe rumah A dengan jumlah penghuni 4 orang:

1. $\text{TOW} = 4 \times 35,23 \text{ g/orang/hari} \times 0,001 \times 365$

$$\text{TOW} = 51,4 \text{ kg BOD/tahun}$$

2. $I = 0$ (tidak ada kegiatan industri) (IPCC, 2019)
- $Ui = 0,12$ (karena pendapatan tinggi) (IPCC, 2019)
- $Ti = 0,18$ (karena pendapatan tinggi) (IPCC, 2019)
- $TOWj = 51,4 \text{ kg BOD/tahun} \times 0,12 \times 0,18$
- $TOWj = 1,11 \text{ kg BOD/tahun}$
3. $S_{septik} = 1,11 \text{ kg BOD/tahun} \times 0,5 \times 0,5$
- $S_{septik} = 0,27 \text{ kg BOD/tahun}$
4. $\text{Emisi CO2} = [(1,11 \text{ kg BOD/tahun} - 0,27 \text{ kg BOD/tahun}) \times 0,3 - 0] \times \frac{44}{16}$
- $\text{Emisi CO2} = 0,252 \text{ kg/tahun}$
- $\text{Emisi CO2} = 0,000022 \text{ g/detik}$

Setelah dilakukan perhitungan emisi CO2 *septic tank* pada setiap responden, selanjutnya dihitung rata-rata emisi CO2 yang dihasilkan setiap tipe rumah dengan membagi total emisi CO2 tiap responden dan jumlah responden. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 2**. Nilai rata-rata emisi CO2 pada penggunaan LPG, listrik dan *septic tank* berdasarkan tipe rumah yaitu:

Tabel 2. Rata-Rata Emisi CO2 Tiap Tipe Rumah

Tipe Rumah	Rata-rata Emisi LPG (g/detik)	Rata-rata Emisi Listrik (g/detik)	Rata-rata Emisi Septic tank (g/detik)	Total Rata-rata Emisi CO2 (g/detik)
A	0,0114	0,0628	0,000022	0,0742
B	0,0111	0,0389	0,000028	0,0500
C	0,0073	0,0347	0,000037	0,0420
RTLH	0,0076	0,0184	0,000040	0,0260

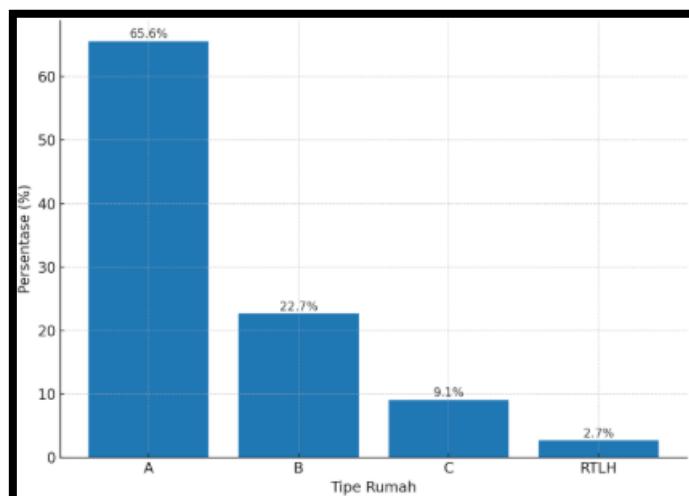
Tabel 2 menunjukkan bahwa sumber emisi CO2 terbesar pada semua tipe rumah berasal dari penggunaan listrik, diikuti LPG, sementara *septic tank* memberikan kontribusi sangat kecil. Rumah tipe A memiliki total emisi tertinggi (0,0742 g/detik), sedangkan RTLH terendah (0,0260 g/detik). Perbedaan ini terutama dipengaruhi oleh tingkat konsumsi energi listrik dan LPG pada masing-masing tipe rumah.

3.4 Total Emisi CO2

Perhitungan rata-rata emisi akan digunakan untuk menghitung besar total emisi CO2 yang dihasilkan seluruh rumah di wilayah Kecamatan Gombong, Kebumen. Besar total emisi CO2 pada tiap tipe rumah dapat dihitung dengan total rata-rata emisi CO2 dikalikan jumlah rumah tiap tipe. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Total Emisi CO2 Tiap Tipe Rumah

Tipe Rumah	Jumlah Rumah	Total Rata-Rata Emisi CO2 (g/detik)	Total Emisi CO2 (g/detik)
A	7.137	0,0742	529,7224
B	3.657	0,0500	182,9524
C	1.744	0,0420	73,3125
RTLH	830	0,0260	21,6132
Total			807,6005



Gambar 1. Presentase Emisi CO₂ Tiap Tipe Rumah

Tabel 3 menunjukkan tipe rumah A menghasilkan total emisi CO₂ terbesar dikarenakan jumlah tipe rumah A paling banyak. Sedangkan tipe RTLH memiliki nilai rata- rata emisi CO₂ terkecil, hal tersebut dikarenakan tipe RTLH memiliki jumlah rumah sedikit. tipe rumah A memberikan kontribusi emisi CO₂ terbesar yaitu sebesar 65,6% dari total emisi. Selanjutnya, tipe rumah B menyumbang sekitar 22,7%, diikuti oleh tipe rumah C sebesar 9,1%, dan yang paling kecil adalah Rumah Tidak Layak Huni (RTLH) dengan kontribusi 2,7%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah dan aktivitas energi pada suatu tipe rumah, maka semakin besar pula kontribusi emisi karbon dioksida yang dihasilkan. Dengan demikian, fokus pengendalian emisi CO₂ perlu diarahkan terutama pada tipe rumah A dan B sebagai penyumbang utama.

4. KESIMPULAN

Tipe rumah A memberikan kontribusi emisi karbon terbesar dengan rata-rata emisi 0,0742 g/detik per rumah dan total emisi mencapai 529,72 g/detik. Hal ini sejalan dengan jumlah rumah tipe A yang paling banyak, yaitu sekitar 7.137 unit rumah, sehingga akumulasi emisinya jauh lebih tinggi dibanding tipe lainnya. Selanjutnya, tipe rumah B menyumbang emisi sebesar 182,95 g/detik dengan rata-rata 0,0500 g/detik per rumah dari total 3.657 unit rumah. Sementara itu, tipe C menghasilkan emisi 73,31 g/detik dari 1.744 unit rumah dengan rata-rata 0,0420 g/detik. Adapun kategori Rumah Tidak Layak Huni (RTLH) memberikan kontribusi paling kecil, yaitu 21,61 g/detik dengan rata-rata 0,0260 g/detik dari 830 rumah. Secara keseluruhan, total emisi karbon dari seluruh tipe rumah di Kecamatan Gombong tercatat sebesar 807,60 g/detik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amrina, N. (2019). Analisis beban pencemar organik limbah domestik rumah tangga berdasarkan parameter BOD. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(2), 123–134.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik konsumsi energi rumah tangga. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kebumen. (2024). Kecamatan Gombong dalam angka 2024. Kebumen: BPS Kabupaten Kebumen.
- IPCC, 2019.2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland: IPCC.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019). Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2019 tentang faktor emisi pembangkit listrik nasional. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Nugrahayu, D., Rachmawati, I., & Suryanto, B. (2017). Penerapan metode Krejcie dan Morgan dalam penentuan jumlah sampel penelitian. *Jurnal Statistika*, 5(1), 45–52.
- Pemerintah Kabupaten Kebumen. (2016). Peraturan Bupati Kebumen Nomor 10 Tahun 2016 tentang klasifikasi rumah berdasarkan konstruksi bangunan. Kebumen: Pemkab Kebumen.
- Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. (2012). Peraturan Gubernur Jawa Tengah Nomor 43 Tahun 2012 tentang rencana aksi daerah penurunan emisi gas rumah kaca. Semarang: Pemprov Jateng.
- Pratama, R. (2021). Dampak aktivitas manusia terhadap konsentrasi gas rumah kaca. *Jurnal Lingkungan*, 12(3), 211–220.
- Setiawan, N. (2007). Penentuan Ukuran Sampel Memakai Rumus Slovin Dan Tabel Krejcie-Morgan: Telaah Konsep Dan Aplikasinya. November.
- Susanto, H., & Rahmawati, D. (2020). Analisis jejak karbon sektor rumah tangga dalam kaitannya dengan perubahan iklim. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 18(2), 77–85.
- Widodo, A. (2019). Penerapan metode IPCC dalam perhitungan emisi gas rumah kaca di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 55–64.