



Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Sampah Menggunakan Metode IPCC di Kecamatan Wanea Kota Manado

Charen S. E. Kandouw^{#a}, Isri R. Mangangka^{#b}, Agnes T. Mandagi^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^acharen.kandouw04@gmail.com, ^bisri.mangangka@unsrat.ac.id, ^catmandagi@gmail.com

Abstrak

Perubahan iklim merupakan isu lingkungan global yang dipicu oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, salah satunya berasal dari sektor pengelolaan sampah. Emisi metana (CH₄) yang dihasilkan dari dekomposisi anaerobik sampah organik di tempat pembuangan akhir (TPA) memiliki potensi pemanasan global (*Global Warming Potency/GWP*) sebesar 28 kali lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO₂). Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi emisi GRK dari sektor sampah di Kecamatan Wanea, Kota Manado menggunakan metode *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines* 2006 Tier 1, serta menganalisis bagaimana hasil estimasi emisi tersebut dapat menjadi dasar dalam mendukung strategi pengelolaan sampah yang berkontribusi pada upaya mitigasi perubahan iklim. Data timbulan dan komposisi sampah diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total emisi GRK pada tahun 2024 diperoleh hasil sebesar 14,2 Gg CO₂eq/tahun atau 14.196 ton CO₂eq/tahun. Emisi tertinggi berasal dari kategori sampah sisa makanan sebesar 6.654,29 ton CO₂eq/tahun (46,88%), diikuti oleh sampah kertas dan sampah taman/kayu. Dominasi emisi dari fraksi organik mencerminkan karakteristik sampah yang memiliki kandungan mudah terurai tinggi. Temuan ini menegaskan urgensi penerapan strategi pengelolaan sampah berbasis mitigasi, seperti pemilahan di sumber, pengomposan, dan peningkatan daur ulang, guna menurunkan emisi GRK dan mendukung kebijakan pengendalian perubahan iklim di tingkat lokal.

Kata kunci: emisi gas rumah kaca, metana, sampah organik, IPCC, perubahan iklim

1. Pendahuluan

Perubahan iklim global telah menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia saat ini. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia, berdampak pada perubahan suhu global yang memicu berbagai fenomena ekstrem seperti kenaikan permukaan laut, bencana alam, dan penurunan produktivitas pertanian (IPCC, 2021). Sektor-sektor utama penyumbang emisi GRK meliputi energi, transportasi, pertanian, dan pengelolaan sampah (IPCC, 2021).

Sektor pengelolaan sampah memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi GRK, terutama melalui dekomposisi sampah organik yang menghasilkan metana (CH₄), gas dengan potensi pemanasan global 28 kali lebih besar dari karbon dioksida (CO₂) dalam 100 tahun (IPCC, 2014). Oleh karena itu, pengelolaan sampah yang efektif dan perhitungan emisi yang akurat sangat diperlukan dalam upaya mitigasi perubahan iklim.

Untuk menghitung emisi GRK dari sektor ini, IPCC 2006 menyediakan pedoman metode perhitungan standar dengan tiga pendekatan Tier 1, 2, dan 3. Pendekatan Tier 1, yang menggunakan data default global, banyak digunakan di Indonesia, termasuk untuk sektor sampah.

Di Indonesia, studi emisi GRK umumnya dilakukan di tingkat kota atau provinsi, sementara studi di tingkat kecamatan masih minim. Kota Manado, khususnya Kecamatan Wanea, memiliki timbulnya sampah yang besar seiring pertumbuhan penduduk. Data DLH Kota Manado (2022)

menunjukkan produksi sampah harian mencapai 300–400 ton, dengan 60% berupa sampah organik. Namun, belum ada penelitian spesifik mengenai emisi GRK dari sektor sampah di kecamatan ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis emisi GRK dari sektor sampah di Kecamatan Wanea menggunakan metode IPCC Tier 1. Hasil yang diharapkan dapat memberikan informasi dasar untuk mendukung strategi pengelolaan sampah yang berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim di tingkat lokal.

2. Tinjauan Pustaka

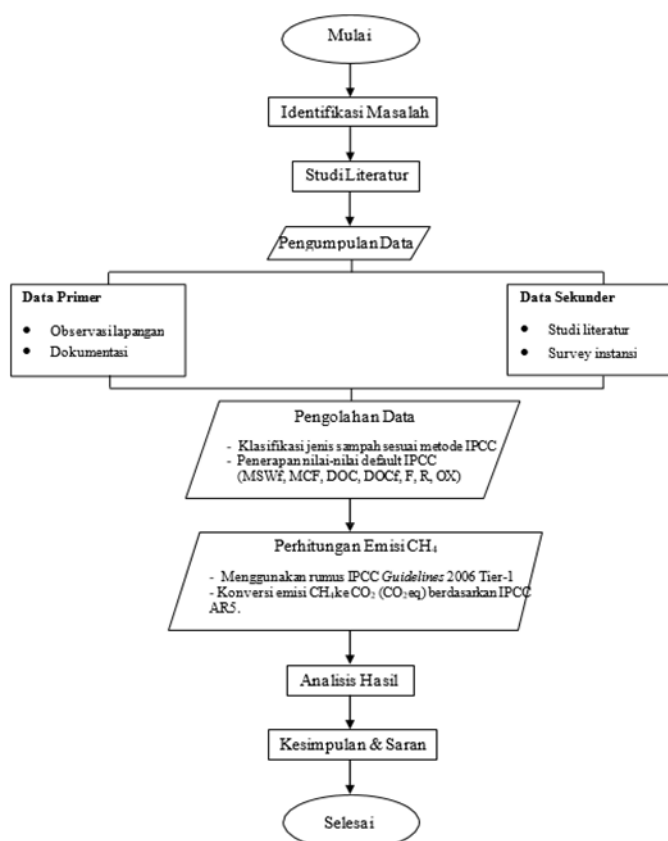
Emisi gas rumah kaca (GRK) berasal dari berbagai aktivitas, salah satunya dari sektor persampahan. Emisi tersebut dipengaruhi oleh jenis dan jumlah limbah, kondisi pengelolaan, serta proses degradasi di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Salah satu GRK utama yang dihasilkan dari limbah organik adalah metana (CH_4), gas dengan potensi pemanasan global 28 kali lebih besar dibandingkan CO_2 menurut IPCC AR5.

IPCC (2006) telah menyediakan pedoman metodologi untuk mengestimasi emisi GRK, termasuk pendekatan Tier 1 yang berbasis data default. Metodologi ini menggunakan parameter seperti komposisi sampah, fraksi karbon organik yang terurai (DOC), faktor koreksi dekomposisi (MCF), dan nilai GWP untuk konversi CH_4 ke CO_2ek . Sumber utama emisi dalam konteks ini berasal dari dekomposisi sampah organik anaerob seperti sisa makanan, kertas, dan limbah taman.

Pengelolaan sampah yang tidak optimal, seperti pembuangan langsung ke TPA tanpa pemilahan atau pengolahan, menyebabkan peningkatan emisi GRK. Sebaliknya metode seperti pengomposan, daur ulang, dan pemilahan dapat menurunkan emisi secara signifikan. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa wilayah dengan pengelolaan sampah yang lebih baik cenderung memiliki emisi GRK yang lebih rendah.

3. Metode Penelitian

3.1 Rancangan Penelitian

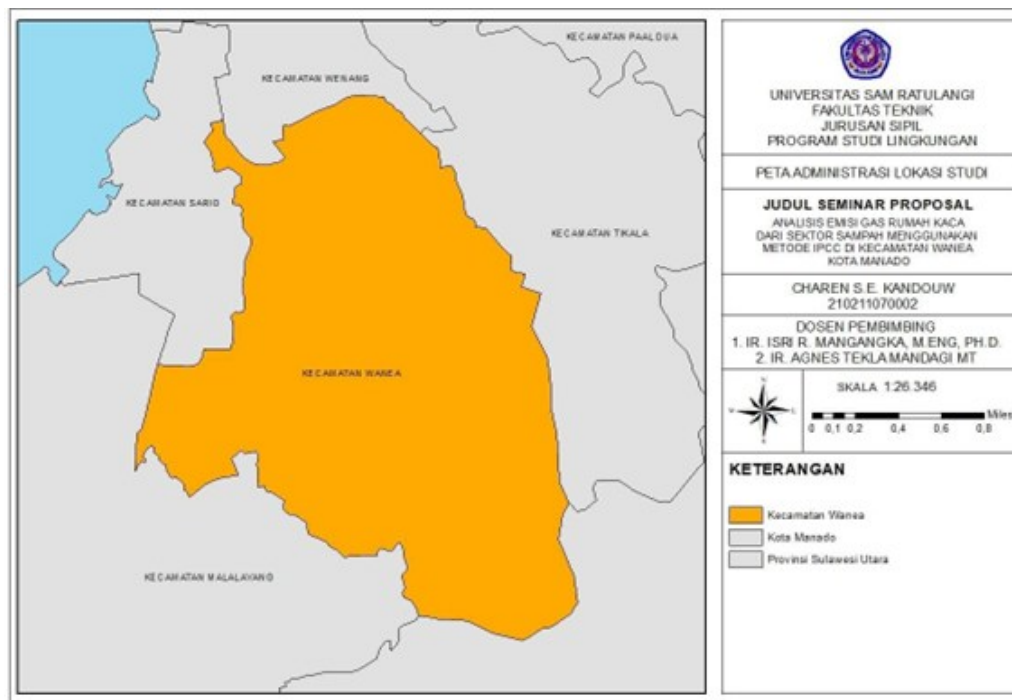


Gambar 1. Bagan Alir Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis emisi gas rumah kaca (GRK) yang berasal dari sektor sampah di Kecamatan Wanea, Kota Manado. Proses penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan yang mencakup pengumpulan data primer dan sekunder, serta analisis emisi berdasarkan pedoman IPCC 2006. Rancangan penelitian dijelaskan dalam bagan alir berikut, yang menunjukkan urutan kegiatan dari pengumpulan data hingga perhitungan emisi GRK.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Wanea, yang secara geografis terletak di koordinat 1°26'0"-1°29'20" LU dan 124°49'20"-124°52'0" BT. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2, yang menunjukkan wilayah kecamatan yang menjadi fokus penelitian. Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Oktober 2024.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian di Kecamatan Wanea, Kota Manado

3.3 Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan dianalisis dengan menggunakan metode perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) berdasarkan pedoman IPCC 2006 tier 1 untuk sektor sampah. Penghitungan emisi dilakukan dengan menerapkan persamaan berikut:

$$Emisi CH_4 = (MSWT \times MSWf \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - OX)$$

Keterangan:

MSWT : Jumlah timbunan sampah kecamatan (Gg/tahun)

MSWF : Nilai 1, (semua sampah di kecamatan masuk ke TPA)

MCF : 0,8 (default IPCC, tidak dikelola, dengan ketinggian lebih dari 5m)

DOC : Nilai DOC (Degradasi Organik Carbon) diperoleh dari nilai DOC_i x nilai W_i

DOCF : 0,5 (default IPCC)

F : 0,5 (default IPCC)

R : 0 (tanpa ada recovery, default IPCC)

OX : 0 (tidak dikelola, default IPCC)

Selain itu, untuk mengubah emisi CH₄ ke dalam satuan CO₂-eq, digunakan nilai potensi pemanasan global (GWP) berdasarkan IPCC AR5 sebagaimana disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai GWP Gas CH₄ dan CO₂

Gas	GWP (CO ₂ eq)
CO ₂	1
Metana (CH ₄)	28

Berikut ini merupakan beberapa langkah dalam menghitung emisi dari timbunan sampah di Kecamatan Wanea Kota Manado dengan seluruh sampah yang dihasilkan di kecamatan ini langsung dibuang ke TPA tanpa adanya proses reduksi.

- Menghitung timbunan sampah per kecamatan (dalam penelitian ini peneliti akan menggunakan data dari hasil survey instansi Dinas Lingkungan Hidup kota Manado, sesuai dengan kebutuhan metodologi IPCC Tier 1 yang memang dirancang untuk estimasi berbasis data default dan statistik lokal).
- Setelah timbunan sampah diperoleh, dilanjutkan dengan menghitung komposisi sampah (untuk penelitian ini komposisi sampah berdasarkan data hasil survey instansi Dinas Lingkungan Hidup kota Manado)
- Setelah komposisi sampah diketahui dilanjutkan dengan menghitung nilai DOC. Nilai DOC diperoleh dari DOC_i (nilai sampah kering, bisa dilihat di tabel default IPCC) dikalikan dengan W_i (berat basah sampah). Contoh nilai DOC dari jenis sampah sisa makanan yaitu $DOC = DOC_i \times W_i = 42\% \times 15\% = 0,063$ Sampah.
- Setelah memperoleh data data tersebut, dilanjutkan dengan menghitung emisi CH₄ dengan persamaan Emisi CH₄ = (MSWT x MSWf x MCF x DOC x DOCF x F x 16/12-R) x (1-OX)
- Hasil dari emisi CH₄ dikonversikan ke CO₂ dengan persamaan sebagai berikut:

$$EMISI\ CO_2 = EMISI\ CH_4 \times GWP$$

Keterangan:

- Emisi CH₄ : Total emisi CH₄ dari hasil perhitungan
- GWP : Konversi dari CH₄ ke CO₂ yang bernilai 28

Hasil akhir dari perhitungan dinyatakan dalam satuan karbon dioksida ekuivalen (CO₂eq).

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengelolaan Sampah pada Kecamatan Wanea

Sistem pengelolaan sampah di Kecamatan Wanea dilakukan meliputi pengangkutan dari Tempat Penampungan Sementara (TPS) ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sumompo, yang masih menerapkan sistem *open dumping*, di mana sampah hanya ditimbun tanpa adanya sistem pengelolaan gas metana yang efektif. Hal ini menjadi faktor penting dalam estimasi emisi GRK dari sektor limbah padat dan kondisi ini tentunya berisiko menyebabkan pencemaran lingkungan serta meningkatkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim.

4.2 Timbunan dan Komposisi Sampah

4.2.1 Timbunan Sampah

Dalam penelitian ini, data timbunan sampah diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Manado. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan emisi gas rumah kaca dengan metode IPCC. Dalam analisis ini, seluruh sampah yang dihasilkan di Kecamatan Wanea masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tanpa adanya proses reduksi atau daur ulang. Tabel 2 menampilkan data timbunan sampah yang digunakan dalam penelitian ini. Timbunan sampah di wilayah ini tercatat sekitar 38,853 ton/hari atau 14.181,469 ton/tahun, yang menunjukkan bahwa sektor persampahan memiliki potensi kontribusi terhadap emisi gas rumah kaca.

4.2.2 Komposisi Sampah

Dalam penelitian ini, data komposisi sampah didasarkan pada Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado, dapat dilihat pada Tabel 3.

Komposisi sampah di lokasi penelitian terdiri dari berbagai jenis dengan proporsi yang bervariasi. Sisa makanan merupakan komponen dominan dengan persentase sebesar 42%, diikuti oleh plastik 16% sampah lainnya 13% dan kertas 10%. Komposisi ini mencerminkan karakteristik sampah yang dihasilkan di wilayah penelitian dan menjadi dasar dalam analisis emisi gas rumah kaca menggunakan metode IPCC 2006.

Tabel 2. Timbulan Sampah, Kecamatan Wanea (2024)

Kecamatan	Wanea
Jumlah Penduduk Kecamatan	63.694
Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)	55.768
Jumlah KK yang Terlayani (KK)	7.864
Angka Timbulan Sampah Perkapita (kg/jiwa/hari)	0,61
Jumlah Jiwa dalam KK (Jiwa)(rata-rata)	3
Timbulan Sampah Kecamatan (ton/hari)	38,853
Timbulan Sampah Kecamatan (ton/Tahun)	14.181,469

Tabel 3. Komposisi Sampah, Kota Manado (2024)

Komponen Sampah	Komposisi Sampah
Sisa Makanan	42%
Kebun	9%
Kayu	2%
Plastik Film	9%
Plastik Keras	7%
Kaca	2%
Kain & Karet	2%
Logam	1%
Sampah B3	0%
Produk Kompleks	3%
Lainnya	13%

4.3 Parameter Default IPCC

Nilai DOC_i dalam Tabel 5 menunjukkan variasi kandungan karbon organik yang dapat terdekomposisi. Sampah organik seperti kayu (43%) dan kertas/karton (40%) memiliki nilai tinggi, sehingga lebih berpotensi menghasilkan metana saat terurai.

Dalam penelitian ini, perhitungan DOC dilakukan berdasarkan pendekatan IPCC 2006, yang menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DOC = \sum (W_i \times DOC_i)$$

Di mana:

- DOC = Fraksi karbon organik yang dapat terdegradasi dalam sampah (%)
- W_i = Fraksi massa dari masing-masing jenis sampah (% dari total sampah)
- DOC_i = Nilai default fraksi karbon organik terdegradasi untuk setiap jenis sampah (mengacu pada IPCC 2006)

Misalnya, jika komposisi sampah di lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

Sisa makanan = 42%

Maka nilai dari DOC yaitu: $DOC = 42\% \times 15\% = 0,063$

Semakin tinggi nilai DOC, semakin besar potensi pembentukan gas metana dari sampah yang terdekomposisi di TPA.

Tabel 4. Parameter default IPCC untuk Perhitungan Emisi

Sumber: IPCC (2006), IPCC Fifth Assessment Report (AR5)

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Fraksi karbon organik awal terdegradasi	DOC_i	Lihat Tabel 5	-
2	Fraksi degradasi karbon	DOC_f	0,5	-
3	Faktor koreksi kondisi pengelolaan	MCF	0,8	-
4	Fraksi produksi metana	F	0,5	-
5	Fraksi limbah yang terdegradasi	MSWf	1	-
6	Rasio pemulihan metana	R	0	-
7	Faktor oksidasi	OX	0	-
8	Faktor konversi metana (CH_4) ke karbon (C)	16/12	1,33	-
9	Nilai Potensi Pemanasan Global (GWP) CH_4	-	28	-

Tabel 5. Nilai DOC_i berdasarkan Jenis Sampah

Sumber: IPCC (2006) Guidelines

No	Jenis Sampah	DOC_i
1	Sisa Makanan	15%
2	Kayu	43%
3	Kertas/Karton	40%
4	Tekstil	24%
5	Kulit	39%
6	Taman & Kayu	20%
7	Plastik	0%

Tabel 6. Degradable Organic Carbon (DOC)

Jenis Sampah	W_i (Fraksi dari total)	DOC_i (IPCC)	DOC ($W_i \times DOC_i$)
Sisa Makanan	42%	15%	0,063
Sampah kebun dan taman	9%	20%	0,018
Kertas	10%	40%	0,04
Kayu	2%	43%	0,0086
Kain (Tekstil)	2%	24%	0,0048
Plastik film	9%	-	0
Plastik Keras	7%	-	0
Logam	1%	-	0
Kaca	2%	-	0
Sampah B3	0%	-	0
Produk Kompleks	3%	-	0
Lainnya	13%	-	0
Total DOC			0,1344

4.4 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca

Berikut ini merupakan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor limbah berdasarkan metode IPCC 2006 tier 1:

Emisi Gas Rumah Kaca dari Jenis Sampah Sisa Makanan

Diketahui:

Timbulan Sampah = 38,853 ton sampah perhari = 14.181,469 ton sampah per tahun
= 14,181469 Gg

Nilai MSWT = 14,181469 Gg sampah per tahun

Nilai MSWF = 1 (skenario semua sampah masuk ke TPA)

Nilai MCF = 0,8 (default IPCC, tidak dikelola, dengan ketinggian lebih dari 5m)

Nilai DOC = 0,063

Nilai DOCF = 0,5 (default IPCC)

Nilai F = 0,5 (default IPCC)

Nilai R = 0

Nilai OX = 0 (default IPCC)

Penyelesaian:

$$Emisi CH_4 = (MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - OX)$$

Emisi CH₄ = (14,181469 x 1 x 0,8 x 0,063 x 0,5 x 0,5 x 1,33 – 0) x (1-0)

= 0,238 Gg CH₄/tahun

= 237,65 ton CH₄/tahun

Emisi CO₂ = Emisi CH₄ x 28

= 0,238 Gg CH₄/tahun x 28

= 6,654 Gg CO₂eq/tahun

= 6.654,29 ton CO₂eq/tahun

Tabel 7. Hasil Perhitungan dari Jenis Sampah Sisa Makanan

KOMPONEN SAMPAH	PARAMETER		EMISI CH ₄ /Tahun		EMISI Co ₂ eq/Tahun	
	KET	NILAI	Gg	Ton	Gg	Ton
SISA MAKANAN	Komposisi Sampah	42%	0,238	237,65	6,654	6654,29
	DOCi	15%				
	DOC	0,063				
	MSWT Gg/thn	14,181469				
	MSWF	1				
	MCF	0,8				
	DOCF	0,5				
	F	0,5				
	16/12	1,33				
	R	0				
	OX	0				

Tabel 8. Hasil Perhitungan dari Jenis Sampah Kayu

KOMPONEN SAMPAH	PARAMETER		EMISI CH ₄ /Tahun		EMISI Co ₂ eq/Tahun	
	KET	NILAI	Gg	Ton	Gg	Ton
KAYU	Komposisi Sampah	2%	0,032	32,44	0,908	908,36
	DOCi	43%				
	DOC	0,0086				
	MSWT Gg/thn	14,181469				
	MSWF	1				
	MCF	0,8				
	DOCF	0,5				
	F	0,5				
	16/12	1,33				
	R	0				
	OX	0				

Tabel 9. Hasil Perhitungan dari Jenis Sampah Kertas

KOMPONEN SAMPAH	PARAMETER		EMISI CH ₄ /Tahun		EMISI Co _{2eq} /Tahun	
	KET	NILAI	Gg	Ton	Gg	Ton
KERTAS	Komposisi Sampah	10%	0,151	150,89	4,225	4224,94
	DOCi	40%				
	DOC	0,04				
	MSWT Gg/thn	14,181469				
	MSWF	1				
	MCF	0,8				
	DOCF	0,5				
	F	0,5				
	16/12	1,33				
	R	0				
	OX	0				

Tabel 10. Hasil Perhitungan dari Jenis Sampah Tekstil/Kain

KOMPONEN SAMPAH	PARAMETER		EMISI CH ₄ /Tahun		EMISI Co _{2eq} /Tahun	
	KET	NILAI	Gg	Ton	Gg	Ton
TEKSTIL/KAIN	Komposisi Sampah	2,00%	0,018	18,11	0,507	507
	DOCi	24%				
	DOC	0,0048				
	MSWT Gg/thn	14,181469				
	MSWF	1				
	MCF	0,8				
	DOCF	0,5				
	F	0,5				
	16/12	1,33				
	R	0				
	OX	0				

Tabel 11. Hasil Perhitungan dari Jenis Sampah Kebun

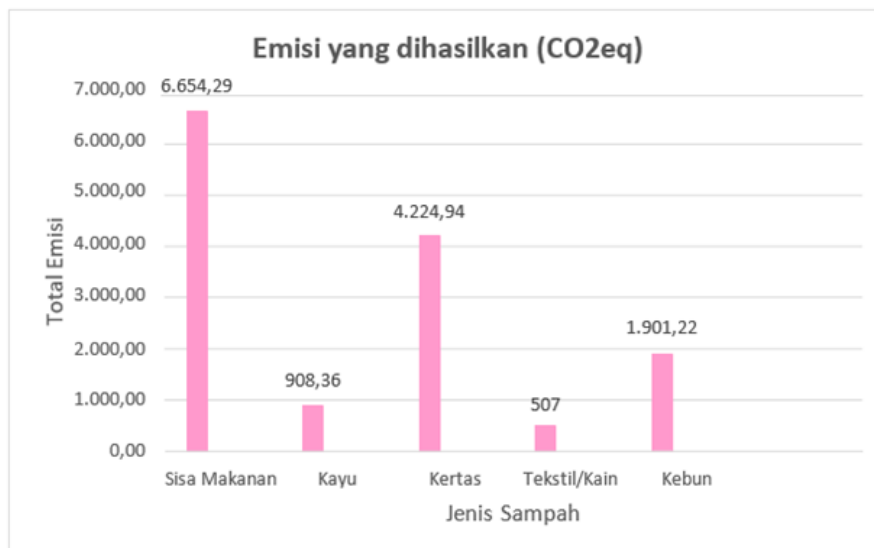
KOMPONEN SAMPAH	PARAMETER		EMISI CH ₄ /Tahun		EMISI Co _{2eq} /Tahun	
	KET	NILAI	Gg	Ton	Gg	Ton
KEBUN	Komposisi Sampah	9%	0,068	67,901	1,901	1901,22
	DOCi	20%				
	DOC	0,018				
	MSWT Gg/thn	14,181469				
	MSWF	1				
	MCF	0,8				
	DOCF	0,5				
	F	0,5				
	16/12	1,33				
	R	0				
	OX	0				

4.4.1 Total Estimasi Emisi dari Seluruh Jenis Sampah

Tabel 12 menampilkan hasil estimasi emisi CH₄ dan konversi ke CO_{2eq} sektor sampah di Kecamatan Wanea, berdasarkan hasil tersebut jenis sampah sisa makanan memiliki kontribusi emisi metana (CH₄) tertinggi, yakni sebesar 0,238 Gg CH₄/tahun atau 233,757 ton CH₄/tahun, yang setelah konversi menjadi karbon dioksida ekuivalen (CO_{2eq}) menghasilkan emisi sebesar 6.654,29 ton CO_{2eq}/tahun, setara dengan 46,88% dari total emisi. Sampah kertas menduduki urutan kedua dengan emisi sebesar 150,89 ton CH₄/tahun atau 4.224,94 ton CO_{2eq}/tahun. Dan sampah taman & kayu menyumbang 13,39% dari emisi metana. Sementara itu, jenis sampah lainnya seperti tekstil, dan kayu, memberikan kontribusi yang relatif kecil, dengan total emisi gabungan kurang dari 9,97% dari keseluruhan emisi.

Tabel 12. Estimasi Emisi CH₄ & CO₂eq Berdasarkan Jenis Sampah

Jenis Sampah	Emisi CH ₄ (Gg CH ₄ /Tahun)	Emisi CH ₄ (ton CH ₄ /Tahun)	Emisi CO ₂ eq (Gg CO ₂ -eq/Tahun)	Emisi CO ₂ eq (ton CO ₂ -eq/Tahun)	Persentase
Sisa makanan	0,238	237,65	6,654	6.654,29	46,88%
Kayu	0,032	32,44	0,908	908,36	6,399%
Kertas	0,151	150,89	4,225	4.224,94	29,76%
Tekstil/Kain	0,018	18,11	0,507	507	3,571%
Kebun (Taman&Kayu)	0,068	67,901	1,901	1901,22	13,39%
Total	0,507	507	14,2	14.196	100

**Gambar 3.** Grafik Emisi yang dihasilkan Kec. Wanea

4.5 Analisis dan Pembahasan

4.5.1 Analisis Hasil Estimasi Emisi GRK

Estimasi emisi gas rumah kaca (GRK) di Kecamatan Wanea dilakukan dengan metode IPCC Tier 1. Berdasarkan timbunan sampah dan komposisinya yang terdiri dari 65% bahan organik, diperoleh emisi metana (CH₄) sebesar 0,507 Gg/tahun (507 ton/tahun). Dengan konversi menggunakan nilai GWP CH₄ sebesar 28 (IPCC AR5), maka total emisi setara CO₂ (CO₂eq) mencapai 14,2 Gg/tahun atau 14.196 ton/tahun.

Emisi terbesar dihasilkan dari sisa makanan yang dominan dan mudah terdegradasi secara anaerob. Jenis sampah lain seperti kertas dan sampah kebun juga memberikan emisi, sedangkan tekstil dan kayu memberikan kontribusi kecil karena lebih sulit terurai. Hasil ini menunjukkan bahwa pengelolaan sampah organik menjadi kunci dalam menekan emisi GRK dari sektor persampahan.

4.5.2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan perbedaan antara penelitian sekarang dan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 13.

4.5.3 Implikasi Hasil Estimasi terhadap Strategi Pengelolaan Sampah

Hasil estimasi menunjukkan pentingnya fokus pada pengolahan sisa makanan, seperti pengomposan, untuk menekan emisi metana. Selain itu, upaya pemilahan dan daur ulang kertas perlu diperkuat. Tanpa pengelolaan yang tepat, sektor persampahan akan terus menjadi sumber utama emisi GRK. Oleh karena itu, strategi pengelolaan sampah di tingkat lokal harus mempertimbangkan aspek emisi dalam perencanaan mitigasi perubahan iklim.

Tabel 13. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Estimasi emisi (ton CO ₂ eq/tahun)	Metode Pengelolaan	Catatan	Perbedaan/Persamaan dengan Penelitian Ini
Kecamatan Wanea (2024)	14.196	Tanpa reduksi sebelum pembuangan	Hasil penelitian ini menunjukkan emisi yang tinggi karena tidak ada pengelolaan sebelumnya.	Emisi tertinggi, tidak ada pengelolaan sebelum ke TPA.
Romawati (2018)	616,54 (tanpa intervensi)	Pembakaran Terbuka	Emisi lebih rendah dengan pengurangan melalui daur ulang dan pengomposan	Metode pengelolaan lebih baik, menunjukkan potensi reduksi.
	487,60 (dengan pengurangan)	Daur ulang dan pengomposan	Strategi reduksi efektif menekan emisi GRK	Penelitian ini tidak menerapkan strategi reduksi.
Novia & Mulyani (2022)	321,84 (pengelolaan optimal)	Pengelolaan Optimal		
	142.530,90	Beragam (termasuk pembakaran terbuka)	Meskipun total emisi lebih tinggi, sebagian emisi ditekan melalui pengelolaan.	Total emisi lebih tinggi, tetapi ada pengelolaan yang lebih baik.
Dhanti (2024)	0,4626 (tanpa reduksi)	Tanpa pemilahan	Emisi lebih tinggi di Kec. Wanea karena tidak ada upaya reduksi.	Penelitian ini menunjukkan pengurangan emisi dengan pemilahan.
	0,439 (dengan Pemilahan)	Pemilahan dan pemnomposan	Menunjukkan pengurangan emisi yang signifikan.	

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan perhitungan emisi gas rumah kaca dari sektor sampah di Kecamatan Wanea menggunakan metode IPCC 2006, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Estimasi emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari sektor sampah di Kecamatan Wanea, Kota Manado, selama tahun 2024 diperkirakan sebesar 14,2 Gg CO₂eq/tahun atau setara dengan 14.196 ton CO₂eq/tahun. Emisi ini sebagian besar berasal dari jenis sampah sisa makanan, kertas, serta kebun (taman& kayu) mencerminkan kontribusi signifikan sektor persampahan terhadap potensi pemanasan global. Hasil ini menunjukkan bahwa tanpa pengelolaan yang lebih baik, sektor ini akan menjadi sumber utama metana (CH₄), gas yang memiliki potensi pemanasan jauh lebih tinggi dibandingkan karbon dioksida (CO₂).
2. Hasil estimasi emisi GRK tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menyusun strategi pengelolaan sampah yang mendukung mitigasi perubahan iklim, seperti penerapan pemilahan sampah dari sumber, pengomposan limbah organik, dan peningkatan daur ulang sampah. Strategi ini penting untuk mengurangi emisi metana dari tempat pembuangan akhir (TPA) serta memperkuat pemerintah daerah dalam pengendalian emisi GRK dari sektor persampahan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak terkait dalam proses penelitian yang telah mengizinkan peneliti untuk melakukan penelitian di Kecamatan Wanea, Kota Manado.

Referensi

- Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado. (2022). Laporan Pengelolaan Sampah Kota Manado 2022 . Manado: Dinas Lingkungan Hidup Kota Manado.
- Dhanti, N. (2024). Estimasi pengurangan emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah di TPS Tlogomas dengan metode IPCC. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan* , 10(1), 55–63.
- IPCC. (2006). Pedoman IPCC 2006 untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Volume 5 – Limbah. Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim.
- IPCC. (2014). Laporan Penilaian Kelima: Perubahan Iklim 2014 – Mitigasi Perubahan Iklim.
- IPCC. (2021). Laporan Khusus tentang Perubahan Iklim dan Tanah. Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim.
- JDIH Kota Manado. (2021). Peraturan Daerah Kota Manado Nomor 1 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kota Manado.

- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). Pedoman Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Sampah. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- KLHK. (2023). Dampak perubahan iklim di Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- KLHK. (2023). Pengelolaan sampah dan dampaknya terhadap emisi gas rumah kaca di Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- KLHK. (2023). Sistem pengelolaan dan pemanfaatan sampah dalam mitigasi emisi gas rumah kaca. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Mandagi, A. T., & Purukan, Y. (2023). Peran pemerintah dan masyarakat dalam pengelolaan sampah dengan Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) di Kelurahan Kairagi Dua Kecamatan Mapanget Kota Manado. *TEKNO*, 21(86).
- Martono, N. (2011). Metode penelitian kuantitatif: Analisis isi dan analisis data sekunder. Rajawali Pers.
- Novia, I., & Mulyani, S. (2022). Evaluasi potensi pengurangan emisi GRK melalui pengelolaan sampah rumah tangga di Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(3), 102–110.
- Peraturan Daerah Kota Manado. (2016). Peraturan Daerah Kota Manado Nomor 16 Tahun 2016 tentang Kewenangan Pengelolaan Kebersihan oleh Kecamatan.
- Romawati, D. (2018). Estimasi emisi gas rumah kaca dari sampah rumah tangga di Kecamatan Bulak, Kota Surabaya dengan metode IPCC. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), A238–A242.