

Komposisi Sampah dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik: Studi Kasus TPA Winongo Kota Madiun

Waste Composition and The Potential of Greenhouse Gas Emission on Municipal Solid Waste Management : Study Case Winongo Final Disposal Site

Aliftya Vicky Kiswandayani¹, Liliya Dewi Susanawati^{*}, Ruslan Wirosedarmo²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang

²Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang

*Email korespondensi : liliya_10@ub.ac.id

ABSTRAK

Aktivitas pengelolaan sampah dapat menghasilkan emisi GRK yang berbeda-beda, metode penimbunan sampah dapat mengakibatkan berton-ton gas metana (CH₄) sedangkan aktivitas pengomposan sampah yang bisa dikatakan bermanfaat ternyata juga menyumbang emisi CH₄ dan N₂O. Tujuan Penelitian ini yaitu untuk mengetahui besarnya emisi gas yang dihasilkan dari masing-masing pengelolaan sampah di TPA Winongo saat ini dan proyeksi hingga 10 tahun mendatang, untuk mengetahui jumlah timbulan sampah dan komposisi sampah di TPA Winongo saat ini dan proyeksinya hingga 10 tahun mendatang. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu mengacu pada Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2006 Guideline). Kemudian hasil perhitungan tersebut diproyeksikan dengan mempertimbangkan data hasil proyeksi jumlah penduduk dan timbulan sampah di TPA Winongo Kota Madiun. Hasil proyeksi emisi gas rumah kaca selanjutnya dibuat ekuivalen dalam basis CO₂ eq thn⁻¹ menggunakan indeks Global Warming Potential (GWP) dan dijumlahkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai emisi gas rumah kaca di TPA Winongo Kota Madiun dari aktivitas penimbunan dan pengomposan antara lain tahun 2015 sebesar 5905.59658 ton CO₂ eq thn⁻¹ dan pada tahun 2025 sebesar 7461.38442 ton CO₂ eq thn⁻¹. Hal ini telah membuktikan bahwa emisi gas rumah kaca di TPA Winongo Kota Madiun setiap tahunnya mengalami kenaikan yang cukup signifikan.

Kata kunci: domestik, emisi, timbulan sampah

Abstract

Waste management activities can generate GHG emissions are different, the method of the landfill could lead to tons of methane (CH₄), while activities that waste composting can be said to be useful it also accounts for CH₄ and N₂O emissions. The purpose of this study is to determine the amount of emissions generated from each waste management in Final Disposal Site Winongo current and projected up to 10 years, to determine the amount of waste and the composition of waste in Final Disposal Winongo current and projected up to 10 years. The equation used in this calculation that relies on Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2006 Guideline). Then the results of these calculations are projected by considering data from population projections and solid waste generation in Final Disposal Site Winongo Madiun City. The projection of greenhouse gas emissions and then made equivalent in the base CO₂ eq yr⁻¹ using an index Global Warming Potential (GWP) and summed. The results showed that the value of greenhouse gas emissions in Final Disposal Site Winongo Madiun City from control landfill and composting activities among others in 2015 amounted to 5905.59658 tons of CO₂ eq yr⁻¹ in 2025 amounted to 7461.38442 tons of CO₂ eq yr⁻¹. It has been proven that greenhouse gas emissions in Final Disposal Winongo each year has increased significantly.

Keywords: domestic, emissions, waste

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang mengalami masalah serius dalam hal pengelolaan sampah. Pertambahan penduduk yang demikian semakin pesat serta intensitas kegiatan yang tinggi mengakibatkan meningkatnya jumlah timbulan sampah. Semakin tinggi keadaan sosial ekonomi masyarakat maka semakin banyak jumlah per kapita sampah yang dibuang. Jenis sampahnya pun semakin banyak yang bersifat tidak dapat membusuk. Meningkatnya volume sampah yang ada maka diperlukan adanya penanganan. Penanganan sampah yang tidak menggunakan metode pengelolaan sampah yang ramah lingkungan akan berdampak buruk bagi lingkungan masyarakat dan mengganggu kelestarian lingkungan, sungai, hutan, pemukiman warga serta kesehatan masyarakat. Undang-Undang yang mengatur mengenai masalah pengelolaan sampah yaitu Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 pada Pasal II dan Pasal IV.

Kota Madiun merupakan salah satu kota berkembang yang menjadi pusat perekonomian Provinsi Jawa Timur bagian barat. Kota ini terus berkembang dengan berbagai peningkatan sarana prasarana perekonomian dan pendidikan. Jumlah penduduk Kota Madiun sampai dengan akhir tahun 2012 adalah sebanyak 174955 jiwa, yang terdiri dari penduduk laki-laki sejumlah 83908 jiwa dan penduduk perempuan sejumlah 91047 jiwa. Terdapat tiga kecamatan di Kota Madiun, mengalami pertumbuhan penduduk dimana posisi paling besar terjadi di Kecamatan Taman sebesar 8.26% dengan kepadatan penduduk sebesar 61.34 jiwa/ha, diikuti oleh Kecamatan Mangunharjo sebesar 3.22% dengan kepadatan penduduk sebesar 50.14 jiwa/ha, sedangkan di Kecamatan Kartoharjo tercatat mengalami penurunan jumlah penduduk sebesar 6.76% dengan kepadatan penduduk sebesar 44.91 jiwa/ha. Sebagai wilayah yang memiliki potensi peningkatan penduduk berpotensi meningkatkan timbulan sampah, sehingga perlu fasilitas pelayanan yang memadai di Kota Madiun. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Kota Madiun memiliki luas 6,4 hektar dan terletak di Kecamatan Mangunharjo yaitu TPA Winongo.

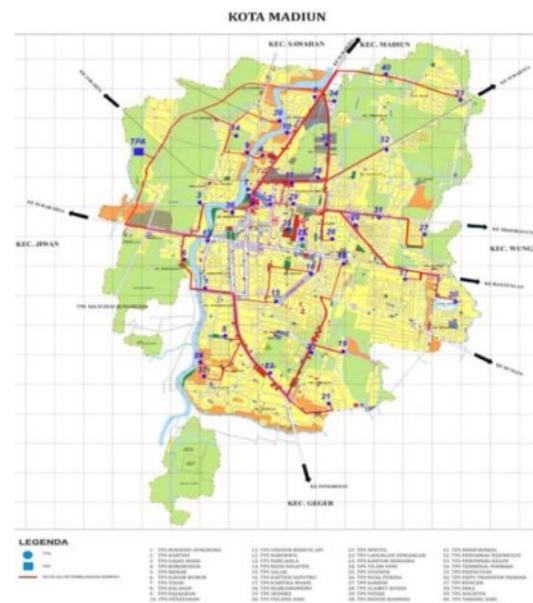
Berdasarkan data pada RTRW Kota Madiun menyebutkan bahwa kapasitas TPA Winongo telah berisi 80% sampah, namun belum teridentifikasi potensi emisi gas yang dihasilkan sehingga perlu adanya usaha minimisasi timbulan sampah agar jumlah emisi gas yang dihasilkan mengalami penurunan.

BAHAN DAN METODE

Area Studi

Penelitian ini dilaksanakan di TPA Winongo, Kota Madiun, merupakan salah satu daerah di Provinsi Jawa Timur yang secara geografis Kota Madiun terletak pada koordinat 111°29'45" - 111°33'30" BT dan 7°35'45" - 7°40' LS. Kota Madiun memiliki kecamatan sebanyak tiga antara lain Kecamatan Mangunharjo, Kecamatan Kartoharjo dan Kecamatan Taman. Waktu pelaksanaan penelitian yaitu pada bulan Januari 2016 hingga Maret 2016. Adapun batas-batas wilayah di Kota Madiun adalah seperti pada Gambar 1.

Batas Wilayah Utara: Kec. Sawahan ,
Batas Wilayah Timur: Kec. Wungu,
Batas Wilayah Selatan: Kec. Geger,
Batas Wilayah Barat: Kec. Jiwan



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
(Sumber: Bappeda Kota Madiun, 2012)

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang dapat menunjang proses sampling di TPA Winongo Kota Madiun. Sampling tersebut dilakukan untuk memperoleh data primer berupa komposisi dan berat basah komponen sampah di TPA Winongo Kota Madiun. Spesifikasi alat-alat tersebut antara lain sekop/keranjang kecil, box kayu ukuran 200 L (50 cm x 50 cm x 80 cm), kantong plastik dengan kapasitas ± 50 Kg, timbangan sampah, masker, sarung tangan, personal computer, kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini berupa data komposisi dan berat basah komponen sampah yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengamatan langsung di TPA Winongo Kota Madiun. Data sekunder dalam penelitian ini berupa laporan hasil penelitian dan publikasi lainnya, data angka-angka default IPCC 2006, data-data statistik serta peraturan-peraturan dan kebijakan yang dikeluarkan pemerintah, baik pusat maupun daerah.

Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Metode penelitian deskriptif digunakan untuk menggambarkan fakta-fakta mengenai populasi yang akan diteliti secara sistematis dan akurat. Metode kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat untuk menganalisis apa yang ingin diketahui.

Pengumpulan Data

Teknik observasi untuk mendapatkan data primer dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan sampel sampah sebanyak 1 m³ yang dianggap mewakili komposisi sampah yang ada di wilayah penelitian. Komposisi sampah ditentukan berdasarkan penimbangan komponen-komponen sampel sampah yang dipilah dari 1 m³ (tanpa adanya reduksi sampah). Metode ini merujuk pada metodologi di IPCC 2006 GL yang terdiri dari lima tahapan yaitu penentuan titik pengambilan sampel, pengambilan sampel, pemilahan sampel, penimbangan sampah, dan perhitungan komposisi sampah.

1. Penentuan titik pengambilan sampel
Zona yang dijadikan sebagai titik pengambilan sampel adalah zona di TPA Winongo yang secara langsung menerima tumpahan sampah dari truk sampah. Pengambilan sampel dari satu truk harus dilakukan secara acak dari beberapa titik, tidak boleh dipilah terlebih dahulu dan dilakukan segera setelah truk menumpahkan sampah.

2. Pengambilan sampel

Frekuensi sampling yang ideal menurut SNI 19-3964-1994 adalah setiap hari selama delapan hari berturut-turut (hari Senin hingga Senin berikutnya). Sampling pada penelitian ini menggunakan alternatif sampling sebanyak dua kali dalam satu minggu karena kurangnya tenaga dan keterbatasan waktu peneliti. Sampling tersebut dilakukan pada hari Senin yang diasumsikan dapat mewakili sampah selama akhir pekan dan hari Kamis yang diasumsikan dapat mewakili sampah hari kerja. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengambilan sampel adalah sebagai berikut :

- a. Pengambilan sampel menggunakan box kayu ukuran 200 liter
- b. Total volume sampel sampah yang diambil dalam 1 kali sampling adalah 1 m³ (1000 liter). Sampel 1 m³ ini diperoleh dari beberapa truk yang datang pada hari pengambilan sampel
- c. Setiap kali pengambilan sampel sampah dengan box kayu 200 liter, sampel segera dimasukkan ke box kayu 1 m³ sampai penuh tanpa dilakukannya proses pemadatan.
- d. Untuk menghemat waktu dan agar tidak terlalu lama menunggu sampai box 1 m³ terisi penuh, pemilahan sampah dapat dilakukan langsung setelah terkumpul sampel dengan box kayu 200 liter.

3. Pemilahan Sampel

Pemilahan sampel sampah di TPA dilakukan mengikuti klasifikasi 11 komponen sampah menurut IPCC 2006 Guideline yang terdiri dari sampah makanan, sampah kebun dan taman, sampah kayu, sampah kertas dan karton, sampah kain/produk tekstil, sampah

plastik, sampah logam, sampah gelas, sampah lain-Lain (Inert).

4. Penimbangan Sampah

Sampel sampah yang sudah dipilah menurut komponennya masing-masing kemudian dimasukkan ke kantong plastik besar (ukuran 25-50 kg) untuk ditimbang menggunakan timbangan beras (ukuran 50-100 kg) dan dicatat beratnya. Berat masing-masing komponen sampah tersebut kemudian dijumlahkan untuk mengetahui total berat sampah.

5. Perhitungan Komposisi Sampah

Perhitungan komposisi sampah biasanya dinyatakan dalam persen berat basah dari masing-masing komponen sampah (IPCC 2006 GL dalam KLH, 2012). Komposisi sampah ini nantinya menjadi acuan dalam perhitungan tingkat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari masing-masing komponen sampah tersebut. Berikut ini merupakan rumus menghitung berapa persen berat sampah yang akan kita cari:

$$\% \text{ berat sampah} = \frac{\text{Berat komponen}}{\text{Berat total keseluruhan sampah}} \times 100\%.$$

(1)

Pengolahan Data

Pengolahan data-data primer dan sekunder yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung besarnya emisi GRK yang berasal dari aktivitas pengelolaan sampah yaitu berupa penimbunan sampah dan pengomposan di wilayah TPA Winongo Kota Madiun. Pengolahan data ini menggunakan worksheet aplikasi Microsoft Excel untuk mempermudah perhitungan emisi GRK (Gas Rumah Kaca). Data-data hasil perhitungan emisi GRK selanjutnya dibuat proyeksi dalam bentuk grafik.

Proyeksi Jumlah Penduduk

Data sekunder yang diperoleh dari badan pusat statistik seperti data jumlah penduduk dan laju pertumbuhan penduduk digunakan untuk membuat proyeksi pertumbuhan penduduk 10 tahun yang akan datang. Data proyeksi penduduk yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung proyeksi timbulan sampah. Proyeksi penduduk dalam penelitian ini menggunakan metode eksponensial (pada Persamaan 2).

$$P_t = P_o \times e^{n} \quad (2)$$

P_t adalah jumlah penduduk akhir (tahun proyeksi), P_o merupakan jumlah penduduk pada tahun dasar, dan e merupakan bilangan pokok dari sistem logaritma

Proyeksi Emisi Gas Rumah Kaca

Metode perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada masing-masing pengelolaan sampah adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan emisi GRK dari Aktivitas Penimbunan Sampah

Menurut IPCC 2006 Guineline (2006) dalam KLH (2012), langkah-langkah dalam perhitungan tingkat emisi gas rumah kaca dari aktivitas penimbunan sampah dengan metode FOD adalah:

$$\begin{aligned} \text{DDOCmd}(T) &= W_T \times (\text{DOC} \times \text{DOCf}) \times \text{MCF} \\ \text{DDOCmrem}(T) &= \text{DDOCmd}(T) \times e^{-k \times (13-M)/12} \\ \text{DDOCmdec}(T) &= \text{DDOCmd}(T) \times 1 - e^{-k \times (13-M)/12} \\ \text{DDOCma}(T) &= \text{DDOCmrem}(T) + (\text{DDOCma}(T-1) \times e^{-k} \\ \text{DDOCmdecomp}(T) &= \\ \text{DDOCmdec}(T) + (\text{DDOCma}(T-1) \times (1 - e^{-k})) \\ \text{CH}_4 \text{ generated}_T &= \text{DDOCmdecomp}_T \times F \times 16/12 \\ \text{Emisi CH}_4 &= (\sum_x \text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T) \times (1 - \text{OX}_T) \quad (2) \end{aligned}$$

$\text{DDOCmd}(T)$ merupakan Massa DDOC masuk (deposit) TPA di tahun T , W_T merupakan massa dari limbah padat yang ditimbun pada tahun T (Gg), $\text{DOC} = \text{Fraksi DOC pada tahun penyimpanan (GgC/Gg sampah)}$, DOCf adalah fraksi DOC yang dapat terdekomposisi, MCF menunjukkan fraksi koreksi metana yang terdekomposisi aerobik pada tahun penimbunan, $\text{DDOCmrem}(T)$ merupakan massa DDOC terdeposit di tahun T , yang tidak terdekomposisi sampai dengan akhir tahun T (Gg), $\text{DDOCmd}(T)$ adalah massa DDOC masuk (deposit) TPA di tahun T (Gg), $\text{DDOCmdec}(T)$ menunjukkan massa, DDOC terdeposit di tahun T , yang dapat terdekomposisi pada tahun T (Gg), $\text{DDOCma}(T)$ adalah DDOCm yang terakumulasi di TPA pada akhir tahun T (Gg), $\text{DDOCma}(T-1)$ adalah DDOCm yang terakumulasi di TPA pada akhir tahun $T-1$ (Gg), DDOCmdecomp_T merupakan DDOCm (massa DOC) tersimpan di TPA yang dapat terdekomposisi pada tahun T (Gg), $\text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T}$ merupakan jumlah CH_4 yang terbentuk pada tahun T

hasil dekomposisi berbagai komponen organik yang tersimpan dalam sampah (DDOC), Emisi CH_4 merupakan CH_4 yang diemisikan dari sampah padat di TPA untuk satu tahun. Kemudian X menunjukkan jenis sampah dengan T adalah Tahun Inventori, R_T adalah Recoveri CH_4 untuk dimanfaatkan dalam tahun T (Gg), OX_T merupakan Faktor oksidasi berdasarkan tipe TPA, K merupakan Konstanta reaksi gas metan, k merupakan peritungan $\ln(2) / t_{1/2}$, (tahun⁻¹), M menunjukkan bulan saat reaksi dimulai, sama dengan rata-rata delay time + 7 (bulan), F adalah Fraksi (% volume) CH_4 pada gas landfill yang ditimbulkan dan $16/12$ adalah Rasio berat molekul CH_4/C .

2. Perhitungan Emisi GRK dari Aktivitas Pengelolaan Sampah Secara Biologi
Perhitungan emisi GRK dari pengelolaan sampah secara biologi dapat menggunakan persamaan 3 dan 4 (IPCC 2006 Guideline).

$$\text{Emisi } \text{CH}_4 = \sum (M_i \times \text{EF}_i) \times 10^{-3} - R \quad (3)$$

$$\text{Emisi } \text{N}_2\text{O} = \sum (M_i \times \text{EF}_i) \times 10^{-3} \quad (4)$$

Emisi CH_4 adalah CH_4 total pada tahun inventori (Gg CH_4), Emisi N_2O adalah N_2O total pada tahun inventori (Gg N_2O), M_i merupakan massa limbah organik yang diolah dengan pengolahan biologi tipe i (Gg), EF adalah Faktor emisi untuk pengolahan biologi tipe i , (g CH_4/Kg) atau g $\text{N}_2\text{O}/\text{Kg}$) sampah diolah, I adalah tipe pengolahan biologi (pengomposan atau biogas) dan R adalah jumlah CH_4 yang dapat direcoveri dalam tahun inventori (Gg CH_4).

Hasil perhitungan tingkat emisi gas CH_4 dan N_2O pada masing-masing aktivitas pengelolaan sampah (penimbunan dan pengomposan) selanjutnya diproyeksikan dengan mempertimbangkan data hasil proyeksi jumlah penduduk dan timbulan sampah di TPA Winongo Kota Madiun, kemudian hasil proyeksi tingkat emisi gas rumah kaca dibuat ekuivalen dalam basis Gg CO_2 aq/tahun menggunakan indeks Global Warming Potensial (GWP) dan dapat dirubah satuannya ke dalam Ton CO_2 aq/tahun. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan tingkat emisi gas rumah kaca.

$$\text{CH}_4 \text{ ekuivalen} = 21 \times \text{emisi } \text{CH}_4 \quad (5)$$

$$\text{N}_2\text{O ekuivalen} = 310 \times \text{emisi } \text{N}_2\text{O} \quad (6)$$

Hasilnya kemudian dijumlahkan untuk memperoleh nilai total emisi GRK dari masing-masing aktivitas dan pengelolaan sampah seperti penimbunan sampah dan pengomposan dalam basis Gg CO_2 eq/tahun. Hasil proyeksi dapat diketahui persentase perubahan (peningkatan dan penurunan) emisi GRK dari masing-masing aktivitas pengelolaan sampah yang terjadi antara tahun 2015 hingga tahun 2025.

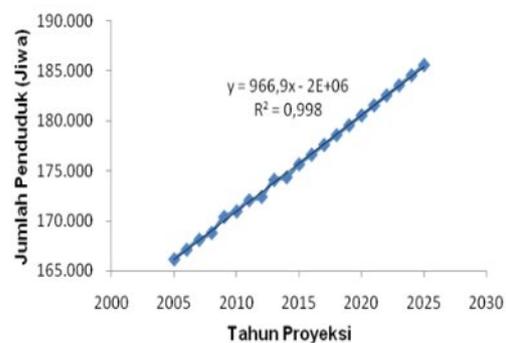
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Lokasi Penelitian

Kota Madiun mempunyai luas wilayah sebesar 33,23 km² atau hanya sekitar 0,0072% dari total luas wilayah Provinsi Jawa Timur. TPA Winongo memiliki luas wilayah sebesar 6.4 Ha dan sudah beroperasi sejak Tahun 1999 dengan cara *open dumping*. Namun pada Tahun 2007 TPA Winongo dalam sistem pengelolaan sampah menggunakan sistem *controlled landfill* terasering. TPA Winongo memiliki tujuh zona antara lain 6 zona pasif dan 1 zona aktif seluas 12293 m².

Proyeksi Jumlah Penduduk dan Timbulan Sampah

Proyeksi penduduk menggunakan data tahun 2005 hingga tahun 2014. Berdasarkan hasil proyeksi jumlah penduduk pada Gambar 2, diketahui bahwa jumlah penduduk pada tahun dasar proyeksi (2015) sebanyak 175.672 jiwa dan pada tahun akhir proyeksi (2025) yaitu menjadi 185.610 jiwa dengan nilai regresi (r) sebesar 0,995 dan nilai standar deviasi (std) sebesar 149,661 dengan metode eksponensial



Gambar 2. Grafik Proyeksi Jumlah Penduduk

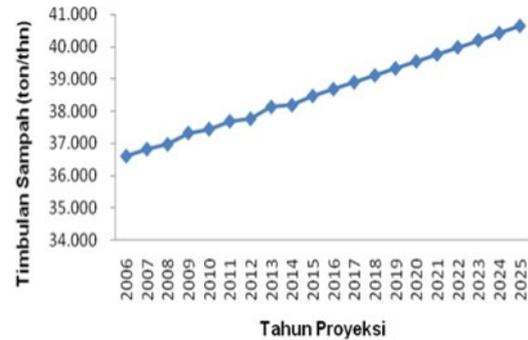
Perhitungan timbulan sampah per kapita per hari didasarkan pada SNI 19-2454-2002 yaitu arahan asumsi timbulan sampah sebesar $0.6 \text{ kg org}^{-1} \text{ hari}^{-1}$. Proyeksi timbulan sampah yang terangkut ke TPA Winongo Kota Madiun dilakukan menggunakan metode proyeksi BaU Baseline, dengan asumsi bahwa tidak ada upaya dari pemerintah untuk meningkatkan persentase sampah yang terangkut ke TPA Winongo hingga tahun 2025. Hasil proyeksi jumlah timbulan sampah di Kota Madiun dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3 yang menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah timbulan sampah pada tahun 2015 sebesar $38.472 \text{ ton thn}^{-1}$ dan terus meningkat hingga tahun 2025 mencapai $40.649 \text{ ton thn}^{-1}$.

Hasil tersebut didapatkan dengan cara proyeksi jumlah penduduk tahun 2015 hingga tahun 2016 dikalikan dengan asumsi timbulan sampah dengan satuan kg/hari kemudian apabila ingin dirubah satuannya menjadi ton thn^{-1} maka hasil timbulan sampah (kg hari^{-1}) dikalikan dengan 365 hari dan kemudian dibagi 1000. Sampah yang terangkut di TPA Winongo sekitar 60-70% sisanya dikelola oleh warga atau dibakar oleh masyarakat.

Tabel 1. Proyeksi Jumlah Timbulan Sampah yang Terangkut ke TPA Winongo

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan sampah (kg/hari)	Pertumbuhan sampah (ton/thn)	Terangkut ke TPA (ton/thn)
2015	175.672	105.403,200	38.472	25.007
2016	176.641	105.984,600	38.684	25.145
2017	177.616	106.569,600	38.898	25.284
2018	178.596	107.157,600	39.113	25.423
2019	179.582	107.749,200	39.328	25.563
2020	180.572	108.343,200	39.545	25.704
2021	181.569	108.941,400	39.764	25.846
2022	182.571	109.542,600	39.983	25.989
2023	183.578	110.146,800	40.204	26.132
2024	184.591	110.754,600	40.425	26.277
2025	185.610	111.366,000	40.649	26.422

Sumber: Hasil Perhitungan, 2006



Gambar 3. Grafik Proyeksi Timbulan Sampah

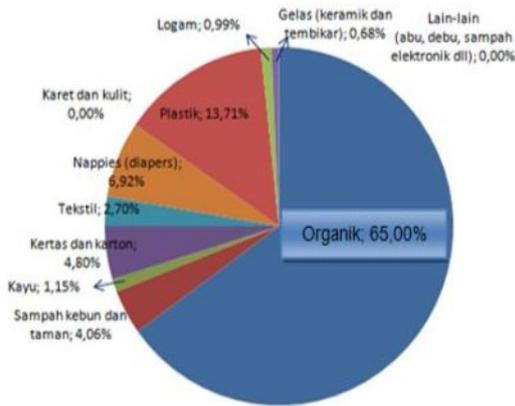
Komposisi Sampah

Data komposisi sampah diperoleh dari pengambilan sampel sampah yang masuk di TPA Winongo Kota Madiun pada hari Senin, 25 Januari 2016 (mewakili sampah akhir pekan) dan Kamis, 28 Januari 2016 (mewakili sampah hari kerja). Sampel sampah yang diambil berasal dari sampah perumahan dan non perumahan (pasar, sekolah atau perguruan tinggi, hotel, dll). Tabel 2 dan Gambar 4 berikut ini merupakan hasil perhitungan komposisi sampah di TPA Winongo Kota Madiun.

Tabel 2. Rata-rata Komposisi Sampah yang Masuk Ke TPA Winongo

No.	Komposisi	Senin	Kamis	Rata-rata
1	Organik	70,67%	59,32%	65,00%
2	Sampah kebun dan taman	6,45%	1,67%	4,06%
3	Kayu	0,63%	1,67%	1,15%
4	Kertas dan karton	3,80%	5,80%	4,80%
5	Tekstil	2,05%	3,34%	2,70%
6	Nappies (diapers)	5,12%	8,71%	6,92%
7	Karet dan kulit	0,00%	0,00%	0,00%
8	Plastik	10,31%	17,10%	13,71%
9	Logam	0,79%	1,19%	0,99%
10	Gelas (keramik dan tembikar)	0,16%	1,19%	0,68%
11	Lain-lain (abu, debu, sampah elektronik dll)	0,00%	0,00%	0,00%
Total		100%	100%	100%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016



Gambar 4. Komposisi Sampah di TPA Winongo Kota Madiun

Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Emisi GRK dari Aktivitas Penimbunan Sampah (CH₄)

Aktivitas penimbunan sampah di wilayah penelitian ditangani dengan sistem Controlled Landfill (tipe TPA managed semi aerobic) yaitu dengan memanfaatkan tanah sebagai penutup timbunan sampah. Tabel 3 berikut ini merupakan hasil perhitungan rata-rata emisi GRK dari aktifitas penimbunan.

Tabel 3. Emisi GRK Dari Aktifitas Penimbunan

Year	Methane generated										Methane recovery	Methane emission $K = (J - R) / (1 - D)$
	Makanan	Ketun	Kayu	Kertas	Tekstil	Nappies	Karet, Kulit	Plastik, Logam, Gelas	Total			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
2015	314,49922	1,12928	0,03603	0,76039	0,27050	2,24627	0,00000	0,00000	318,94189	6,49116	281,206	
2016	328,28299	1,20726	0,03958	0,82516	0,29347	2,40139	0,00000	0,00000	333,04985	6,49116	293,903	
2017	340,10776	1,27885	0,04306	0,88657	0,31531	2,54978	0,00000	0,00000	345,17532	6,49116	304,816	
2018	350,30669	1,34465	0,04645	0,94501	0,33609	2,67467	0,00000	0,00000	355,65356	6,49116	314,246	
2019	359,15628	1,40522	0,04978	1,00065	0,35588	2,79517	0,00000	0,00000	364,76297	6,49116	322,445	
2020	366,88671	1,46108	0,05303	1,05366	0,37473	2,90626	0,00000	0,00000	372,73547	6,49116	329,620	
2021	373,68852	1,51266	0,05621	1,10420	0,39271	3,00887	0,00000	0,00000	379,76316	6,49116	335,945	
2022	379,72123	1,56038	0,05932	1,15241	0,40985	3,10380	0,00000	0,00000	386,00700	6,49116	341,564	
2023	385,11663	1,60462	0,06237	1,19844	0,42622	3,19180	0,00000	0,00000	391,60009	6,49116	346,598	
2024	389,98427	1,64572	0,06536	1,24241	0,44186	3,27354	0,00000	0,00000	396,65316	6,49116	351,146	
2025	394,41557	1,68397	0,06828	1,28444	0,45681	3,34963	0,00000	0,00000	401,25871	6,49116	355,291	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Berdasarkan data dari wawancara pengelola TPA winongo dan asumsinya bahwa jumlah gas CH₄ yang disalurkan ke warga ada 150 rumah penduduk dengan jam operasi 19 jam/hari. Gas CH₄ yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar yaitu 57 m³ hari⁻¹ atau 20805 m³ tahun⁻¹ serta nilai densitas gas CH₄ 0.312 kg m⁻³ dengan berat gas CH₄ yang dimanfaatkan adalah 6.491 ton thn⁻¹.

Emisi GRK dari Aktivitas Pengolahan Sampah Secara Biologi (CH₄ dan N₂O)

Aktivitas pengolahan sampah secara biologi yang ada di wilayah penelitian adalah pengomposan sampah organik khususnya sampah dari pasar yang berupa sampah makanan ataupun sayuran dan sampah dari kebun atau tanaman. Sampah yang berasal dari pasar kemudian ditangani oleh pihak DKP dengan proses ayakan di area zona pasif. Perhitungan emisi CH₄ dari aktivitas pengomposan dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= \sum ((M_i \times EF) \times 10^{-3}) - R \\ &= ((1.5695 \text{ Gg/thn} \times 4 \text{ g CH}_4/\text{Kg}) \times 10^{-3}) - 0 \\ &= 0.006278 \text{ Gg CH}_4 \text{ tahun}^{-1} \\ &= 6278 \text{ Ton CH}_4 \text{ tahun}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= \sum (M_i \times EF) \times 10^{-3} \\ &= ((1.5695 \text{ Gg/thn} \times 0.3 \text{ g N}_2\text{O/Kg}) \times 10^{-3}) \\ &= 0.00047085 \text{ Gg N}_2\text{O tahun}^{-1} \\ &= 0.47085 \text{ Ton N}_2\text{O tahun}^{-1} \end{aligned}$$

Massa sampah (M_i) yang dikomposkan diperoleh dari data wawancara pengelola pengomposan (2014), yaitu sebanyak 1.569 Gg thn⁻¹ atau 1569.5 ton thn⁻¹. Jumlah ini diasumsikan tidak mengalami perubahan (peningkatan atau penurunan) hingga tahun 2025. Faktor emisi (nilai EF) didapatkan dari angka default IPCC 2006 Guideline (2006) sebesar 4 g CH₄ Kg⁻¹ sampah untuk emisi gas CH₄ dan 0.3 g N₂O Kg⁻¹ sampah untuk emisi gas N₂O. Jumlah gas CH₄ yang di recovery (nilai R) adalah nol karena tidak ada upaya pemanfaatan gas CH₄ dari pengomposan.

Hasil perhitungan menunjukkan pada tahun 2015 tingkat emisi gas CH₄ dari pengomposan 6278 Ton CH₄ tahun⁻¹ dan gas N₂O sebesar 0.47085 Ton N₂O tahun⁻¹. Metode proyeksi yang digunakan adalah menggunakan metode BaU Baseline yang mengamsusikan bahwa tidak ada perubahan jumlah sampah yang dikomposkan dan tidak ada pemanfaatan gas CH₄ dari pengomposan hingga tahun 2025, sehingga tingkat emisi gas rumah kaca diasumsikan akan tetap sama setiap tahunnya hingga tahun 2025.

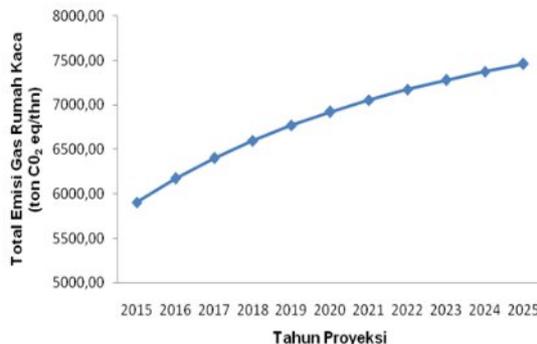
Total Emisi Gas Rumah Kaca dari TPA Winongo Kota Madiun

Nilai total emisi gas rumah kaca diperoleh dengan menjumlah hasil ekivalensi seluruh emisi gas rumah kaca dari aktivitas penimbunan sampah dan pengelolaan biologi (pengomposan) di TPA Winongo Kota Madiun setiap tahunnya. Hasil ekivalensi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan hasil proyeksi total tingkat emisi gas rumah kaca pada tahun 2015 hingga tahun 2025 dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 4. Nilai Ekivalensi Total Emisi Gas Rumah Kaca

Tahun	Total CH ₄	Ekivalen CO ₂	Total N ₂ O	Ekivalen CO ₂	Total Ekivalensi
	Ton CH ₄ /tahun	Ton CO ₂ eq/thn	Ton N ₂ O/tahun	Ton CO ₂ eq/thn	Ton CO ₂ eq/thn
2015	281,21193	5905,45062	0,00047085	0,1459635	5905,59658
2016	293,90910	6172,09102	0,00047085	0,1459635	6172,23699
2017	304,82202	6401,26252	0,00047085	0,1459635	6401,40848
2018	314,25244	6599,30127	0,00047085	0,1459635	6599,44723
2019	322,45091	6771,46910	0,00047085	0,1459635	6771,61506
2020	329,62615	6922,14925	0,00047085	0,1459635	6922,29522
2021	335,95108	7054,97267	0,00047085	0,1459635	7055,11864
2022	341,57053	7172,98122	0,00047085	0,1459635	7173,12718
2023	346,60431	7278,69059	0,00047085	0,1459635	7278,83655
2024	351,15207	7374,19355	0,00047085	0,1459635	7374,33952
2025	355,29707	7461,23846	0,00047085	0,1459635	7461,38442

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016



Gambar 5. Grafik Proyeksi Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca

Gas yang paling banyak diemisikan pada setiap tahunnya adalah gas CH₄ karena gas tersebut telah diemisikan dari seluruh aktivitas pengelolaan sampah di TPA Winongo Kota Madiun, sedangkan untuk gas N₂O diemisikan dari pengomposan. Aktivitas pengelolaan sampah yang mengemisikan gas CH₄ dengan nilai yang paling tinggi adalah aktivitas penimbunan sampah, karena hampir seluruh sampah yang diangkut dan diolah di TPA Winongo Kota Madiun ditangani oleh pihak DKP dengan cara ditimbun. Selain itu komposisi sampah yang sebagian besar

merupakan sampah organik mengakibatkan tingginya tingkat emisi gas CH₄ dari aktivitas penimbunan sampah.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tiap komponen sampah di TPA Winongo Kota Madiun antara lain sampah organik tahun 2015 (16254.030 ton) dan tahun 2025 (17173.543 ton); sampah kebun dan taman tahun 2015 (1015.566 ton) dan tahun 2025 (1073.018 ton); sampah kayu tahun 2015 (287.617 ton) dan tahun 2025 (303.888 ton); sampah kertas dan karton tahun 2015 (1200.917 ton) dan tahun 2025 (1268.854 ton); sampah tekstil tahun 2015 (674.438 ton) dan tahun 2025 (712.592 ton); sampah nappies tahun 2015 (1729.332 ton) dan tahun 2025 (1827.162 ton); sampah karet dan kulit tahun 2015 hingga tahun 2025 nol; sampah plastik tahun 2015 (3428.325 ton) dan tahun 2025 (3622.270 ton); sampah logam tahun 2015 (247.639 ton) tahun 2025 (261.648 ton); sampah gelas tahun 2015 (169.045 ton) dan tahun 2025 (178.609 ton). Aktivitas pengelolaan sampah secara penimbunan (CH₄) di TPA Winongo menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) tahun 2015 sebesar 281.206 ton dan tahun 2025 sebesar 355.291 ton. Aktivitas pengelolaan sampah secara biologi atau pengomposan (CH₄ dan N₂O) diperoleh hasil emisi CH₄ tahun 2015 hingga tahun 2025 sebesar 6278 ton CH₄ tahun⁻¹ dan hasil emisi N₂O tahun 2015 hingga tahun 2025 sebesar 0.480 ton N₂O tahun⁻¹. Metode proyeksi yang digunakan adalah menggunakan metode BaU Baseline yang mengamsusikan bahwa tidak ada perubahan jumlah sampah yang dikomposkan dan tidak ada pemanfaatan gas CH₄ dari pengomposan hingga tahun 2025, sehingga tingkat emisi gas rumah kaca diasumsikan akan tetap sama setiap tahunnya hingga tahun 2025. Total nilai emisi gas rumah kaca di TPA Winongo Kota Madiun dari emisi gas CH₄ dan emisi gas N₂O pada tahun 2015 sebesar 5905.596 ton CO₂ eq thn⁻¹ dan pada tahun 2025 sebesar 7461.384 ton CO₂ eq thn⁻¹. Hal ini telah membuktikan bahwa emisi gas rumah kaca di setiap tahunnya mengalami kenaikan yang cukup signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pemerintah Daerah (BAPPEDA) Jawa Timur, 2012. Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Pengelolaan Sampah Dry Matter Content (DMC) pada Kandungan Bahan Kering Sampah. Surabaya.
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5 – Waste, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. dan Tanabe K. (eds). IGES. Jepang.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 1999. *The First National Communication*. Jakarta.
- SNI 19 - 2454 - 2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan.
- SNI 04 - 1993 - 03 Tentang Standar Spesifikasi Timbulan Sampah Untuk Kota Kecil dan Kota Sedang Di Indonesia.
- Undang - Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah

Under Proof Reading