

KAJIAN POTENSI GAS RUMAH KACA DARI SEKTOR SAMPAH DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH (TPA) RANDEGAN, KOTA MOJOKERTO

Titien Setiyo Rini^{1*}, Maritha Nilam Kusuma², Yuwono Budi Pratiknyo³, dan Sri Wulan Purwaningrum⁴

Teknik Sipil, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya^{1,4*}
Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya²
Teknik Manufaktur, Universitas Tama Surabaya³
*e-mail: titien.rini@gmail.com

Abstract

The final disposal of waste generation is a major environmental challenge in urban areas, especially in developing countries. Waste generation in developing countries will continue to grow as seen from the economic growth and changes in the consumptive patterns of the people, where current lifestyles and activities produce quantity of waste quickly. Waste is not only produced from households, but also from public facilities, such as school, institution, health, offices, markets, hotels, restaurants, and industries which later contribute to the generation of waste in the landfill. Waste management activities in landfills can produce various kinds of greenhouse gas emissions. This study aimed to determine the potential for greenhouse gas emissions from the rate of waste generation in Randegan TPA, Mojokerto City according to the parameters of the waste composition. Based on the research results, it was known that emissions generated from household waste amounted to 1.35 Gg CH₄ and 3.72 Gg CO₂, while non-domestic waste is 0.264 Gg CH₄ and 0.728 Gg CO₂.

Keywords: Emissions, Greenhouse Gases, Mojokerto, Garbage, TPA.

Abstrak

Pembuangan akhir dari timbulan sampah menjadi tantangan lingkungan yang besar di perkotaan khususnya negara berkembang. Timbulan sampah di negara berkembang akan terus tumbuh dilihat dari pertumbuhan ekonomi dan perubahan pola konsumtif masyarakatnya, dimana gaya hidup dan aktifitas saat ini menghasilkan kuantitas sampah dengan cepat. Sampah tidak hanya diproduksi dari rumah tangga, namun juga dari fasilitas umum, seperti sekolah, institusi, kesehatan, kantor, pasar, hotel, restoran, dan industri yang nantinya turut berkontribusi menyumbang timbulan sampah di TPA. Kegiatan pengelolaan sampah di TPA dapat menghasilkan berbagai macam emisi gas rumah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi emisi gas rumah kaca dari laju timbulan sampah di TPA Randegan, Kota Mojokerto menurut parameter komposisi sampahnya. Dari hasil penelitian, diketahui emisi yang dihasilkan dari sampah rumah tangga sebesar 1,35 Gg CH₄ dan 3,72 Gg CO₂, sedangkan dari sampah non domestik yaitu 0,264 Gg CH₄ dan 0,728 Gg CO₂.

Kata kunci: Emisi, Gas Rumah Kaca, Mojokerto, Sampah, TPA.

1. PENDAHULUAN

Kota Mojokerto terletak di tengah-tengah Kabupaten Mojokerto, terbentang pada 7°33' Lintang Selatan dan 112°28' Bujur Timur. Wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian rata-rata 22 m di atas permukaan laut dengan kondisi permukaan tanah yang agak miring ke timur dan utara antara 0-3%. Secara umum, Kota Mojokerto dibagi menjadi 3 (tiga) Kecamatan, yaitu Kecamatan Prajurit Kulon, Kranggan, dan Magersari. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008, definisi sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (UU No 18, 2008). Sampah berdasarkan sumbernya secara garis besar dapat dikelompokkan atas sampah domestik dan non domestik. Sampah non domestik merupakan sampah yang berasal dari sampah komersil, sampah industri, sampah institusi, sampah bangunan, sampah pelayanan kota, lumpur instalasi pengolahan, sisa-sisa lain, dan sampah pertanian (Tchobanoglous, et.al, 1993).

Kota Mojokerto memiliki Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Randegan yang terletak di Kelurahan Kedundung, Kecamatan Magersari. Terdapat rumah kompos di TPA Randegan yang memanfaatkan sampah dari permukiman, kebun/taman, dan pasar. Rumah kompos melakukan pengolahan komposisi sampah terbesar Kota Mojokerto yang masuk ke TPA Randegan yaitu sampah organik. Sampah organik akan mengalami proses dekomposisi secara anaerobik menjadi gas metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), dan sejumlah kecil gas N₂, H₂, H₂S, H₂O. Pada kondisi aerobik (reaksi yang terjadi pada proses pengomposan) tidak

dihasilkan CH₄. Sebaliknya, pada kondisi anaerobik (reaksi yang terjadi di dalam TPA), satu mol organik dikonversi menjadi tiga mol CH₄ dan jumlah produksi CO₂ adalah sama untuk kedua kondisi tersebut (Rahmawati, 2013). Berikut reaksi dekomposisi sampah secara aerobik dan anaerobik:

(i) Bahan organik → CO₂ + H₂O (kondisi aerobik)

(ii) Bahan organik → CO₂ + CH₄ (kondisi anaerobik)

Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek gas rumah kaca, CO₂, CH₄, dinitroksida (N₂O), dan *chlorofluorocarbon* (CFC). Gas-gas tersebut sebenarnya muncul secara alami di lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia, serta menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global di troposfer (Suprihatin, dkk, 2008). Sumber emisi GRK gas metana dari sektor persampahan dapat berasal dari proses penguraian sampah, penimbunan sampah di TPA, pengolahan sampah dalam *anaerobic digester*, dan pengomposan. Sedangkan emisi GRK karbondioksida bersumber dari pembakaran sampah, penimbunan sampah, dan pengolahan sampah secara biologis (Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan, 2018).

Sampah berperan sebagai penyumbang GRK berupa gas CH₄ yang memiliki potensi pemanasan global 21 kali lebih besar dari pada gas karbon dioksida/CO₂. Salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan dari tempat pembuangan sampah akhir adalah gas metan. Pencegahan timbulnya efek rumah kaca dari gas metan diperlukan melalui usaha-usaha penanggulangan yang diarahkan

kepada pengendalian sumber-sumbernya, diantaranya dengan penerapan konsep 3R (*reduce, reuse, recycle*) dalam pengelolaan sampah (Rahmawati, 2013).

Perhitungan emisi GRK dilakukan berdasarkan nilai faktor emisi dari setiap produksi sampah. GRK yang dihitung meliputi CO₂ dan CH₄. Di Indonesia belum banyak penelitian yang menunjukkan nilai faktor emisi dari sampah sehingga untuk menghitung emisi GRK dari kegiatan pengelolaan sampah digunakan nilai faktor emisi berdasarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.

Dari uraian tersebut, maka diperlukan suatu studi tentang potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan pengelolaan sampah di TPA Randegan Kota Mojokerto.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laju timbunan sampah, komposisi, dan jumlah penduduk Kota Mojokerto. Data jumlah penduduk Kota Mojokerto digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk dari tahun 2016 hingga 2023 berdasarkan estimasi emisi. Data dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Proyeksi Laju Timbunan Sampah Kota Mojokerto

Tahun	Jumlah Penduduk (orang)
2016	140161
2017	141181
2018	142145
2019	143115
2020	144093
2021	145078
2022	146070
2023	147069

Data fasilitas umum yang digunakan penelitian ini berdasarkan data eksisting Kota Mojokerto, yaitu; a) pendidikan (SD, SMP, dan SMA); b) kesehatan (rumah sakit, rumah bersalin, puskesmas); c) tempat peribadatan (masjid, mushola, gereja protestan, gereja katolik, pura, and vihara); d) industri (industri skala besar dan sedang); e) pasar; dan f) hotel. Jumlah fasilitas umum dan laju timbunan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Fasilitas Umum dan laju Timbunan Kota Mojokerto

Jenis	Laju Timbunan	
	Jumlah (Unit)*	Berat (Kg)**
Pendidikan	111	0,02
Kesehatan	15	0,25
Peribadatan	414	0,01
Industri	48	2,90
Pasar	7	0,30
Hotel	11	0,49

*Mojokerto dalam Angka Tahun 2017

**Standar Spesifikasi Timbunan Sampah untuk Kota Kecil dan Sedang di Indonesia Departemen PU, 1993.

Emisi GRK terdiri dari CO₂, CH₄, dan N₂O yang dihitung menggunakan Metode IPCC. Rumus yang digunakan untuk perhitungan dapat dilihat pada persamaan 1 hingga 5.

$$DOC_i = W_i \times DOC \quad (1)$$

Keterangan:

DOC_i = fraksi degradasi organik karbon sampah i

W_i = persentasi komposisi sampah yang dibuang

DOC = fraksi degradasi organik karbon

$$DDOC_{mi} = W \times DOC_i \times DOC_f \times MCF \quad (2)$$

Keterangan:
DDOC_m = massa DOC yang terdekomposisi (Gg)
i = jenis sampah i
W = massa sampah yang dibuang (Gg)
DOC_f = fraksi DOC yang terdekomposisi dalam kondisi anaerobik
MCF = faktor koreksi metana untuk dekomposisi aerobik, menggambarkan bagian sampah yang akan terdekomposisi dalam kondisi aerobik (sebelum kondisi anaerobik terjadi) dalam tahun pembuangan sampah

$$Lo = DDOC_m \times F \times (16/12) \quad (3)$$

Keterangan:
Lo = potensi produksi gas metan (Gg CH₄)
F = fraksi (%-volume) timbulan gas metan pada landfill, nilai F default berdasarkan IPCC adalah 50%
16/12 = rasio berat molekul (CH₄/C)

$$\text{Emisi CH}_4 = [\sum \text{produksi CH}_4, x, -RT] \times (1 - \text{OXT}) \quad (4)$$

Keterangan:
T = periode waktu produksi sampah (tahun)
X = kategori, jenis/material sampah
RT_x = gas metan ter-recovery pada periode waktu T (Gg)
OXT = faktor oksidasi pada periode waktu T

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{emisi CH}_4 \times [(1-F)/F + \text{OX}] \times (44/16) \quad (5)$$

Keterangan:
44 = massa molekul relatif CO₂ (kg/kg-mol)
16 = massa atom relatif O₂ (kg/kg-mol)

3. HASIL DAN DISKUSI

A. Laju Timbulan Sampah

Laju timbulan sampah rumah tangga ditentukan dengan pengukuran di TPA Randegan selama 8 hari menurut SNI 19-3964-1994. Hasil menunjukkan bahwa laju timbulan sampah rumah tangga sebesar 0,3 kg/orang/hari. Sehingga dapat ditentukan proyeksi laju timbulan sampah rumah tangga. Untuk sampah sejenis sampah rumah tangga didapatkan dari perkalian jumlah dan berat di Tabel 2. Hasil perhitungan dapat dilihat di Tabel 3.

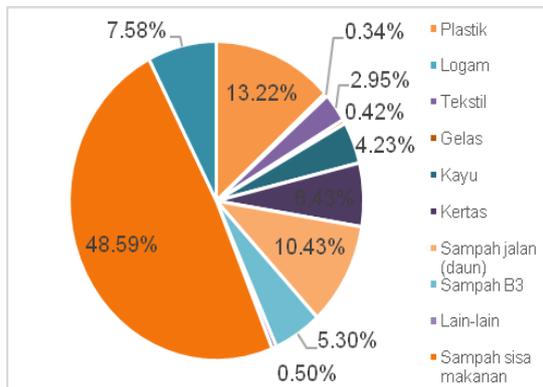
Tabel 3. Proyeksi Laju Timbulan Sampah Kota Mojokerto

Tahun	Laju Timbulan (kg/hari)	
	Sampah Rumah Tangga	Sampah Sejenis Rumah Tangga
2017	42354	9382,58
2018	42643	9464,67
2019	42935	9542,27
2020	43228	9620,55
2021	43523	9699,52
2022	43821	9779,17
2023	44121	9859,53

B. Komposisi Sampah

Pengukuran komposisi sampah ditentukan dengan prosedur SNI-3964-1994, dimana dilakukan pemilahan dan pengukuran berat sampel sampah yang dibawa oleh kendaraan pengangkut. Jenis sampah yang dipilah termasuk sampah dapat dikomposkan meliputi sampah makanan, sampah taman, dan sampah

biodegradable campuran dari kedua kategori yang tidak dapat dipisahkan. Jenis sampah lainnya yaitu plastik, kayu, kertas, tekstil, sampah B3, karet, kulit, logam, dan gelas. Dapat disimpulkan bawa persentase sampah dapat dikomposkan sebesar 80,21%, sedangkan sampah tidak dapat dikomposkan sebesar 19,71%. Sampah dapat dikomposkan paling banyak ditimbulkan dari sampah makanan yakni sebanyak 48,59%, sampah lainnya yaitu sampah plastik sebesar 13,22%, dan sampah taman sebesar 10,43%. Persentase komposisi sampah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Komposisi Sampah di TPA Randegan

C. Emisi Gas Rumah Kaca

Dalam memperkirakan emisi CH₄, Indonesia masih menggunakan *default* IPCC 2006, karena belum memiliki *country specific* komposisi sampah yang dibuang di TPA. IPCC telah menyusun metodologi standar untuk menghitung emisi berbagai sektor. Metode tersebut terus diperbaharui dan secara umum dikelompokkan dalam kategori Tier-1, Tier-2, dan Tier-3. Tier-1 adalah metode penghitungan dimana dapat diterapkan pada negara atau wilayah yang tidak memiliki data/parameter persampahan dengan ‘*record*’ yang baik. Hampir semua

parameter adalah ‘*default*’ dari IPCC *guideline* dalam Tier-1.

Pengukuran emisi GRK di Kota Mojokerto digunakan beberapa parameter yang didapat dari hasil penelitian lapangan tetapi beberapa parameter lain tetap menggunakan ‘*default*’ IPCC, sehingga metode ini termasuk dalam Tier-2. Pemilihan faktor emisi yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan regulasi IPCC. Estimasi emisi dari pengelolaan sampah dilakukan oleh garis dasar di perhitungan emisi GRK dari sektor persampahan di TPA Randegan.

Diketahui perhitungan emisi diharapkan dapat membentuk program pengelolaan sampah yang layak untuk mencegah terbentuknya emisi GRK dan dapat menanganinya dengan baik.

Kegiatan di TPA menghasilkan gas disebabkan oleh proses degradasi anaerobik dari sampah organik *biodegradable*. Komponen utama yang dihasilkan adalah gas CH₄ dan CO₂. Emisi gas rumah kaca dari kegiatan TPA dihitung menurut kondisi TPA, dalam penelitian ini adalah TPA Randegan. Perhitungan emisi gas rumah kaca yang diproduksi dari kegiatan TPA adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W_i &= \text{fraksi sampah sisa makanan} \\
 &= 48,59\% \\
 W &= \text{berat sampah makanan yang} \\
 &\quad \text{dibuang} \\
 &= 48,59\% \times \text{jumlah berat} \\
 &\quad \text{sampah makanan} \\
 &= 48,59\% \times 16104165 \text{ kg} \\
 &= 7825013,8 \text{ kg} \\
 \text{DOC}_i &= \text{nilai DOC sampah makanan} \\
 &= 15\% \\
 \text{DOC} &= \text{karbon organik yang dapat} \\
 &\quad \text{didegradasi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \text{DOC}_i \times W_i \\
&= 15\% \times 48,59\% \\
&= 0,073 \text{ Gg C / Gg sampah} \\
\text{DOCF} &= \text{fraksi DOC yang dapat terdekomposisi} \\
&= 0,5 \text{ (nilai default IPCC dengan asumsi bahwa lingkungan TPA berada dalam kondisi anaerobik)} \\
\text{MCF} &= \text{faktor koreksi metana untuk dekomposisi aerobik} \\
&= 0,8 \text{ (TPA tidak terkelola dengan air tanah tinggi atau dalam, seluruh sampah yang dibuang tidak terkelola sesuai kriteria dengan kedalaman air tanah lebih dari sama dengan 5 m)} \\
\text{DDOCm} &= \text{massa DOC yang terdekomposisi} \\
&= W \times \text{DOC} \times \text{DOCF} \times \text{MCF} \\
&= 7825013,8 \times 0,073 \times 0,5 \times 0,8 \\
&= 228130,5 \text{ kg / tahun} \\
&= 0,23 \text{ Gg / tahun} \\
F &= \text{fraksi timbulan gas metan pada landfill} \\
&= 0,5 \text{ (nilai default IPCC)} \\
\text{OX} &= \text{faktor oksidasi pada periode waktu T} \\
&= 0 \text{ (TPA tidak terkelola)} \\
\text{Lo} &= \text{potensi produksi gas metan (Gg CH}_4\text{)} \\
&= \text{DDOCm} \times F \times \frac{16}{12} \\
&= 0,23 \times 0,5 \times \frac{16}{12} \\
&= 0,152 \text{ Gg / tahun} \\
R &= \text{gas metan ter-recovery pada periode waktu T} \\
&= 0,000150 \text{ Gg}
\end{aligned}$$

Sehingga estimasi emisi gas CH₄ dan CO₂ dari kegiatan TPA adalah:

$$\begin{aligned}
\text{Emisi CH}_4 &= [\text{Lo} - \text{RT}] \times (1 - \text{OX}_T) \\
&= (0,152 - 0,000150) \times (1 - 0) \\
&= 0,152 \text{ Gg} = 152 \text{ ton/tahun} \\
\text{Emisi CO}_2 &= \text{emisi of CH}_4 \times \left(\frac{1-F}{F} + \text{OX} \right) \times \frac{44}{16} \\
&= 0,152 \times \left(\frac{1-0,5}{0,5} + 0 \right) \times \frac{44}{16} \\
&= 0,418 \text{ Gg/tahun} \\
&= 418 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan emisi CH₄ dan CO₂ sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Emisi CH₄ dan CO₂ di TPA Randegan Tahun 2023

No	Jenis Sampah	Wi (%)	DOCi	Emisi GRK Sampah			
				Rumah Tangga		Sejenis Sampah Rumah Tangga	
				Emisi CH ₄ (Gg/tahun)	Emisi CO ₂ (Gg/tahun)	Emisi CH ₄ (Gg/tahun)	Emisi CO ₂ (Gg/tahun)
1	Sampah Biodegradable						
	Sampah sisa makanan	48,59%	15%	0,152	0,418	0,0340	0,0935
	Sampah taman/jalan	10,43%	20%	0,0093	0,026	0,0021	0,0057
	Sampah sayuran	7,58%	15%	0,00049	0,0014	0,0001	0,0003
	Total	66,6%	45%	0,162	0,4454	0,0362	0,0995

No	Jenis Sampah	Wi (%)	DOCi	Emisi GRK Sampah			
				Rumah Tangga		Sejenis Sampah Rumah Tangga	
				Emisi CH ₄ (Gg/tahun)	Emisi CO ₂ (Gg/tahun)	Emisi CH ₄ (Gg/tahun)	Emisi CO ₂ (Gg/tahun)
2	Plastik	13,22%	0%	0,000	0,000	0,0000	0,0000
3	Logam	0,34%	0%	0,000	0,000	0,0000	0,0000
4	Tekstil	2,95%	24%	0,0009	0,0025	0,0002	0,0006
5	Gelas	0,42%	0%	0,000	0,000	0,0000	0,0000
6	Kayu	4,23%	43%	0,0033	0,0091	0,0007	0,0020
7	Kertas	6,43%	40%	0,0071	0,0195	0,0016	0,0044
8	Lain-lain	0,50%	0%	0,000	0,000	0,0000	0,0000
Total		100,0%		0,173	0,476	0,0387	0,1065

Hasil perhitungan menunjukkan pada proyeksi tahun 2023 tingkat emisi gas CH₄ dari sampah rumah tangga sebesar 0,173 Gg/tahun dan dari sampah sejenis sampah rumah tangga di TPA Randegan sebesar 0,0387 Gg/tahun. Nilai total emisi gas rumah kaca diperoleh dengan menjumlah hasil ekivalensi seluruh emisi gas rumah kaca dari aktivitas pengolahan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga di TPA Randegan Kota Mojokerto setiap tahunnya.

Jenis sampah yang memproduksi gas rumah kaca terbesar dari sampah rumah tangga adalah sampah makanan, sedangkan estimasi emisi gas rumah kaca dari sampah sejenis sampah rumah tangga adalah 0,26 Gg CH₄/tahun dan 0,73 Gg CO₂/tahun. Jenis institusi yang memproduksi gas rumah kaca terbesar dari sampah sejenis sampah rumah tangga berasal dari sampah industri. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Emisi GRK dari TPA Randegan

Tahun	Emisi GRK (Gg/tahun)			
	Sampah Rumah Tangga		Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga	
	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂
2016	0,165084	0,453981	-	-
2017	0,166285	0,457285	0,036837	0,101443
2018	0,167420	0,460405	0,037159	0,102188
2019	0,168567	0,463558	0,037464	0,103025
2020	0,169717	0,466721	0,037771	0,103871
2021	0,170875	0,469906	0,038081	0,104723
2022	0,172045	0,473124	0,038394	0,105583
2023	0,173223	0,476363	0,038709	0,106451
Total	1,353216	3,721344	0,264415	0,727283

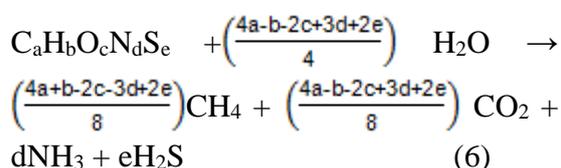
Estimasi emisi gas CH₄ dan CO₂ dari kegiatan TPA ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Emisi GRK

No	Jenis	Emisi GRK (Gg/tahun)
1	CH ₄	1,617631
2	CO ₂	4,448627

Laju pembentukan gas di TPA dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu komposisi sampah. Komposisi sampah akan menentukan kandungan nutrisi yang memiliki peran penting dalam pembentukan gas. Hal ini sesuai dengan yang menyatakan bahwa sampah organik yang dibuang ke TPA adalah faktor terbesar yang memengaruhi kualitas emisi gas dari TPA karena mengandung karbon organik mudah terdegradasi (DOC). Jumlah biomassa yang terdegradasi secara anaerobik mempunyai nilai tinggi sehingga emisi CO₂ dan CH₄ juga sangat tinggi.

Sampah yang dibuang akan mengalami proses dekomposisi biologis yang terjadi secara aerobik dalam waktu singkat hingga terjadi penipisan oksigen awal. Proses aerobik akan menghasilkan gas utama dalam pembentukan CO₂. Setelah oksigen yang tersedia dikonsumsi, proses dekomposisi terjadi secara anaerobik dan zat organik akan terkonversi menjadi CO₂, CH₄, dan sejumlah amonia, dan hidrogen sulfida. Reaksi dekomposisi anaerobik yang terjadi di TPA dapat dilihat pada Persamaan 6 (Tchobanoglous, et.al, 1993).



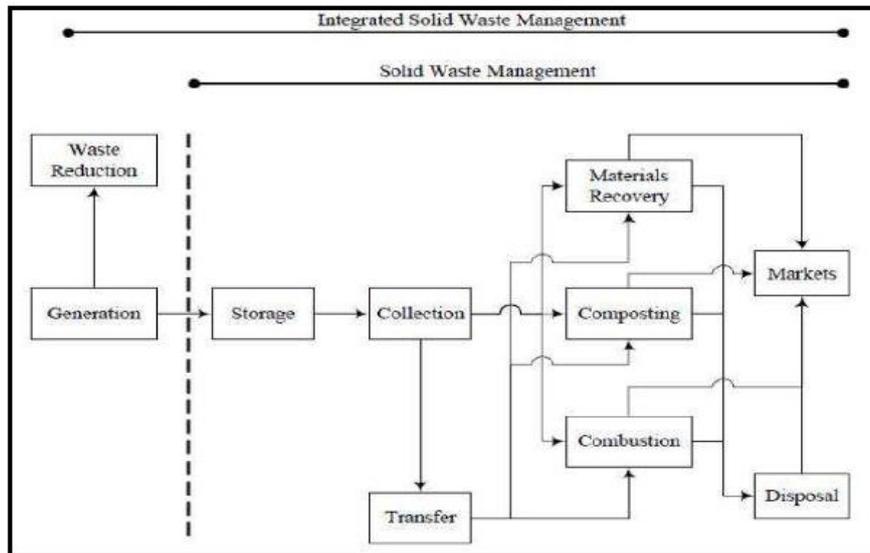
Strategi Pengelolaan Sampah

Rerata komposisi sampah di TPA Randegan didominasi oleh sampah organik yang tinggi (sekitar 48,59%) sehingga pengolahan yang dialami secara biologis akan menghasilkan gas dalam jumlah yang sangat besar. Timbulnya gas-gas CH₄ dan CO₂ berdampak langsung pada pemulung di TPA Randegan. Pemulung memiliki risiko tinggi untuk tertular penyakit karena bekerja di tempat yang tidak kondusif. Keluhan utama yang dialami pemulung biasanya berupa gangguan sistem pernapasan seperti batuk, sesak napas, dan nyeri dada. Menurut hasil penelitian di TPA Mrican (Akbar dan Agung, 2016), pemulung yang bekerja setiap hari di TPA, kekebalan terhadap infeksi saluran pernapasan atas (keluhan gangguan pernapasan) akan berkembang dengan sendirinya dalam tubuh pemulung, sehingga mereka tidak merasakan keluhan gangguan pernapasan seperti batuk, nyeri dada, dan sesak napas. Namun beberapa pemulung yang tidak merasakan keluhan gangguan pernapasan sama sekali menyatakan bahwa pada awal bekerja sebagai pemulung, mereka memang mengalami keluhan gangguan pernapasan (batuk, nyeri dada, dan sesak napas) dengan keluhan paling sering yaitu batuk dengan rasa mual yang sangat. Bau yang berasal dari proses dekomposisi sampah di TPA menjadi penyebab rasa mual yang dialami pemulung.

Pengelolaan sampah terpadu dipahami sebagai suatu proses untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan dengan cara mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA, memaksimalkan pemulihan sampah untuk bahan daur ulang dan energi, dan

meminimalkan pencemaran lingkungan. Pengelolaan sampah terpadu yang dikembangkan memberikan penekanan pada penanganan sampah di sumber asalnya dengan cara reduksi pada Gambar

2. Secara hirarki, dari empat hirarki pengelolaan sampah kota terpadu, yaitu reduksi sampah di sumber, daur ulang, transformasi sampah, dan pembuangan (Tchobanoglous, et.al, 1993).



Gambar 2. Neraca Massa Pengomposan Sampah

Pengomposan merupakan salah satu yang dianjurkan dalam menangani pengurangan emisi. Kementerian Lingkungan Hidup dengan bantuan Bank Dunia sejak beberapa tahun yang lalu memperkenalkan subsidi kompos yang dihasilkan, untuk merangsang pertumbuhan penanganan sampah melalui pengomposan. Dari pengomposan 1,9 ton sampah dapat dihasilkan satu ton kompos, sedangkan satu ton sampah jika ditimbun di *landfill* dapat menghasilkan 0,20-0,27 metana. Dengan demikian, dengan menghasilkan satu ton kompos, emisi gas rumah kaca sebesar 0,21-0,29 ton metana atau 5-7 ton karbon dioksida ekuivalen dapat dicegah (Suprihatin, dkk, 2008). Sedangkan untuk menangani sampah sejenis sampah rumah tangga, dapat mengoptimalkan reduksi atau pengolahan dari sumber. Untuk sampah dari institusi

pendidikan dapat melakukan pengembangan program Bank Sampah Sekolah dengan konsep 3R (*Reduce*, *Reuse*, dan *Recycle*). Sampah yang dihasilkan sekolah kebanyakan adalah jenis sampah kering berupa kertas, plastik, dan sedikit logam. Melalui bank sampah, sampah akan diolah menjadi barang-barang kerajinan sesuai dengan ide dan kreatifitas siswa, sedangkan sampah yang tidak dapat diolah akan dijual ke pengepul sampah. Hasil kreatifitas dapat menjadi barang kebutuhan rumah tangga, seperti tas jinjing, kotak pensil, map, tempat sepatu, serta masih banyak jenis barang lainnya. Untuk sampah dari institusi kesehatan, limbah non medis diklasifikasi sebagai limbah non infeksius. Untuk pengelolaannya, sampah non medis dipisahkan dari sampah medis

menggunakan kantong-kantong plastik berwarna hitam ukuran 60 cm x 100 cm dan 50 cm x 75 cm. Sarana bak atau tempat sampah yang digunakan harus cukup merata dan dalam kondisi baik/tidak cacat. Pengangkutan rata-rata dilakukan sekali dalam sehari, pada pagi/sore hari dari tiap unit. Pembuangan untuk sampah non medis di Tempat Penampungan Sementara (TPS) berupa 1 buah kontainer terbuka dengan kapasitas 12 m³. Selanjutnya kontainer tersebut ditangani oleh Dinas Kebersihan Kota Mojokerto ke TPA Randegan sebanyak tiga kali dalam seminggu.

Pada pengelolaan sampah dari industri, persoalan mendasar dalam penanganan dan pengelolaan limbah yaitu tentang minimnya pengetahuan pelaku usaha, utamanya dari kelompok industri kecil. Hal ini dapat dilakukan dengan memulai tahapan sumber produksi yang minim menghasilkan limbah. Artinya, bahan baku yang baik berpengaruh pada hasil dengan limbah minim dan proses produksi yang baik juga berpengaruh terhadap hasil akhir dan minimalisasi limbah.

Untuk sampah pasar yang dominan oleh sampah organik, maka perlu dilakukan pemanfaatan sampah organik menggunakan *composting* atau pembuatan rumah kompos. Untuk sampah dari hotel dan penginapan, aktifitas edukasi pengelolaan sampah hotel secara terpadu dapat dilakukan dengan dasar konsep 3R sehingga menciptakan suatu sistem yang saling menguntungkan diantara pengelola, hotel/restoran, pengangkut sampah, dan peternak serta pihak lain yang ikut terlibat. Pengelolaan sampah dengan Metode CDM sangat efektif (Kusuma, 2015).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Sampah rumah tangga di Kota Mojokerto dari tahun 2016–2023 menghasilkan emisi GRK gas CH₄ sebesar 1,353 Gg/tahun dan CO₂ 3,72 Gg/tahun.
2. Sampah sejenis sampah rumah tangga di Kota Mojokerto dari tahun 2017–2023 menghasilkan emisi GRK gas CH₄ sebesar 10,26 Gg/tahun dan CO₂ 0,73 Gg/tahun.
3. Strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan aktifitas pengelolaan sampah dalam rangka mendukung mitigasi pengurangan GRK dan emisi rumah kaca adalah meningkatkan upaya pengomposan di TPA Randegan Kota Mojokerto.
4. Strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan aktifitas pengelolaan sampah dalam rangka mendukung mitigasi pengurangan gas rumah kaca dan emisi rumah kaca adalah menerapkan upaya bank sampah di kawasan sekolah, mengelola pewadahan dan pengolahan dengan insinerator terpadu bagi kawasan rumah sakit, menggalakkan Sistem 3R untuk industri kecil dan hotel, serta menerapkan *composting* untuk sampah pasar.
5. Upaya saat ini yang telah dilakukan di TPA Randegan adalah mengembangkan lahan TPA menjadi daerah wisata, sehingga rekomendasi yang dapat diberikan sesuai RAN GRK dari BAPPENAS yaitu menerapkan TPA *sanitary landfill* dengan pengolahan 3R, serta mendorong reduksi sampah melalui pengomposan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R.A., dan Agung, T. 2016. Pengaruh Paparan CH₄ dan H₂S terhadap Keluhan Gangguan Pernapasan Pemulung di TPA Mrican Kabupaten Ponorogo
- Kusuma, M.N. 2015. Faktor Emisi Energi Tidak Terbarukan Pada Pembangkit Listrik Jawa Timur. *Journal of Research and Technology*. Vol 1, No. 1.
- Kusuma, M.N. 2015. Jejak Kaki Karbon Pada Industri Air Minum Dalam Kemasan. *Journal of Research and Technology*. Vol 1, No. 1.
- Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan. 2018. Rencana Aksi Daerah (RAD) Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2010-2030. Palembang, Indonesia: Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan
- Rahmawati, Aisa. 2013. Gas Rumah Kaca, Dampak, dan Sumbernya. *Jurnal Pencemaran Udara*.
- Suprihatin, N. S. Indrasti, dan M. Romli. 2008. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*.
- Tchobanoglous, Hillary Theisen, Samuel, and Vigit. 1993. *Integrated Solid Waste Management: International Edition*.
- Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.