

TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA TPA

TAMANGAPA



DISUSUN OLEH :

ERNNY OKTAFIANI WUNANTO

D12116011

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : **Studi Perbandingan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca TPA Tamangapa**

Disusun Oleh :

Nama : **Ernny Oktafiani Wunanto** D12116011

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 12 Juli 2021

Pembimbing I

Dr. Eng. Asiyanthi T Lando, S.T., M.T.
NIP. 198001202002122002

Pembimbing II

Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T.
NIP. 197312012000122001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
Nip. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini Ernny Oktaviani Wunanto, dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul "**Studi Perbandingan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca TPA Tamangapa**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapat gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam tugas akhir yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam tugas akhir ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Gowa, 12 Juli 2021

Yang Membuat Pernyataan



Ernny Oktaviani Wunanto

D12116011

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahuwata'ala karena atas berkat rahmat dan ridhoNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul “**Studi Perbandingan Estimasi Emisi Metana TPA Tamangapa**”. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi ummat yang membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis. Pencapaian tugas akhir ini tidak terlepas dari jasa-jasa orang tua penulis. Ungkapan terima kasih yang tulus penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta Ayahanda Fadjaruddin Wunanto dan Ibunda Hasniati Arifin atas doa – doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah dan yang telah mencurahkan segenap kasih sayang yang tak terbatas serta segala bentuk motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan sampai di tingkat perguruan tinggi, serta untuk seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan support dan doa demi kelancaran penelitian ini.

Dalam proses penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, penulis sangat terbantu oleh banyak pihak, karenanya penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak waktu, tenaga, dan pikiran selama penulis melaksanakan penyusunan tugas akhir ini..

2. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T., selaku Kepala Lab Riset Sanitasi dan Persampahan yang terus memberikan dorongan selama penelitian.
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama perkuliahan di kampus.
7. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Teknik Lingkungan Ibu Sumiati dan Pak Olan serta staf S1 Fakultas Teknik Pak Sawali yang banyak membantu dalam proses administrasi tugas akhir dari penulis.
8. Kepada teman seperjuangan daerah asal, Melda, Fabian, Nuzul, Idil, Tora, Ulan yang telah mengisi dan menemani perkuliahan dari awal semester.
9. Kepada sahabat terkasih Melda yang sudah memberikan banyak bantuan serta dukungan, selalu setia menjadi pendengar keluh kesah dan curhatan penulis.
10. Terspesial kepada sahabat selama perkuliahan Wini, Dala, Nadiah yang selalu hadir mendengarkan, menemani dan memberi dukungan untuk penulis ditengah perkuliahan hingga hari ini.
11. Teruntuk teman-teman terdekat, Dewi, Chika, Lisa, Ema, Dala, Nadiah, Alma, Sabda, Wini, Mila, Sasha, Nisa, Fachmy (KOZONG) yang mengisi hari hari penulis serta tanpa henti mendukung penulis.

12. Terima kasih teman-teman KKN se-posko Pulau Batang Lampe, Pulau Sembilan, Sinjai yang mewarnai masa KKN, dan membantu segala keterbatasan penulis dalam segi bahasa selama KKN.
13. Teruntuk Dewi patner KP di RSPAD Gatot Subroto, terima kasih sudah berjuang bersama saat KP hingga kita harus menghadapi awal masa pandemi di RS rujukan pasien *Covid-19*.
14. Kepada sodara Sayang-Nitasi yang telah memotivasi, memberikan canda dan saling berbagi satu sama lain. Terima kasih telah bersedia berjuang bersama dan membuat drama perkuliahan.
15. Untuk saudara(i) PATRON 2017 yang banyak melukiskan dengan mengajarkan kehidupan berharga bagi penulis selama kehidupan bermahasiswa di kampus tercinta.
16. Teruntuk sepupuku Yuni dan adik adikku Fara, Afat, terima kasih sudah menjadi pendengar, penghibur dan penasehat terbaik dikala penulis sedang gundah.
17. Terima Kasih kepada Ten, Mark, Lucas, sudah mengisi waktu penulis dengan keceriaan, hiburan, dan mengajarkan penulis tentang perjuangan dan menggapai mimpi semaksimal yang bisa dilakukan sehingga membuat penulis termotivasi. Serta sudah mengajarkan banyak kesopanan dan berlaku baik kepada orang sekitar.
18. Dan kepada rekan, sahabat, saudara dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan banyak terimakasih atas setiap bantuan dan doa yang diberikan.

Semoga Allah SWT membalaskan kebaikan kepada kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis

berharap tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, Juni 2021

Penulis,

Ernny Oktafiani Wunanto

D121 16 011

ABSTRAK

ERNNY OKTAFIANI WUNANTO. *Studi Perbandingan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca TPA Tamangapa*. (dibimbing oleh Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T. dan Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T.)

Gas rumah kaca menjadi penyebab perubahan iklim dan gas metana menjadi salah satu penyebab gas rumah kaca. Potensi produksi gas rumah kaca berkaitan dengan timbulan sampah. Timbulan sampah yang semakin tinggi tanpa pengolahan lebih lanjut khususnya sampah organik akan menimbulkan emisi metana yang semakin tinggi. Tahun 2020 merupakan tahun terjadinya pandemi COVID-19 pemberlakuan kebijakan pembatasan sosial membuat segala aktivitas harus dilakukan di rumah hingga sampah bersumber dari rumah tangga meningkat. Sampah organik di TPA Tamangapa pada tahun ini meningkat maka produksi emisi metana akan meningkat dan akan berkontribusi besar pada efek dari gas rumah kaca. Emisi metana yang dihasilkan dari timbulan sampah merupakan hasil dekomposisi anaerobik dari bahan organik dalam sampah. Tujuan penelitian ini untuk mengestimasi emisi gas rumah kaca di Kota Makassar serta mengetahui perbandingan total emisi pada kondisi pandemi COVID-19. Perhitungan emisi metana menggunakan metode rumus IPCC 2006 dan terdapat nilai default untuk setiap komposisi sampah. Hasil penelitian menunjukkan nilai potensi emisi metana di TPA Tamangapa tahun 2019 perbulannya sebesar 4,298 Gg. Dan pada tahun 2020 emisi metana terjadi peningkatan hingga 10,46 Gg.

Kata kunci: Emisi metana, gas rumah kaca, sampah organik, tahun 2020.

ABSTRACT

ERNNY OKTAFIANI WUNANTO. *Study of Comparative of Greenhouse Substance Estimation TPA Tamangapa.* (supervised by Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T. dan Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T.)

Greenhouse gases are the cause of climate change and methane is one of the causes of greenhouse gases. The potential for greenhouse gas production is related to waste generation. The higher waste generation without further processing, especially organic waste, will cause higher methane emissions. The year 2020 is the year of the COVID-19 pandemic, the implementation of social application policies makes activities must be carried out at home until all sources from the household increase. The waste in the Tamangapa TPA this year increases, the methane emissions will increase and will increase the effect of greenhouse gases. Methane emissions resulting from waste generation are the result of anaerobic decomposition of organic matter in waste. The purpose of this study was to estimate greenhouse gas emissions in Makassar City and to find out the comparison of total emissions in the COVID-19 pandemic conditions. Calculation of methane emissions uses the 2006 IPCC value method and there are standards for each waste composition. The results showed the potential value of methane emissions at the Tamangapa TPA in 2019 per month was 4,298 Gg. And in 2020 methane emissions will increase to 10.46 Gg.

Keywords: Methane emissions, greenhouse gases, organic waste, 2020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I	ii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Rumusan Masalah	3
Tujuan Penelitian.....	3
Manfaat Penelitian.....	4
Batasan Masalah.....	4
Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
Sampah	6
Jenis-jenis Sampah	8
Timbulan Sampah.....	9
Komposisi Sampah.....	11
Pengaruh Sampah	11
Proses Degradasi Sampah	14
Produksi Gas.....	15
Pemanasan Global	23
Gas Rumah Kaca	24
BAB III	26
METODE PENELITIAN	26

Gambaran Lokasi Penelitian.....	26
Bagan Alir Penelitian	26
Kerangka Penelitian	27
Pengolahan Data.....	28
BAB IV	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	31
Data Penelitian	31
Pengolahan Data.....	34
BAB V	46
PENUTUP	46
Kesimpulan.....	46
Saran.....	47

Daftar Tabel

Tabel 1. Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota	9
Tabel 2. Komposisi Sampah Domestik.....	12
Tabel 3. Tipikal Komposisi Sampah Domestik (% berat basah)	12
Tabel 4. Komponen Gas pada Tempat Pembuangan Sampah	18
Tabel 5. Indeks GWP beberapa GRK terhadap CO ₂ dalam 100 tahun.....	23
Tabel 6. Nilai Default untuk Timbulan Sampah.....	28
Tabel 7. Nilai Default Untuk Timbulan Sampah Perkarakteristik	28
Tabel 8. Timbulan Sampah di TPA Tamangapa.....	32
Tabel 9. Karakteristik Timbulan Sampah Kota Makassar	32
Tabel 10. Timbulan Sampah Perbulan Tahun 2019 dan 2020	33
Tabel 11. Emisi Metana dari Timbulan Sampah Perbulan Tahun 2019	35
Tabel 12. Emisi Metana dari Timbulan Sampah Perbulan tahun 2020.....	37
Tabel 13. Komposisi Sampah Tahun 2019 dan 2020	42
Tabel 14. Emisi Metana Berdasarkan Komposisi Sampah	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses Degradasi Sampah	15
Gambar 2. TPA Tamangapa.....	26
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian	27
Gambar 4. Timbulan Sampah TPA Tamangapa Tahun 2019	33
Gambar 5. Timbulan Sampah TPA Tamangapa Tahun 2020	34
Gambar 6. Emisi metana (CH ₄) dari timbulan sampah TPA tahun 2019	36
Gambar 7. Emisi Metana (CH ₄) dari Timbulan Sampah TPA tahun 2020.....	39
Gambar 8. Presentasi Emisi Metana perbulan tahun 2019 dan 2020.....	45
Gambar 9. Emisi Metana berdasarkan komposisi sampah di TPA tahun 2020	45

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Banyak penelitian telah mengamati perubahan luar biasa dari dekade ke abad, hingga 1950 ketika pemanasan global menjadi semakin nyata. Atmosfer dan lautan memanas, jumlah es dan salju berkurang, permukaan laut naik, dan konsentrasi gas rumah kaca meningkat. Emisi gas rumah kaca yang berkelanjutan akan menyebabkan pemanasan yang lebih besar dan perubahan di semua bagian sistem iklim. (Sudarman, 2010).

Gas rumah kaca adalah gas-gas yang ada di atmosfer yang menghambat radiasi matahari yang dipantulkan oleh bumi dan membuat suhu di bumi menghangat. Gas ini berasal dari aktivitas manusia seperti pembakaran, kendaraan bermotor, dan sebagainya (Newby, 2007). Porteus (1992) dalam Sudarman (2010) menjelaskan bahwa terdapat beberapa gas yang memiliki efek rumah kaca seperti CFC, CO₂, CH₄, NO_x, O₃, dan H₂O. Dan gas metana (CH₄) memiliki potensi 20-30 kali lebih kuat dari karbon dioksida (CO₂).

Potensi timbulan gas rumah kaca berkaitan dengan timbulan dan komposisi sampah, khususnya sampah organik. Sampah organik bertanggung jawab atas terbentuknya gas metana (CH₄). Emisi gas metana dihasilkan oleh limbah yang dihasilkan oleh dekomposisi anaerobik bahan organik dalam limbah. Semakin banyak sampah dari TPA yang belum diolah lebih lanjut akan menghasilkan emisi metana (CH₄) yang lebih banyak.

Sektor limbah menyumbangkan gas rumah kaca ke atmosfer dimana khusus dari TPA – TPA yang ada berkontribusi antara 3 - 4% dari emisi gas rumah kaca

global. Walau terdapat banyak jenis gas rumah kaca dari sektor persampahan ini, namun yang dianggap dominan dan harus ada dalam setiap laporan *National GHGs Inventory* adalah CO₂, CH₄, N₂O (IPCC, 2006).

Hasil penelitian sebelumnya dari Lando, et.al., 2016 dan Lando, et.al., 2017 menunjukkan bahwa konsentrasi dan emisi metana dari TPA Tamangapa berada pada kisaran 12 – 445 ppm untuk konsentrasi metana dan 2,44 – 18 Gg/tahun untuk emisi metana.

Saat ini dunia sedang menghadapi situasi pandemi virus COVID-19. Jutaan orang yang tidak terinfeksi penyakit ini membuat kehidupan berubah. Di beberapa negara menerapkan karantina wilayah yang ketat alias *Lockdown*. Semua orang diperintahkan untuk tinggal di rumah. Industri penerbangan ditutup, perkantoran, sekolah hingga tempat-tempat hiburan ditutup. Semua perubahan ini menyebabkan jumlah emisi terutama di kota-kota besar berkurang.

Jumlah emisi dan polusi terutama di kota-kota besar di Indonesia berkurang sejak diterapkannya Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) sehingga menghambat perubahan iklim. Namun di sisi lain, ada ancaman pencemaran lainnya yang tidak serta merta hilang berupa sampah atau limbah dari aktivitas masyarakat. Adanya kebijakan pelarangan aktivitas di luar rumah selama pandemi COVID-19 membuat sampah bersumber dari lokasi publik serta komersial menurun, tetapi sampah bersumber dari sampah rumah tangga terjadi peningkatan.

Kota Makassar merupakan kota terbesar kesepuluh di Indonesia menurut jumlah penduduknya, yaitu sebesar 1.513.124 jiwa (Badan Pusat Statistika Kota Makassar, 2021).

Berdasarkan laporan dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar, produksi sampah harian yang masuk di TPA Tamangapa tidak memengaruhi meski berlangsung pembatasan sosial berskala besar. Produksi sampah tidak berkurang karena aktivitas masyarakat tidak banyak berubah. Pemerintah kota memberi

kebijakan roda ekonomi hingga pabrik-pabrik dan perusahaan tetap berjalan (Ramadan, 2020).

Pemrosesan akhir sampah Kota Makassar menggunakan sistem *landfilling* yang terletak di Tamangapa. Komposisi terbesar dari sampah yang masuk ke TPA Tamangapa yaitu sampah sisa makanan, sampah sisa kebun, plastik, dan kardus. Pada masa pandemi COVID-19 sampah rumah tangga paling dominan diantara berbagai kategori sampah. Sampah yang dihasilkan umumnya sampah organik seperti sisa makanan, sayuran dan sebagainya.

Berdasarkan gambaran diatas perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perhitungan timbulan sampah yang diperoleh dari Dinas Badan Lingkungan Hidup Kota Makassar yang akan menjadi acuan untuk mengetahui kandungan gas dari timbulan sampah kota Makassar. Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini berjudul **“Studi Perbandingan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca di TPA Tamangapa”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana mengestimasi emisi gas rumah kaca di Kota Makassar.
2. Bagaimana perbandingan total emisi pada kondisi pandemi corona virus, karantina, dan *New Normal*.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengestimasi emisi gas rumah kaca di Kota Makassar.
2. Mengetahui perbandingan total emisi pada kondisi pandemi corona virus, karantina, dan *New Normal*.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas dari emisi metana yang terdapat di TPA Tamangapa, dapat dijadikan sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi pemerintah dalam proses pengendalian jumlah timbulan sampah. Agar dapat mengurangi pemanasan global dan perubahan iklim dimasa yang akan datang.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah diuraikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan TPA Tamangapa sebagai lokasi penelitian
2. Penelitian ini membahas timbulan sampah di TPA pada tahun sebelum terjadinya pandemi, karantina wilayah, hingga berlakunya *New Normal*.
3. Perhitungan estimasi emisi metana berasal dari aktivitas penimbunan di TPA Tamangapa di TPA pada tahun sebelum terjadinya pandemi, karantina wilayah, hingga berlakunya *New Normal*.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang studi yang mendasari pengangkatan tema pada tugas akhir ini, permasalahan yang berisi tentang masalah yang hendak dipecahkan oleh penulis, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan, batasan masalah untuk mempersempit ruang lingkup, dan sistematika penulisan laporan yang dipakai dalam tugas akhir ini sehingga bisa dipahami secara sistematis.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang pengelolaan sampah perkotaan serta Standar Nasional Indonesia tentang persampahan.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang urutan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian yang beberapa survey dan investigasi langsung dilapangan.

BAB IV. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan membahas tentang bagaimana memecahkan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini dengan metode teknik sampling sampah dan bantuan perhitungan lainnya.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi penjelasan hasil penelitian dan kesimpulan dari penyelesaian masalah yang diangkat serta memberi saran bagi penelitian selanjutnya untuk pengembangan lokasi di masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu sebagai panduan, perbandingan dalam melakukan penelitian yang terkait dengan estimasi emisi gas rumah kaca di TPA.

Sari, M A, 2018, dalam penelitiannya menjelaskan estimasi emisi metana di kota Makassar menggunakan rumus IPCC 2006. Selain itu, menjelaskan pula prediksi emisi metana di kota Makassar untuk 10 tahun kedepan. Dalam penelitiannya menggunakan data jumlah penduduk dan timbunan sampah serta timbunan sampah perkomposisi 7 tahun sebelumnya, lalu menghitung prediksi untuk 10 tahun kedepan. Menghasilkan emisi metana di kota Makassar yang berasal dari TPA mencapai 2,240 Gg. Dengan prediksi pada tahun 2026 emisi metana di kota Makassar mencapai 5,047 Gg.

Mandayani, R, 2015, dalam penelitiannya menjelaskan perbandingan emisi gas rumah kaca berupa CH₄, N₂O, dan CO₂ serta proyeksi untuk 10 tahun kedepan. Selain itu menjelaskan perbandingan emisi gas rumah kaca dari setiap aktivitas pengelolaan sampah di TPA Talangagung Malang. Hasil dalam penelitian ini menyimpulkan bahwa, proyeksi emisi gas rumah kaca akan terus meningkat bila tidak adanya reduksi sampah. Pada penelitian ini pengelolaan sampah berasal dari aktivitas *Open Dumping* lebih besar dari aktivitas pengomposan. Kegiatan pengomposan

Jaisyullah, U A, 2017, melakukan penelitian di TPA Benowa Malang. Dalam penelitian ini menjelaskan tentang potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari timbunan sampah di TPA Benowa serta memberikan rekomendasi program

pengelolaan emisi gas rumah kaca. Dalam penelitian ini menggunakan rumus dari IPCC 2006 dan menggunakan tiga skenario. Skenario pertama kondisi eksisting TPA ditahun penelitian, skenario kedua dengan reduksi dengan metode komposting di sumber penelitian dan skenario ketiga reduksi dari metode komposting dan pemilahan disumber. Pemilihan ini menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dengan bantuan software *Expert Choice*. Selain itu penelitian ini juga melakukan perbandingan antara teknologi konversi gas metan menjadi listrik, konversi gas metan menjadi biogasm dan penghancuran gas metan, dan penghancuran gas metana menggunakan metode *Enclosed Flaring*. Hasil yang didapatkan dari perbandingan ini adalah teknologi konversi gas metan menjadi listrik lebih baik dibandingkan dengan teknologi konversi gas metan menjadi biogas dan flaring. Hal ini terjadi karena pemanfaatannya yang tinggi dan mampu *removal* emisi metana secara penuh.

B. Sampah

Sampah adalah bahan yang terbuang dari hasil aktivitas manusia maupun alam yang belum memiliki nilai ekonomis (Purwanta, 2009). Menurut *World Health Organization (WHO)* sampah adalah sesuatu yang tidak dipakai, tidak digunakan, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan juga tidak terjadi dengan sendirinya (WHO dalam Chandra, 2006). Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menyebutkan bahwa sampah adalah sisa aktivitas sehari hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008, sampah yang dikelola terdiri atas sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga, dan sampah spesifik. Sampah sejenis sampah rumah tangga berasal dari kawasan komersial,

kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan lain-lain. Sampah spesifik yaitu sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun, sampah yang timbul akibat bencana, sampah bongkaran bangunan, dan sampah yang timbul secara tidak periodik.

Limbah padat yang umum diolah di TPA adalah limbah domestik (*Municipal Solid Waste*), limbah padat industri (B3 dan non B3), limbah klinis (rumah sakit), dan lain-lain. Limbah padat domestik adalah sampah yang berasal dari daerah pemukiman, pertamanan, pasar, area komersial dan lain-lain di daerah perkotaan umumnya diolah di TPA sedangkan limbah domestik daerah pedesaan umumnya diolah setempat dengan cara *Open Burning* dan/atau *Open Dumping* (Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2012).

C. Jenis-jenis Sampah

Jenis sampah berdasarkan asalnya menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba secara alami (*biodegradable*), misalnya sampah dapur, sisa makanan, sayuran, kulit buah, daun dan ranting. Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan nonhayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sebagian besar sampah anorganik tidak dapat diurai oleh mikroorganisme secara keseluruhan (*unbiodegradable*), sementara sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama. Sampah jenis ini pada misalnya botol plastik, botol gelas, tas plastik, dan kaleng (Artiningsih, 2008).

Dalam Artiningsih, 2008 jenis sampah terbagi dua jenis berdasarkan bahan asalnya yaitu:

1. Sampah Organik

Sampah organik adalah buangan sisa makanan misalnya daging, sayuran, buah dan sebagainya.

2. Sampah anorganik

Sampah anorganik adalah sisa material sintetis seperti keramik, kertas, logam, kaca, plastik dan lainnya. Contoh sampah dari zat anorganik adalah potongan-potongan dari logam, berbagai jenis batu-batuan tulang belulang, pecahan gelas dan lainnya. Jenis sampah ini, melihat fisiknya keras maka baik untuk peninggian peninggian tanah rendah atau dapat pula untuk memperluas jalan setapak. Tetapi jika rajin mengusahkannya sampah dari logam tersebut dapat kembali dilebur untuk dijadikan barang yang berguna, batu-batuan untuk mengurung tanah yang rendah atau memperkeras jalan setapak, tulang-belulang bila dihaluskan (dan diproses) dapat untuk pupuk, pecahan gelas dapat dilebur kembali dan dijadikan barang-barang berguna, dan lain-lain.

C. Timbulan Sampah

Timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan *volume* ataupun berat perkapita per hari, atau perluas bangunan atau perpanjangan jalan (SNI 19-2454-2002). Besaran timbulan sampah menurut SNI 19-3983-1995 untuk kota sedang memiliki laju timbulan *volume* 2,75 – 3,25 L/orang/hari dan berat 0,7–0,8 kg/orang/hari sedangkan untuk kota kecil memiliki laju timbulan *volume* 2,5 – 2,75 L/orang/hari dan berat 0,625 – 0,7 kg/orang/hari. Sebagai contoh laju timbulan sampah domestik di Kota Surabaya adalah 3 liter/orang/hari (PPSP, 2011).

Tabel 1. Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota

No	Klasifikasi Kota	Volume (l/orang.hari)	Berat (kg/hari.orang)
1	Kota Sedang (100.000-500.000 jiwa)	2,75-3,25	0,70-0,80
2	Kota Kecil (20.000-100.000 jiwa)	2,50-2,75	0,624-0,70

Sumber: SNI 10-3983-1995

Data timbulan sampah sangat penting diketahui untuk menentukan fasilitas setiap unit pengelolaan sampah dan kapasitasnya misalnya fasilitas peralatan, kendaraan pengangkut, rute angkutan, fasilitas daur ulang, luas dan jenis TPA. Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), sumber timbulan sampah dapat dibagi sebagai berikut:

1. Sampah yang berasal dari pemukiman (*residential*)

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil kegiatan rumah tangga, baik keluarga kecil atau besar, dari kelas bawah sampai kelas atas. Sampah ini terdiri dari sampah makanan, kertas, tekstil, sampah pekarangan, kayu, kaca, kaleng, aluminium, debu atau abu, sampah di jalanan, sampah elektronik seperti baterai oli dan ban.

2. Sampah daerah pusat perdagangan

Sampah seperti ini terdiri dari sampah-sampah hasil aktivitas di pusat kota dengan tipe fasilitas seperti toko, restoran, pasar, bangunan kantor, hotel, motel, bengkel, dan sebagainya yang menghasilkan sampah seperti kertas, plastik, kayu, sisa makanan, unsur logam, dan limbah seperti limbah pemukiman

3. Sampah Institusional

Sampah seperti ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas institusi seperti sekolah, rumah sakit, penjara, pusat pemerintahan dan sebagainya yang umumnya menghasilkan sampah seperti pada sampah pemukiman. Khusus untuk sampah rumah sakit ditangani dan diproses secara terpisah dengan sampah lain.

4. Sampah Konstruksi

Sampah seperti ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas konstruksi seperti sampah dari lokasi pembangunan konstruksi, perbaikan jalan, perbaikan bangunan dan sebagainya yang menghasilkan sampah kayu, beton dan puing- puing.

5. Sampah Pelayanan Umum

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas pelayanan umum seperti daerah rekreasi, tempat olahraga, tempat ibadah, pembersihan jalan, parkir, pantai dan sebagainya yang umumnya menghasilkan sampah organik.

6. Sampah Instalasi Pengolahan

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas instalasi pengolahan seperti instalasi pengolahan air bersih, air kotor dan limbah industri yang biasanya berupa lumpur sisa ataupun limbah buangan yang telah diolah.

7. Sampah Industri

Sampah ini terdiri dari limbah-limbah hasil aktivitas pabrik, konstruksi, industri berat dan ringan, instalasi kimia, pusat pembangkit tenaga, dan sebagainya.

8. Sampah yang berasal dari daerah pertanian dan perkebunan

Biasanya berupa jerami, sisa sayuran, batang pohon, yang bisa di daur ulang menjadi pupuk.

Jumlah timbulan sampah berbanding lurus dengan jumlah penduduk dalam artian semakin banyak jumlah penduduk di suatu tempat maka semakin besar pula jumlah timblan sampah yang dihasilkan. Selain itu tingkat perekonomian serta gaya hidup juga menentukan besarnya jumlah timbulan sampah berdasarkan standar SNI 19-3983-1995 jumlah timbulan sampah untuk kota kecil adalah 2,50 – 2.75 liter/orang/hari. Sehingga persamaan jumlah timbulan sampah perharinya adalah:

Jumlah Sampah= (2,50 liter/orang/hari x jumlah penduduk)/1000= m³/hari.

D. Komposisi Sampah

Menurut SNI 19-3964-1995, komponen komposisi sampah adalah komponen fisik sampah seperti, sisa-sisa makanan, kertas-karton, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain (misalnya tanah, pasir, batu dan keramik). Dalam Damanhuri dan Pادمي (2010) menggambarkan tipikal komposisi

sampah pemukiman atau sampah domestik di kota Negara maju, dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 2. Komposisi Sampah Domestik

Kategori Sampah	% Berat	% Volume
Kertas dan bahan bahan kertas	32,98	62,61
Kayu/produk dari kayu	0,38	0,15
Plastik, kulit, dan produk karet	6,48	9,06
Kain dan produk tekstil	6,36	5,1
Gelas	16,06	5,31
Logam	10,74	9,12
Bahan batu, pasir	0,26	0,07
Sampah Organik	26,38	8,58

Sumber: Damanhuri dan Padmi, 2010

Pengelompokan sampah yang cukup sering dilakukan yaitu berdasarkan komposisinya, misalnya dinyatakan sebagai persen berat atau persen volume dari kayu, kertas, kulit, karet, logam, plastik, kain, kaca, makanan, dan lainnya. Cara pengolahan yang tepat dan yang paling efisien dapat ditentukan apabila diketahui komposisi sampahnya, sehingga dapat diterapkan proses pengolahannya. Tipikal komposisi sampah berdasarkan atas tingkat pendapatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tipikal Komposisi Sampah Domestik (% berat basah)

Komposisi	Pemukiman (Low Income)	Pemukiman (Middle Income)	Pemukiman (High Income)
Kertas	1-10	15-40	15-40
Kaca, Keramik	1-10	1-10	4-10
Logam	1-5	1-5	3-13
Plastik	1-5	2-6	2-10
Kulit, Karet	1-5	-	-
Kayu	1-5	-	-
Tekstil	1-5	2-10	2-10
Sisa Makanan	40-85	20-65	20-50
Lain-lain	1-40	1-30	1-20

Sumber: Damanhuri dan Padmi, 2010

Adapun komposisi sampah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut

(Darmasetiawan, 2004):

1. Sumber limbah padat

Komposisi limbah padat dari suatu sumber sampah akan berbeda dari suatu sumber sampah lainnya.

2. Aktifitas penduduk

Profesi dari masing-masing penduduk akan membedakan jenis sampah yang dihasilkan dari aktifitas sehari-hari.

3. Sistem pengumpulan dan pembuangan yang dipakai

Sistem pengumpulan dan pembuangan yang berbeda dari masing-masing tempat akan membedakan komposisi sampah yang perlu diketahui.

4. Geografi

Daerah yang satu dengan daerah yang lain berdasarkan letaknya akan membedakan komposisi sampah yang dihasilkan, daerah pertanian dan perindustrian akan mempunyai komposisi sampah yang berbeda.

5. Sosial ekonomi

Factor ini yang sangat mempengaruhi jumlah timbulan sampah suatu daerah termasuk disini adat istiadat, taraf hidup, perilaku serta mental dan masyarakatnya.

6. Musim/iklim

Faktor ini mempengaruhi jumlah sampah, contohnya di Indonesia misalnya musim hujan, kelihatannya sampah meningkat karena adanya sampah terbawa oleh air.

7. Teknologi

Dengan majunya teknologi maka jumlah sampah juga meningkat. Sebagai contoh, dulu tidak dikenal sampah jenis plastik tetapi sekarang plastik menjadi masalah dalam pembuangan sampah.

8. Waktu

Jumlah timbulan sampah dan komposisinya sangat dipengaruhi oleh factor waktu (harian, mingguan, bulanan, tahunan). Jumlah timbulan pada sampah dalam satu hari dapat bervariasi menurut waktu. Ini erat hubungannya dengan kegiatan manusia sehari-hari.

E. Pengaruh Sampah

Menurut Chandra, 2007 dalam Putra, 2012, Pengelolaan sampah yang baik akan memberikan pengaruh yang positif terhadap masyarakat maupun lingkungan di sekitarnya, antara lain

- sampah organik diolah dan dimanfaatkan untuk pupuk
- pengelolaan sampah dapat mengurangi tempat berkembang biak untuk serangga dan binatang pengerat
- menurunkan terjadinya kasus penyakit menular yang erat hubungannya dengan sampah
- keadaan estetika lingkungan yang bersih menimbulkan semangat hidup serta meningkatkan kualitas lingkungan
- keadaan lingkungan yang bersih akan menghemat pengeluaran dana kesehatan suatu daerah sehingga dana itu dapat digunakan untuk keperluan lain.

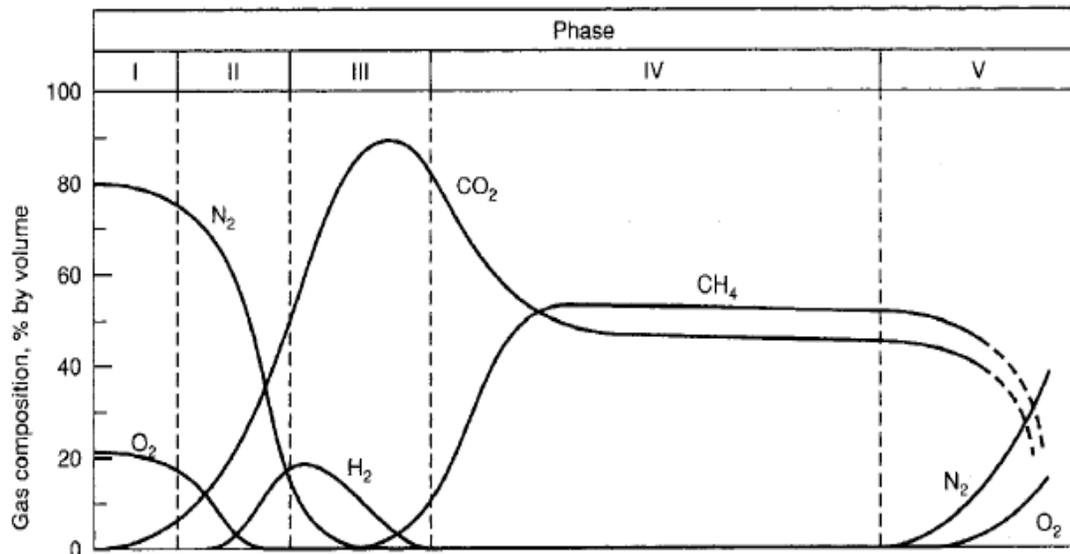
Serta menurut Chandra, 2007 dalam Putra, 2012 menyatakan bahwa pengelolaan sampah yang kurang baik dapat memberikan pengaruh sampah yang kurang baik antara lain

- tumpukan sampah menjadi tempat perkembangbiakan vektor penyakit
- terjadi kecelakaan akibat pembuangan sampah yang tidak pada tempatnya
- mengurangi estetika
- pembakaran sampah dapat menimbulkan pencemaran udara dan bahaya kebakaran yang lebih luas

F. Proses Degradasi Sampah

Sampah di landfill secara seksama dan berelasi berubah bentuk secara biologis, kimiawi, dan fisik (Wakadikar dkk., 2012). Berbagai macam reaksi terjadi di dalam landfill memiliki beberapa factor dan parameter antara lain kondisi lahan,

karakteristik sampah, dan kondisi iklim termasuk oksigen, temperature, kelembapan, dan juga nutrient.



Gambar 1. Proses Degradasi Sampah

(Sumber: Wakadikar dkk., 2012)

Pembentukan gas bergantung pada komposisi sampah yang ditimbun. Timbulan gas landfill akan dihitung berdasarkan berat kering masing-masing komposisi sampah. Degradasi sampah tidak langsung mulai saat segera ditimbun tapi ada jeda waktunya. Degradasi sampah mempunyai dua tipe yaitu tipe cepat dan tipe lambat terurai. Degradasi akan berakhir kurang lebih 50 tahun (IPCC, 2006).

G. Produksi Gas

Produksi gas yang dihasilkan pada landfill sangat bergantung dari komposisi sampah yang ada. Timbulan gas landfill akan dihitung berdasarkan berat kering masing masing komposisi sampah. Secara teoritis berdasarkan reaksi kimia ini maka gas CH_4 dan CO_2 merupakan gas yang paling dominan dihasilkan. Jumlah atau produksi gas yang dihasilkan sangat tergantung dari beberapa faktor yaitu unsur-unsur pembentukan sampah seperti karbon, hidrogen dan nitrogen serta oksigen yang

diperoleh dari analisis karakteristik sampah yaitu ultimate analysis (Tchobanoglous dkk., 1993).

Tergantung dari kecepatan degradasi sampah yang dibedakan atas sampah yang cepat terurai dan lambat terurai. Waktu untuk penguraian bahan organik yang mudah terurai adalah 5 tahun, sedangkan waktu penguraian bahan organik yang lambat terurai adalah 15 tahun. Selanjutnya proses perhitungan produksi gas dilakukan menggunakan metode segitiga. Sampah degradasi cepat yaitu sampah makanan dan kertas sedangkan sampah lambat terurai contohnya adalah plastik, kain, dan karet. Gas yang dihasilkan selama proses degradasi tidak boleh lepas begitu saja ke udara karena gas metana yang dihasilkan jika kontak dengan udara > 5% akan menimbulkan ledakan, sehingga diperlukan kontrol dan monitoring terhadap Landfill gas. Kontrol gas secara umum dapat dilakukan dengan pembakaran gas atau memanfaatkan sebagai sumber energi. Terutama untuk gas metana bisa dimanfaatkan sumber energi yang sangat potensial (Marten dan Newbold, 2012 dalam Jaisyullah, 2017).

Ketika gas mulai dihasilkan maka tekanan di dalam landfill akan meningkat sehingga memungkinkan adanya pergerakan gas di dalam landfill. Pergerakan gas bisa terjadi secara vertikal dan horisontal, jika tekanan diluar (barometrik) lebih kecil dibandingkan tekanan di dalam maka gas akan cenderung bergerak ke arah vertikal dan keluar, sedangkan jika tekanan diluar lebih besar maka gas cenderung bertahan di dalam landfill, sampai mencapai keseimbangan tekanan. Pergerakan gas sangat sulit untuk diprediksikan dari beberapa penelitian diketahui pergerakan gas metan ke arah horisontal dapat mencapai jarak lebih dari 1500 feet (Marten dan Newbold, 2012 dalam Jaisyullah, 2017).

Landfill menghasilkan gas akibat terjadinya proses degradasi anaerobik dari sampah yang mudah terdegradasi. Komponen utama yang dihasilkan yaitu metana (CH_4) dan juga Karbondioksida (CO_2). Metana (CH_4) mendapat perhatian karena

merupakan gas rumah kaca dan juga memiliki potensi kekuatan 21 kali lebih kuat dari pada Karbondioksida (CO₂) (Marten dan Newbold, 2012 dalam Jaisyullah, 2017). Karbondioksida yang diemisikan dari pengelolaan limbah padat secara biologis tidak termasuk dalam inventarisasi gas rumah kaca dari TPA karena karbondioksida dikategorikan sebagai *biogenic origin* dan dihitung sebagai *net emission*. Gas lain yang dihasilkan juga tidak dihitung dikarenakan tidak signifikan besarnya (IPCC, 2006).

Adapun beberapa penjelasan mengenai proses dekomposisi gas dari tempat pembuangan sampah sehingga menjadi gas yang berbahaya adalah sebagai berikut:

- a. Dekomposisi bakteri. Sebagian besar gas yang berada di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) dihasilkan dari dekomposisi bakteri, dimana terjadi ketika sampah organik dipecah oleh bakteri alami yang hadir dalam limbah dan di tanah yang akan digunakan untuk menutupi TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Limbah organik meliputi makanan, limbah kebun, penyapuan jalan, tekstil, produk kayu dan kertas.
- b. Volatilisasi. Gas yang dihasilkan dari limbah tertentu, terutama senyawa organik, yang akan berubah dari cairan atau padat menjadi uap. Proses ini dikenal sebagai penguapan. NMOC atau *Non-Methane Organic Compounds* di gas pembuangan sampah bisa menjadi hasil penguapan dari bahan kimia yang dibuang di tempat pembuangan akhir.
- c. Reaksi kimia yaitu Gas pembuangan sampah, termasuk NMOCs, dapat diciptakan oleh reaksi bahan kimia tertentu yang terdapat dalam limbah. Misalnya, jika klorin pemutih dan amonia tercampur dalam satu penampungan maka akan menghasilkan gas berbahaya.

Adapun komponen gas yang terdapat pada tempat pembuangan sampah sebagai berikut

Tabel 4. Komponen Gas pada Tempat Pembuangan Sampah

KOMPONEN	VOLUME(%)	KARAKTERISTIK
Metana(CH ₄)	40-60	Metana adalah gas alami. Gas metana tidak berwarna dan tidak berbau Tempat pembuangan akhir adalah sumber tunggal terbesar
Karbon Dioksida (CO ₂)	40-60	Karbon dioksida secara alami ditemukan pada konsentrasi kecil di atmosfer (0,03%). Ini tidak berwarna, tidak berbau, dan sedikit asam
Nitrogen	2-5	Nitrogen terdiri dari sekitar 79% atmosfer. ini tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna.
Oksigen	0,1-1	Oksigen terdiri dari sekitar 21% atmosfer. ini tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna.
Amonia	0,1-1	Amonia adalah gas tak berwarna dengan bau yang menyengat
NMOCs (<i>non-methane organic compounds</i>)	0,01-0,6	NMOC adalah senyawa organik yang mengandung karbon, metana termasuk senyawa yang dihasilkan dari sampah organik namun tidak dipertimbangkan oleh NMOC, NMOC dapat terjadi secara alami atau terbentuk dari proses kimia sintesis, dan yang paling sering ditemukan di tempat pembuangan sampah meliputi akrilonitril, 1,1-diklorometana, benzena dan masih ada beberapa senyawa lainnya.
Sulfida	0-1	Sulfida adalah gas alami yang menghasilkan campuran gas yang ada di tempat penampungan sampah, sulfida dapat menyebabkan bau tidak sedap bahkan pada konsentrasi sangat rendah, contohnya bau telur
Hidrogen	0-0.2	Hidrogen adalah gas tanpa bau dan tidak berwarna.
Karbon Monoksida	0-0.2	Karbon monoksida adalah gas tanpa bau dan tidak berwarna.

Sumber: Tchobanoglous, dkk, 1993 dalam Sari, 2018

Proses bakteri dalam menguraikan limbah TPA (Tempat Pembuangan Akhir) terbagi dalam empat fase dimana komposisi gas akan menghasilkan perubahan dengan masing-masing dari empat fase dekomposisi, dan dapat dijelaskan sebagai berikut (Tchobanoglous, dkk, 1993 dalam Sari, 2018)

a. Tahap 1

Selama tahap pertama dekomposisi, bakteri-bakteri aerobik hanya mengkonsumsi oksigen, dan saat oksigen pecah dapat menghasilkan turunan molekul yang membentuk rantai panjang yang kompleks dimana karbohidrat, protein, dan lipid yang terbentuk menjadi limbah organik dan yang merupakan produk utama dari proses ini adalah karbon dioksida. Kandungan nitrogen tinggi

di awal dari fase ini, Tahap I akan berlanjut terus sampai persediaan oksigen habis, tahap 1 dekomposisi bisa bertahan dalam hitungan hari atau bulan, tergantung berapa banyak oksigen hadir saat limbah dibuang di TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Tingkat oksigen akan bervariasi sesuai dengan faktor – faktor pendukungnya seperti bagaimana cara bakteri aerobik memproses oksigen.

b. Tahap 2

Dekomposisi fase II dimulai setelah oksigen di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) sudah terpakai. Menggunakan proses anaerobik (proses yang tidak membutuhkan oksigen), bakteri mengkonversi senyawa yang dibuat oleh bakteri aerobik menjadi asetat, laktat, asam format dan alkohol seperti metanol dan etanol. TPA (Tempat Pembuangan Akhir) menjadi sangat asam. Sebagian asam dicampur dengan unsur-unsur yang hadir di tanah dan di nutrisi untuk larut, yang kemudian akan membuat nitrogen dan fosfor tersedia untuk menjadikan jenis bakteri semakin beragam di TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Gas produk sampingan proses ini adalah karbon dioksida dan hidrogen. Jika TPA terganggu atau jika oksigen terganggu dalam prosesnya maka proses mikroba akan kembali ke fase I.

c. Tahap 3

Dekomposisi fase III dimulai saat beberapa jenis bakteri anaerobik mengkonsumsi asam organik yang diproduksi pada fase II dan bentuknya asetat serta asam organik. Proses ini menyebabkan TPA menjadi lingkungan yang netral dimana bakteri penghasil metana dan asam menghasilkan simbiosis, atau saling menguntungkan, hubungan bakteri penghasil asam membuat senyawa untuk bakteri metanogen untuk mengkonsumsi. Bakteri methanogenik mengkonsumsi karbon dioksida dan asetat juga banyak yang akan mengandung racun bagi bakteri penghasil asam.

d. Tahap 4

Dekomposisi fase IV dimulai saat komposisi dan produksi tingkat penggunaan gas landfill tetap relatif konstan. Pada tahap IV di TPA, gas biasanya mengandung sekitar 45 – 60% metana dengan satuan volume, 40 – 60% karbon dioksida, dan 2 – 9% gas lainnya, seperti sulfida. Gas diproduksi pada tingkat yang stabil di Tahap 4. Gas produksi bisa bertahan lebih lama, misalnya, jika jumlah sampah organik lebih besar hadir di TPA, seperti di tempat terbuka yang lebih tinggi dari jumlah rata-rata hewan domestik limbah.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi produksi gas di tempat penampungan akhir sampah yaitu

1. Komposisi sampah . Semakin banyak sampah organik yang ada di tempat pembuangan akhir, semakin banyak gas TPA dihasilkan oleh dekomposisi bakteri. Beberapa jenis sampah organik mengandung nutrisi, seperti sodium, potasium, kalsium, dan magnesium, yang membantu bakteri berkembang. Bila nutrisi ini ada, produksi gas landfill meningkat. Sebagai alternatif, beberapa limbah mengandung senyawa yang membahayakan bakteri, menyebabkan lebih sedikit gas yang dihasilkan. Misalnya, bakteri methaneproducing bisa dihambat saat limbah memiliki konsentrasi garam tinggi.
2. Oksigen di TPA. Hanya ketika oksigen habis, bakteri akan mulai menghasilkan metana. Semakin banyak oksigen yang ada di tempat pembuangan akhir, bakteri aerobik yang lebih lama dapat menguraikan limbah dalam Tahap I. Jika limbah dikuburkan secara longgar atau sering terganggu, tersedia lebih banyak oksigen, sehingga oksigen bakteri tergantung hidup lebih lama dan menghasilkan karbon dioksida dan air untuk waktu yang lebih lama. Jika limbahnya sangat padat, produksi metana akan dimulai lebih awal karena bakteri aerobik digantikan oleh bakteri anaerob penghasil metana pada Tahap III. Gas metana mulai diproduksi oleh bakteri anaerob hanya jika oksigen di tempat pembuangan akhir digunakan

oleh bakteri aerob. Oleh karena itu, oksigen yang tersisa di tempat pembuangan akhir akan memperlambat produksi metana. Tinggi barometer akan cenderung mengenalkan oksigen atmosfer ke permukaan tanah di bagian dangkal dari tempat pembuangan akhir, yang mungkin mengubah aktivitas bakteri. Dalam skenario ini, limbah pada Tahap IV misalnya mungkin secara singkat kembali ke Tahap I sampai semua oksigen habis lagi.

3. Kelembaban. Adanya sejumlah air di tempat pembuangan akhir meningkatkan produksi gas karena kelembaban mendorong pertumbuhan bakteri dan mengangkut nutrisi dan bakteri ke semua area di dalam tempat pembuangan akhir. Kandungan air 40% atau lebih tinggi, berdasarkan berat basah limbah, mendorong produksi gas maksimum (tempat pembuangan akhir yang tertutup). Pemadatan sampah memperlambat produksi gas karena meningkatkan kepadatan isi TPA, menurunkan tingkat di mana air dapat menyusup ke limbah. Tingkat produksi gas lebih tinggi jika curah hujan lebat dan / atau tempat pembuangan akhir yang permeabel mengenalkan air tambahan ke tempat pembuangan akhir.
4. Suhu, suhu yang hangat meningkatkan aktivitas bakteri, yang pada gilirannya meningkatkan laju produksi gas TPA. Suhu yang lebih dingin menghambat aktivitas bakteri. Biasanya, aktivitas bakteri menurun drastis di bawah 50 ° Fahrenheit (F). Perubahan kulit memiliki efek yang jauh lebih besar pada produksi gas di tempat pembuangan sampah dangkal. Hal ini karena bakteri tidak terisolasi terhadap perubahan suhu dibandingkan dengan Tempat pembuangan sampah yang dalam dimana lapisan tebal tanah menutupi limbah. TPA yang tertutup biasanya mempertahankan suhu yang stabil, memaksimalkan produksi gas. Limbah yang baru ditimbun/tutup akan menghasilkan lebih banyak gas daripada limbah yang lebih tua. Tempat pembuangan akhir biasanya menghasilkan jumlah gas yang cukup besar dalam waktu 1 sampai 3 tahun. Produksi gas puncak biasanya terjadi 5 sampai 7 tahun setelah limbah dibuang.

Hampir semua gas diproduksi dalam 20 tahun setelah limbah dibuang; Namun, sejumlah kecil gas dapat terus dipancarkan dari tempat pembuangan sampah selama 50 tahun atau lebih. Skenario hasil metana yang rendah, bagaimanapun, memperkirakan bahwa pembongkaran limbah secara perlahan akan menghasilkan metana setelah 5 tahun dan terus memancarkan gas selama periode 40 tahun. Bagian yang berbeda dari TPA mungkin berada dalam fase proses dekomposisi yang berbeda pada saat bersamaan, tergantung kapan limbah awalnya ditempatkan di masing-masing daerah. Jumlah bahan organik dalam limbah merupakan faktor penting dalam berapa lama produksi gas berlangsung.

Setelah gas diproduksi di bawah permukaan landfill, mereka biasanya berpindah dari tempat pembuangan akhir. Gas cenderung untuk memperluas dan mengisi ruang yang tersedia, sehingga gas akan bergerak, atau "bermigrasi," melalui ruang pori-pori terbatas di dalam tempat sampah dan tanah yang menutupi tempat pembuangan akhir. Kecenderungan alami gas landfill yang lebih ringan dari udara, seperti metana, adalah bergerak ke atas, biasanya melalui permukaan landfill. Pergerakan ke atas gas landfill dapat dihambat oleh limbah padat atau bahan penutup TPA (dengan tutupan tanah sehari-hari). Bila gerakan ke atas dihambat, gas cenderung berpindah secara horisontal ke daerah lain di dalam tempat pembuangan sampah atau ke daerah-daerah di luar tempat pembuangan akhir, di mana ia dapat melanjutkan jalurnya ke atas. Pada dasarnya, gas mengikuti jalur yang paling tidak tahan. Beberapa gas, seperti karbon dioksida, lebih padat daripada udara dan akan terkumpul di daerah bawah permukaan, seperti koridor utilitas.

H. Pemanasan Global

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2007 mengemukakan bahwa pemanasan global terjadi apabila konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer semakin meningkat, mengakibatkan akumulasi panas di atmosfer, sehingga terjadi efek rumah kaca berlebihan. Pemanasan global kemudian pada prosesnya menyebabkan terjadinya perubahan seperti meningkatnya suhu air laut yang dapat menyebabkan meningkatnya penguapan di udara. Perubahan tersebut pada gilirannya menyebabkan terjadinya perubahan iklim yaitu perubahan pola dan unsur cuaca secara terus menerus dan dalam jangka waktu yang lama.

Dampak gas-gas rumah kaca terhadap pemanasan global sangat bervariasi, untuk jumlah konsentrasi yang sama tiap-tiap gas rumah kaca memberikan dampak pemanasan global yang berbeda. Untuk memudahkan dalam membandingkan dampak yang berlebihan ini maka dipakailah Indeks Potensi Pemanasan Global (*Global Warming Potential* = GWP). Indeks GWP ditentukan dengan menggunakan CO₂ sebagai acuan yaitu dengan membandingkan satu satuan berat gas rumah kaca tertentu dengan sejumlah CO₂ yang memberikan dampak pemanasan global yang sama. Misalnya 1 ton gas metana (CH₄) akan memberikan dampak yang sama dengan 21 ton gas CO₂. Indeks GWP masing-masing gas rumah kaca dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Indeks GWP beberapa GRK terhadap CO₂ dalam 100 tahun

Jenis GRK	Indeks GWP
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC	500
SF	9200

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup RI, 1999

I. Gas Rumah Kaca

Fenomena Gas Rumah Kaca ini terjadi akibat meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi. Peningkatan suhu ini, diakibatkan tingginya emisi gas rumah kaca. Panas matahari yang masuk ke bumi diserap oleh bumi dan sisanya dipantulkan kembali ke angkasa sebagai radiasi global panjang. Namun, karena efek rumah kaca, lapisan gas panas yang harusnya terpantul tadi malah tertahan oleh lapisan gas di atmosfer. Panas matahari tadi akhirnya terperangkap di bumi dan menyebabkan konsentrasi selimut gas rumah kaca menjadi berlebih. Yang dikategorikan sebagai Gas Rumah Kaca (GRK) adalah gas-gas yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap efek rumah kaca. Dalam konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (*United Nation Framework Convention On Climate Change-UNFCCC*), ada enam jenis yang digolongkan sebagai GRK yaitu :

1. Karbon Dioksida (CO_2)
2. Gas Metana (CH_4)
3. Dinitrogen Oksida (N_2O)
4. Sulfurheksafluorida (SF)
5. Perfluorokarbon (PFCS)
6. Hidrofluorokarbon (HFCS)

Selain itu ada beberapa gas yang juga termasuk dalam GRK yaitu karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NOX), klorofluorokarbon (CFC), dan gas-gas organik non metal volatile. Dari keenam gas-gas rumah kaca tersebut di atas, karbon dioksida (CO_2) memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global diikuti oleh gas metana (CH_4). Lebih dari 75 % komposisi GRK di atmosfer adalah CO_2 . Jika konsentrasi CO_2 dapat dikurangi dari berbagai kegiatan, diharapkan dampak pemanasan global terhadap perubahan iklim juga akan berkurang.

Sumber gas rumah kaca tersebut diantaranya berasal dari pembakaran energi bahan bakar fosil , misalnya minyak bumi yg merupakan sumber utama salah satu jenis gas rumah kaca yaitu CO₂. Jumlahnya meliputi 40% dari seluruh gas rumah kaca yang berasal dari bahan baker fosil. Produk-produk minyak bumi digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, pesawat terbang dan berbagai pembangkit listrik tenaga uap. Penggundulan hutan bertanggung jawab atas seperlima dari total emisi CO₂.

Diperlukan pengambilan langkah-langkah drastis yang diambil untuk mengurangi laju pertambahan emisi gas rumah kaca di atmosfer. Karena Menurut hasil observasi dan publikasi UNFCCC, suhu permukaan bumi sudah naik rata-rata sebesar 1°C sejak awal revolusi industri dan kenaikan akan mencapai 2°C pada pertengahan abad ini. Meningkatnya suhu global diperkirakan akan menyebabkan berbagai perubahan misalnya naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrim serta perubahan jumlah dan pola presipitasi hujan, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis hewan. Menurut hasil observasi dan publikasi UNFCCC, suhu permukaan bumi sudah naik rata-rata sebesar 1°C sejak awal revolusi industri dan kenaikan akan mencapai 2°C pada pertengahan abad ini. Jika laju emisi GRK ini dibiarkan terus tanpa adanya tindakan untuk menguranginya, maka suhu global rata-rata akan meningkat dengan laju 0,3°C setiap 10 tahun (IPCC, 2006).