

TESIS**POTENSI EMISI GAS METANA (CH₄) DAN
KARBONDIOKSIDA (CO₂) DI TPA IWAKA SERTA
PENYEBARANNYA**

*Potential Emissions of Methane (CH₄) and Carbondioxide (CO₂)
Gas at Iwaka Landfill and Its Distribution*

**ALGERTHO R. ASMURUF
D092211003**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



PENGAJUAN TESIS

POTENSI EMISI GAS METANA (CH₄) DAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) DI TPA IWAKA SERTA PENYEBARANNYA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Lingkungan

Disusun dan diajukan oleh

ALGERTHO R. ASMURUF
D092211003

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



TESIS**POTENSI EMISI GAS METANA (CH₄) DAN
KARBONDIOKSIDA (CO₂) DI TPA IWAKA SERTA
PENYEBARANNYA****ALGERTHO R. ASMURUF
D092211003**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Lingkungan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 19 Juli 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU.
NIP. 197506232015042001

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER
NIP. 197204242000122001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., AER
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Lingkungan



Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP. 197506232015042001



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

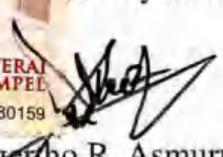
Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Algertho R. Asmuruf
Nomor mahasiswa : D092211003
Program studi : Teknik Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “**POTENSI EMISI GAS METANA (CH₄) DAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) DI TPA IWAKA SERTA PENYEBARANNYA**” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid, M.T dan Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET) sebagai artikel dengan judul “*Analysing Potential Risk of Methane (CH₄) and Carbon Dioxide (CO₂) Emissions at Iwaka’s landfill Using LandGEM and AERMOD Modelling*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.



Gowa, 19 Juli 2024
; menyatakan

Algertho R. Asmuruf

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “POTENSI EMISI GAS METANA (CH₄) DAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) DI TPA IWAKA SERTA PENYEBARANNYA”

Penulisan proposal tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister dalam program studi Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Universitas Hasanudin Makasar.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal tesis ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak yang telah meluangkan waktu, pengetahuan, dan pengalaman dalam memberikan arahan serta motivasi yang berharga. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 2. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan juga selaku Kepala Laboratorium Riset Kualitas Udara dan Kebisingan serta sekaligus sebagai dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu ditengah kesibukannya yang begitu padat namun dapat memberikan arahan serta masukan dan juga selalu memberikan semangat selama melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir.
 3. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid, MT. Selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, masukan, dan meluangkan banyak waktunya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Dan juga karena sangat sabar dan perhatian kepada anak bimbingannya.
 4. Ibu Sumi dan Pak Olan selaku staf dari Departemen Teknik Lingkungan ucapkan banyak terima kasih karenatelah sangat banyak membantu n proses pengurusan administrasi.
- Ik Plt. Bupati Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah Yohanes Job, S.Sos, MM. Yang telah memberi Izin Belajar walaupun banyak



tugas dan tanggungjawab penulis sebagai ASN di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah;

6. Bapak Penjabat Bupati Kabupaten Bolang Mangondo, Provinsi Sulawesi Utara, yang juga sebagai Mantan Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Ir. Limi Mokodompit, MM. Selain sebagai pimpinan juga sebagai orang tua yang sudah banyak memberikan motivasi, dan semangat dalam menempuh pendidikan Megister Teknik Lingkungan di Universitas Hasanuddin;
7. Bapak Willem Marco Erari, SH, MH Wakil ketua Pengadilan Negeri Jayapura yang juga sebagai kakak dan panutan penulis, yang selalu memberikan dorongan dan motivasi serta semangat yang luar biasa sampai penulis menyelesaikan pendidikan Megister Teknik Lingkungan di Universitas Hasanuddin;
8. Bapak Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah Ir. Syahrial, MM. Yang selalu mendukung dan memotivasi dalam menempuh pendidikan Megister Teknik Lingkungan di Universitas Hasanuddin;
9. Bapak Sekretaris dan Para Kepala Bidang, kepala Seksi, Kepala Sub Bagian serta seluruh Staf pada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah yang selalu memberikan semangat sampai penulis menyelesaikan pendidikan Megister Teknik Lingkungan di Universitas Hasanuddin;
10. Bapak Gembala Pdt. Silwanus Werimon dan Mama Gembala Ibu. Pdt. Elsa Mapahai serta seluruh Majelis dan Jemaat El Olam Klasis Mimika Gereja Pentakosta di Papua, yang setiap saat mendoakan penulis sampai dapat menyelesaikan pendidikan Megister Teknik Lingkungan di Universitas Hasanuddin;
11. Kawan-kawan Mahasiswa Lingkungan angkatan 2021 saya juga ucapkan terima kasih atas dukungan dan doanya dalam menjalani perkuliahan.



tercinta Maria Fransisca Mitapo, ST dan ketiga anak yang dikasihi
: Wilhelmus P. W. Asmurufreno, Enviro S. Asmurufreno, dan Jamaika
smurufreno;

13. Kedua orang tua, ayahanda Amos W. Asmuruf, SH, MT.h dan ibunda Martha Ramandei, serta adik dan saudara- saudara penulis yang dikasihi Elba J. Asmuruf beserta keluarga, Cahlvn K. V. Asmuruf beserta keluarga, dan Saudari Tilda S. Asmuruf ;
14. Mertua penulis ibunda Veronika Reyaan, SP.d serta adik dan kk ipar penullis Meliana Mitapo SE, Marthinus Mitapo, ST beserta keluarga, serta Saudari Maria Susana Mitapo, SE;
15. Orang tua yang dikasihi Oma Flores Bernadita Siria dan Muda Filomena Bale yang senantiasa menjaga dan merawat anak-anak penulis dengan baik sampai dapat menyelesaikan pendidikan Megister Teknik Lingkungan di Universitas Hasanuddin;

Penulis hanya dapat mendoakan mereka yang telah membantu dalam segalahal yang berkaitan dengan penyusunan Tesis ini semoga diberikan balasan dan rahmat dari Tuhan Yang Maha Esa. Selain itu saran, kritik dan perbaikan senantiasa sangat diharapkan. Akhirnya penulis berharap semoga Tesis ini bermanfaat bagi Pemerintah Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah dan pihak lainnya yang membutuhkan.

Makassar, 11 Agustus 2024

Penulis

ALGERTHO R. ASMURUF



ABSTRAK

ALGERTHO R. ASMURUF. *Potensi Emisi Gas Metana (CH₄) dan Karbondioksida (CO₂) di TPA Iwaka Serta Penyebarannya* (dibimbing oleh **Sumarni Hamid dan Muralia Hustim**).

TPA Iwaka terletak di Kampung Iwaka, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah, yang telah beroperasi sejak tahun 2010 menggunakan metode open dumping. TPA ini menerima timbunan sampah sebesar 155,98 ton/hari, yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca dari proses penguraian anaerobik sampah berdasarkan jumlah penduduk Kabupaten Mimika sekitar 311.969 jiwa Dengan asumsi bahwa satu orang menghasilkan 0,5 kg sampah/orang/hari dan mengalami peningkatan produksi sampah harian seiring dengan pertumbuhan penduduk. serta menyelidiki penyebarannya di sekitar lokasi TPA. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis potensi emisi gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) di TPA Iwaka.

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak landgem (landfill gas emissions model) untuk menghitung volume emisi gas metana dan karbondioksida berdasarkan jumlah sampah yang dihasilkan dari tahun 2010-2023. Landgem, yang dikembangkan oleh Environmental Protection Agency (EPA) Amerika Serikat, merupakan alat yang berguna bagi regulator, insinyur, dan manajer lingkungan dalam mengestimasi emisi gas rumah kaca dari TPA. model ini menggunakan parameter dekomposisi sampah dan faktor-faktor lingkungan seperti meteorologi, tutupan operasional TPA tahun 2035 untuk memberikan estimasi yang akurat tentang perhitungan emisi gas metana dan karbondioksida. selain itu, penelitian ini juga menggunakan model AERMOD untuk memetakan penyebaran emisi gas dari TPA IWAKA. model ini mempertimbangkan kondisi meteorologi dan topografi lokal untuk memprediksi konsentrasi polutan di sekitar TPA IWAKA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa TPA IWAKA menggunakan metode open dumping tanpa penutupan yang efektif, menyebabkan variasi emisi CH₄ dan CO₂ setiap hari. penimbunan sampah setahun sekali dengan tanah setebal 50 cm tanpa pemadatan mengurangi dekomposisi anaerobik yang diperlukan untuk produksi metana.

Selain itu, penelitian menemukan emisi gas metana dan karbondioksida yang signifikan, yaitu sekitar 1.500 megagram/tahun untuk metana (CH₄) dan sekitar 5.000 megagram/tahun untuk karbondioksida (CO₂) yang dianalisis puncak emisinya. pada tahun 2035. dengan pola penyebaran yang bervariasi tergantung pada kondisi cuaca dan topografi. penelitian ini memberikan data potensi emisi gas hingga tahun 2085.

Kata Kunci: LandGEM, AERMOD, Emisi Gas Metana (CH₄), Karbondioksida (CO₂), Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Iwaka, Pengelolaan Sampah.



ABSTRACT

ALGERTHO R. ASMURUF. *Potential Emissions of Methane (CH₄) and Carbondioxide (CO₂) Gas at Iwaka Landfill and Its Distribution* (dibimbing oleh Sumarni Hamid dan Muralia Hustim).

The Iwaka landfill is located in Iwaka Village, Mimika Regency, Central Papua Province, and has been operating since 2010 using the open dumping method. This landfill receives 155.98 tons of waste per day, which has the potential to generate greenhouse gas emissions from the anaerobic decomposition of waste based on the population of Mimika Regency, which is around 311,969 people. Assuming that each person produces 0.5 kg of waste per day and that daily waste production increases with population growth, this study investigates the distribution around the landfill site. This research aims to measure and analyze the potential emissions of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) at the Iwaka landfill.

This study uses the LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) software to calculate the volume of methane and carbon dioxide emissions based on the amount of waste generated from 2010 to 2023. LandGEM, developed by the United States Environmental Protection Agency (EPA), is a useful tool for regulators, engineers, and environmental managers to estimate greenhouse gas emissions from landfills. This model uses waste decomposition parameters and environmental factors such as meteorology and operational cover of the landfill up to 2035 to provide accurate estimates of methane and carbon dioxide emissions. Additionally, this research uses the AERMOD model to map the distribution of emissions from the Iwaka landfill. This model considers local meteorological and topographical conditions to predict pollutant concentrations around the Iwaka landfill.

The study results indicate that the Iwaka landfill uses an open dumping method without effective covering, causing daily variations in CH₄ and CO₂ emissions. Annual waste covering with 50 cm of soil without compaction reduces the anaerobic decomposition necessary for methane production.

Furthermore, the study found significant methane and carbon dioxide emissions, around 1,500 megagrams per year for methane (CH₄) and around 5,000 megagrams per year for carbon dioxide (CO₂), with peak emissions analyzed in 2035. The emission distribution patterns vary depending on weather and topographical conditions. This study provides data on potential emissions up to 2085.

Keywords: *LandGEM, AERMOD, Methane (CH₄) Emissions, Carbon Dioxide (CO₂), Iwaka Landfill (TPA Iwaka), Waste Management, Renewable Energy.*



DAFTAR ISI

Nomor	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS.....	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Permasalahan	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian	3
I.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Sampah.....	5
II.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA).....	7
II.3 Gas Rumah Kaca	10
II.4 Model Analisis	14
II.5 Model Penyebaran Pencemaran Udara : AERMOD.....	15
II.6 Potensi Gas Metana (CH ₄) dan Karbondioksida (CO ₂) dengan software LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) dan Penyebaran Pencemaran Udara Menggunakan Software AERMOD.....	17
modelan Penyebaran Pencemaran menggunakan Software AERMOD .	20
elitian Terdahulu	24
METODOLOGI PENELITIAN	31



II.1 Desain Penelitian	31
III.2 Jenis dan Sumber Data	31
III.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	37
III.3 Alat Penelitian	38
III.4 Pengolahan Data	42
III.6 Diagram Alir Penelitian.....	66
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	71
IV.1 Kondisi Sampah di TPA Iwaka	71
IV.2 Potensi Emisi Gas	78
IV.3 Analisis Pola Penyebaran Gas	98
IV.4 Keterbatasan Studi	117
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	120
V.1 Kesimpulan.....	120
V.2 Saran.....	120
DAFTAR PUSTAKA.....	122
LAMPIRAN.....	122



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1 Jenis-jenis Gas Rumah Kaca dan Nilai Potensi Pemanasan Global	11
Tabel 2 Default LandGEM	18
Tabel 3 Polutan default parameter	19
Tabel 4 Lokasi dan Koordinat Penelitian	37
Tabel 5 Nilai untuk Laju Produksi Metana (k)	50
Tabel 6 Enter Waste Acceptane rates	54
Tabel 7 Pengamatan Suhu dan Kelembaban Menurut Bulan di Stasiun Mimika, 2023	55
Tabel 8 Laporan Capaian Pengurangan dan Penanganan Sampah Tahun 2023 ...	71
Tabel 9 Neraca Pengelolaan Sampah Tahun 2023 Kabupaten Mimika.....	72
Tabel 10 Pengamatan curah hujan Unsur Iklim Menurut Bulan di Stasiun Mimika,2023	76
Tabel 11 Hasil Pengukuran Lapangan TPA Iwaka.....	78
Tabel 12 Pengukuran Lokasi 2 Jembatan Iwaka	80
Tabel 13 Pengukuran lapangan Area Pemukiman	81
Tabel 14 Pengukuran Lapangan Area Gapura Iwaka	82
Tabel 15 Waste Acceptance Rates	84
Tabel 16 Tingkat Penerimaan Sampah	85
Tabel 17 Jumlah Sampah di Tempat (Waste-In-Place):.....	86
Tabel 18 Pollutant Parameters	87
Tabel 19 Result	90
Tabel 20 Perbandingan Hasil Methan dengan R2	93
Tabel 21 Perbandingan Hasil CO2 dengan R2	93
Tabel 22 Potensi emisi methan tiap tahunnya	95
Tabel 23 Potensi emisi karbondioksida tiap tahunnya.....	96



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1 Metode Open Dumping	8
Gambar 2 Metode Controlled Landfill	8
Gambar 3 Metode Sanitary Landfill	9
Gambar 4 TPA Iwaka.....	10
Gambar 5 Persentase Gas Rumah Kaca di Atmosfer	12
Gambar 6 Software LandGEM.....	18
Gambar 7 Kerangka Pikir Penelitian	23
Gambar 8 Lokasi Penelitian	37
Gambar 9 Alat Portabel Digilife Pengukuran Emisi Gas Metana CH ₄	39
Gambar 10 Alat Portabel “Air Quality Detector” Pengukuran Emisi Gas Karbondioksida CO ₂	40
Gambar 11 Software LandGEM Version 3.03	44
Gambar 12 Menu Utama	44
Gambar 13 Menu User Input LandGEM.....	47
Gambar 14 Menu Input Review	48
Gambar 15 Menu Gas Methane.....	49
Gambar 16 Menu Results	51
Gambar 17 Grafik Hasil Mg/Year.....	52
Gambar 22 Hasil Perhitungan Model	59
Gambar 18 Flowchart Penelitian	66
Gambar 19 Diagram Alir Penggunaan Aplikasi Aermod	68
Gambar 22 Grafik Emisi Megagrams Per Tahun.....	89
Gambar 24 Potensi konsentrasi methane tiap tahunnya	96
Gambar 25 Potensi emisi karbondioksida tiap tahunnya.....	97
Gambar 26 Win Rose Plot Stasiun BMKG Moses Kilangin Timika – Papua Tengah.....	98
Gambar 27 Peta Google Earth Win Rose Plot Stasiun BMKG Moses Kilangin Papua Tengah.....	99
28 Grafik Plot File Of high 1 Hr (Sumber : AERMET 1hr values)....	101
29 Wind Class Frequency Distribution.....	102



Gambar 30 Simulation AERMOD Pemodelan 24 jam Penyebaran Emisi Gas Metana (CH ₄) dan Karbodioksida (CO ₂) di TPA Iwaka Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah	104
Gambar 31 Peta Google Earth Simulasi Penyebaran 24 Jam Emisi Gas CH ₄ dan CO ₂ di TPA Iwaka Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah	105
Gambar 32 AERMET Win Rose Plot Stasiun BMKG Moses Kilangin Timika Papua Tengah	108
Gambar 33 Google Earth Win Rose Plot Stasiun BMKG Moses Kilangin Timika Papua Tengah	109
Gambar 34 Grafik Wind Class Frequency Distribution	110
Gambar 35 Peta Pemodelan AERMOD Penyebaran Emisi Gas Metana (CH ₄) dan Karbondioksida (CO ₂) di TPA Iwaka Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah	112
Gambar 36 Peta Penyebaran Emis Gas Metana CH ₄ dan Karbondioksia CO ₂ di TPA Iwaka Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah	113
Gambar 37 Grafik Plot Flie of Period Values For Source Group	115



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian	125



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
CH ₄	= Metana
CO ₂	= Karbondioksida
NMOC	= Non-Methane Organic Compounds
K	= Laju generasi metana (tahun ⁻¹)
Lo	= Kapasitas generasi metana potensial (m ³ /Mg)
Mg	= Megagram atau ton metrik
TPA	= Tempat Pembuangan Akhir
EPA	= Environmental Protection Agency (Badan Perlindungan Lingkungan AS)
GRK	= Gas Rumah Kaca
LandGEM	= Landfill Gas Emissions Model
AERMOD	= American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model
AERMET	= AERMOD Meteorological Preprocessor
AERMAP	= AERMOD Terrain Preprocessor
PM10	= Particulate Matter 10 micrometers or less
PM2.5	= Particulate Matter 2.5 micrometers or less
H ₂ S	= Hidrogen Sulfida
O ₂	= Oksigen
NO ₂	= Nitrogen Dioksida
SO ₂	= Sulfur Dioksida
MWh	= Megawatt-hour
IPCC	= Intergovernmental Panel on Climate Change
DOC	= Degradable Organic Carbon
DOCf	= Fraction of DOC that actually degrades
F	= Correction factor for methane recovery system efficiency
RPLOT	= Wind Rose Plote



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Mimika, dengan ibu kota di Timika, terletak antara 134°31' - 138°31' Bujur Timur dan 4°60' - 5°18' Lintang Selatan. Kabupaten Mimika adalah salah satu daerah penghasil tambang terbesar di dunia yang saat ini dikelola oleh PT. Freeport Indonesia, yang mempengaruhi meningkatnya jumlah penduduk setiap tahunnya sampai dengan saat ini jumlah penduduk sebanyak 311.969 jiwa atau 23% dari jumlah penduduk Provinsi Papua Tengah, hal tersebut juga mempengaruhi peningkatan produksi sampah harian yang semakin meningkat adalah 155,98 ton/hari atau 4.679,4 Ton/bulan dan 56.932.7 Ton/ Tahun. Luas wilayah Kabupaten Mimika 19.592 km², yang merupakan 4,64% dari luas wilayah Provinsi Papua.

Rata-rata suhu udara minimum di wilayah Mimika selama tahun 2023 adalah 21,9°C dan maksimum adalah 33,7°C. Kelembaban udara rata-rata adalah 87%, dengan kelembaban tertinggi pada bulan Juli, yang juga memiliki curah hujan tertinggi dibandingkan bulan lain pada tahun tersebut, yaitu sebesar 1.320,5 mm Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Iwaka terletak di Kampung Iwaka, Distrik Iwaka, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah dan memiliki luas area seluas 11,34 hektar yang telah beroperasi sejak tahun 2010. (DLH Kab. Mimika, 2024).

Paradigma masyarakat dalam hal pengelolaan sampah yang sering digunakan hingga saat ini adalah dengan metode kumpul, angkut, dan buang, dimana andalan utama dalam pengelolaan sampah kota adalah pemusnahan dengan landfilling pada sebuah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. TPA ini akan menerima segala resiko akibat pola pembuangan sampah terutama yang berkaitan dengan kemungkinan terjadinya pencemaran lindi (leachate) ke badan air maupun air tanah, pencemaran udara oleh gas, dan efek rumah kaca serta berkembangbiaknya vektor penyakit seperti lalat (Tchobanoglous, 1993).

Gas landfill termasuk kedalam kelompok Gas Rumah Kaca (GRK). Gas landfill yang terkumpul dari proses fermentasi anaerobik bahan organik tersebut akan meningkatkan suhu disekitar TPA, menimbulkan bau tidak sedap dapat memicu terjadinya ledakan gas metana yang terkandung pada gas landfill. Jika gas landfill dikelola dengan baik, dapat memberikan berbagai



keuntungan seperti mengurangi efek gas rumah kaca dan kerusakan lingkungan bahkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar alternatif (Garcilasso et al., 2011).

Beberapa gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitroksida (N_2O), dan chlorofluorocarbon (CFC) memiliki efek rumah kaca lebih besar daripada gas lainnya. Gas metana memiliki efek 20-30 kali lebih besar dibanding dengan karbon dioksida. Methana (CH_4) adalah salah satu dari gas rumah kaca yang terbesar kedua setelah karbondioksida (CO_2) yang potensi pemanasan globalnya 28 kali lebih besar dari CO_2 .

Oleh karena itu gas metana yang terbentuk sebaiknya dikonversi menjadi CO_2 dengan jalan membakarnya atau dimanfaatkan sebagai sumber energi baik untuk energi listrik atau untuk bahan bakar. Timbulnya gas metana dapat dianggap sebagai nilai tambah dari sebuah landfill (Damanhuri, 2008).

Di antara model-model terintegrasi, pemodelan perangkat lunak LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) dikembangkan untuk penilaian tempat pembuangan sampah limbah padat lingkungan kota. LandGEM memperkirakan volume dan komposisi gas yang dihasilkan sepanjang waktu sebagai konsekuensi dari degradasi bahan organik di TPA (EPA, 2005 dalam Kalantarifard dan Yang, 2012).

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai **“Potensi Gas Metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) di TPA Iwaka dan Penyebarannya”**.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas maka didapatkan rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kondisi sampah di TPA Iwaka?
2. Berapa besar potensi emisi gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) yang dihasilkan di TPA Iwaka?
3. Bagaimana pola penyebaran gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) di

waka?



1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk :

1. Menganalisis kondisi sampah di TPA Iwaka
2. Menganalisis potensi emisi gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) yang dihasilkan di TPA Iwaka
3. Menganalisis pola penyebaran gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) di TPA Iwaka

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Manfaat Lingkungan:** Penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai kontribusi TPA terhadap emisi gas rumah kaca, yang dapat membantu dalam upaya mitigasi dampak perubahan iklim.
2. **Manfaat Teknis:** Hasil penelitian dapat digunakan untuk meningkatkan metode pengelolaan sampah dan sistem penangkapan gas di TPA, yang mungkin mengurangi emisi gas berbahaya dan meningkatkan efisiensi energi.
3. **Manfaat Sosial-Ekonomi:** Dengan mengurangi emisi gas rumah kaca, kualitas hidup dan kesehatan masyarakat di sekitar TPA dapat meningkat. Selain itu, konversi gas metana menjadi energi dapat menciptakan peluang ekonomi baru.
4. **Kontribusi Akademis:** Penelitian ini akan menambah korpus pengetahuan ilmiah tentang pengelolaan limbah dan emisi gas rumah kaca, yang dapat digunakan oleh peneliti lain untuk studi lanjutan.
5. **Kebijakan dan Perencanaan:** Informasi dari penelitian ini dapat menjadi dasar untuk penyusunan atau revisi kebijakan pengelolaan limbah oleh pemerintah setempat atau pihak berwenang lainnya.



Manfaat Pembangunan Berkelanjutan: Hasil penelitian dapat mendorong pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan dengan

memanfaatkan gas metana sebagai sumber energi terbarukan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Lokasi dan Skala Penelitian:** Penelitian dibatasi pada TPA Iwaka, tidak termasuk TPA lain di daerah atau negara tersebut.
2. **Jenis Gas yang Dianalisis:** Fokus hanya pada emisi gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), tidak mencakup gas rumah kaca lain atau polutan udara.
3. **Waktu:** Penelitian dibatasi pada data yang dikumpulkan dalam jangka waktu tertentu, misalnya tahun berjalan atau tahun-tahun tertentu di masa lalu.
4. **Metodologi:** Penelitian menggunakan model LandGEM untuk estimasi emisi, tidak memasukkan atau membandingkan dengan model atau metodologi lain.
5. **Sumber Data:** Data yang digunakan berasal catatan historis dari Dinas Lingkungan Hidup, Bappeda, Disdukcapil, BPS, BMKG setempat, tidak termasuk data yang tidak dapat diverifikasi.
6. **Dampak Lingkungan:** Evaluasi dampak lingkungan dibatasi pada pengaruh emisi CH_4 dan CO_2 terhadap perubahan iklim dan lingkungan lokal, tidak termasuk aspek sosial ekonomi atau kesehatan publik.
7. **Pengelolaan Emisi:** Strategi pengelolaan dan pengurangan emisi dibatasi pada metode yang praktis dan bisa diterapkan di TPA Iwaka, tidak mempertimbangkan opsi yang tidak layak secara teknis atau ekonomis di lokasi tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

2.1.1 Pengertian Sampah

Sampah artinya bahan yang tersisa serta tidak dikehendaki dalam proses produksi atau hasil buangan dari manusia atau alam (Tchobanoglous, 1993). Berlandaskan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yang dimaksud sampah ialah residu kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

- a. Sampah rumah tangga, sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik.
- b. Sampah rumah tangga, sampah dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik.
- c. Sampah sejenis rumah tangga, sampah dari tempat komersial, daerah khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, serta fasilitas lainnya.
- d. Sampah khusus, sampah yang memiliki kandungan bahan bahaya beracun, sampah yang timbul dampak bencana, puing bongkaran bangunan.

2.1.2 Karakteristik dan Komposisi Sampah

Karakteristik sampah mencakup sifat fisik, kimia, dan biologinya. Karakteristik kimia meliputi proximate analysis (kadar air, kadar volatile, kadar fixed carbon, dan kadar abu), titik lebur abu, nilai kalor, dan rasio C/N. Karakteristik biologi mencakup biodegradabilitas komponen organik, bau, dan populasi lalat. Karakteristik fisik meliputi berat jenis, kelembapan, ukuran partikel serta distribusi ukuran, kapasitas lapangan, dan permeabilitas sampah (Damanhuri, 2008).

Menurut Tchobanoglous (1993), komposisi sampah dapat dibedakan menjadi beberapa kategori. Pertama, komposisi fisik sampah di wilayah perkotaan umumnya terdiri dari sisa makanan, kertas, karton, plastik, tekstil, karet, kulit, sampah pekarangan, kayu, kaca, kaleng, logam bukan besi, besi, dan debu.

i fisik ini penting untuk memilih serta menentukan cara pengoperasian dan fasilitas, serta memperkirakan kelayakan pemanfaatan sumber daya i dari sampah. Kedua, komposisi kimia adalah hal penting dalam evaluasi



dan penentuan cara pengolahan serta pemanfaatan sampah, terutama untuk bahan bakar, dengan memperhatikan analisis perkiraan seperti kelembaban, bahan volatile, abu, dan kadar karbon, serta titik bakar. Ketiga, komposisi sampah di suatu daerah biasanya dibagi menurut kebijakan daerah tersebut, misalnya dilihat dari komponen bahan-bahan sebagai materi limbah padat berdasarkan persentase berat (Tchobanoglous, 1993).

Sumber limbah padat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, seperti aktivitas penduduk yang berbeda profesi menghasilkan jenis limbah yang berbeda, serta sistem pengumpulan dan pembuangan yang diterapkan di setiap sektor. Komposisi limbah padat juga dipengaruhi oleh letak geografis, dengan daerah pertanian dan sektor perkotaan memiliki jenis limbah yang tidak seragam. Sosial ekonomi masyarakat turut mempengaruhi jumlah dan karakteristik limbah, termasuk adat istiadat, taraf hidup, serta sikap mental masyarakat. Selain itu, faktor musim atau iklim dapat mempengaruhi jumlah limbah, misalnya peningkatan sampah saat musim hujan di Indonesia. Kemajuan teknologi juga berdampak pada peningkatan jumlah limbah, sementara waktu menentukan variasi jumlah dan komposisi limbah padat, baik harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan, sesuai dengan aktivitas manusia sehari-hari (Khoirusyi, 2020).

2.1.3 Jenis Sampah

Jenis sampah yang ada disekitar kita cukup beraneka ragam, yang berupa sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah rumah sakit, sampah pertanian, Berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik (Sujarwo, Widyaningsih, & Trisanti, 2014). Sampah organik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat biodegradable, seperti sampah dapur, sisa-sisa makanan, pembungkus non-kertas, tepung, sayuran, kulit buah, daun, serta ranting. Sebaliknya, sampah anorganik berasal dari bahan-bahan nonhayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang, dan esar tidak bisa diurai oleh alam secara keseluruhan. Sampah anorganik logam, produk olahan logam, plastik, kertas, kaca, keramik, dan detergen.



Contoh sampah anorganik di rumah tangga termasuk botol plastik, botol gelas, tas plastik, dan kaleng.

Berdasarkan keadaan fisiknya, sampah dikelompokkan menjadi dua: sampah basah dan sampah kering. Sampah basah (garbage) termasuk sisa-sisa makanan dari rumah tangga yang mudah membusuk dan mengandung air, sehingga dapat menimbulkan bau tak sedap seperti sayur-mayur. Sampah kering (rubbish) dikelompokkan lagi menjadi dua jenis: sampah tidak lapuk dan sampah tak mudah lapuk. Sampah tidak lapuk tidak akan lapuk secara alami meskipun bertahun-tahun, seperti kaca dan mika. Sementara itu, sampah tak mudah lapuk akan lapuk perlahan secara alami dan dapat dipisahkan lagi menjadi sampah yang mudah terbakar, seperti kertas dan kayu, serta sampah tak mudah lapuk yang tidak bisa terbakar, seperti kaleng dan kawat (Nugroho, 2021).

2.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan salah satu tempat yang digunakan untuk membuang sampah yang sudah mencapai tahap akhir dalam pengelolaan sampah yang dimulai dari pertamakali sampah dihasilkan, dikumpulkan, diangkut, dikelola dan dibuang. TPA adalah tempat pengumpulan sampah yang merupakan yang harus terisolir secara baik sehingga tidak menyebabkan pengaruh pada lingkungan sekitar TPA (Lestaris, Donius, & Arianti, 2022).

Sampah perkotaan akan tetap merupakan salah satu persoalan yang rumit yang dihadapi oleh pengelola kota dalam menyediakan sarana dan prasarana perkotaannya. Di samping persoalan bagaimana menyingkirkan sampah secara baik agar kota tersebut menjadi bersih dan tidak mengganggu lingkungan, namun pula bagaimana daerah yang kebetulan terpilih untuk tempat pembuangan akhir (TPA) tidak mengalami degradasi kualitas lingkungan akibat adanya TPA tersebut. Kegiatan umum yang dilaksanakan di sebuah TPA adalah pengurungan atau penimbunan sampah di lahan yang tersedia.



buangan Sampah secara terbuka (Open Dumping)

ngan metode pembuangan sampah sederhana yakni sampah hanya an di TPA tanpa adanya penimbunan dan pengolahan, kemudian TPA

tersebut akan ditutup apabila sampah di TPA telah penuh (Luaylik, 2017). Metode ini memiliki keunggulan seperti murah dalam pengoperasiannya, akan tetapi metode ini memiliki banyak kekurangan seperti munculnya bau tidak sedap, timbulnya pemandangan yang tidak indah, dapat menimbulkan kebakaran, dapat menimbulkan pencemaran air akibat lindi, serta berkembangnya vector penyakit di TPA. Berikut ini adalah gambar metode open dumping dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Metode Open Dumping

2.2.2 Lahan urug terkendali (Controlled Landfill)

Dengan metode peningkatan dari metode open dumping. Pada metode ini lahan urug terkendali secara periodik sampah yang telah tertimbun ditutup dengan lapisan tanah untuk mengurangi potensi gangguan lingkungan. Kegiatan penimbunan dilakukan secara berkala umumnya 7 hari (Luaylik, 2017).



Gambar 2 Metode Controlled Landfill



2.2.3 Lahan Urug Saniter (Sanitary Landfill)

Metode ini merupakan metode yang paling tepat diterapkan di Indonesia, dikarenakan sebagian besar sampah di negara ini adalah sampah organik, dengan metode ini pengolahan lindi dapat terkontrol dengan baik. Pada bagian dasar sanitary landfill dibangun suatu lapisan kedap air yang dilengkapi pipa pengumpul dan penyalut leachate, serta pipa penyalur gas yang terbentuk dari penguraian sampah organik yang ditimbun. Metode ini memiliki kelemahan yakni memerlukan biaya investasi dan operasional yang tinggi.

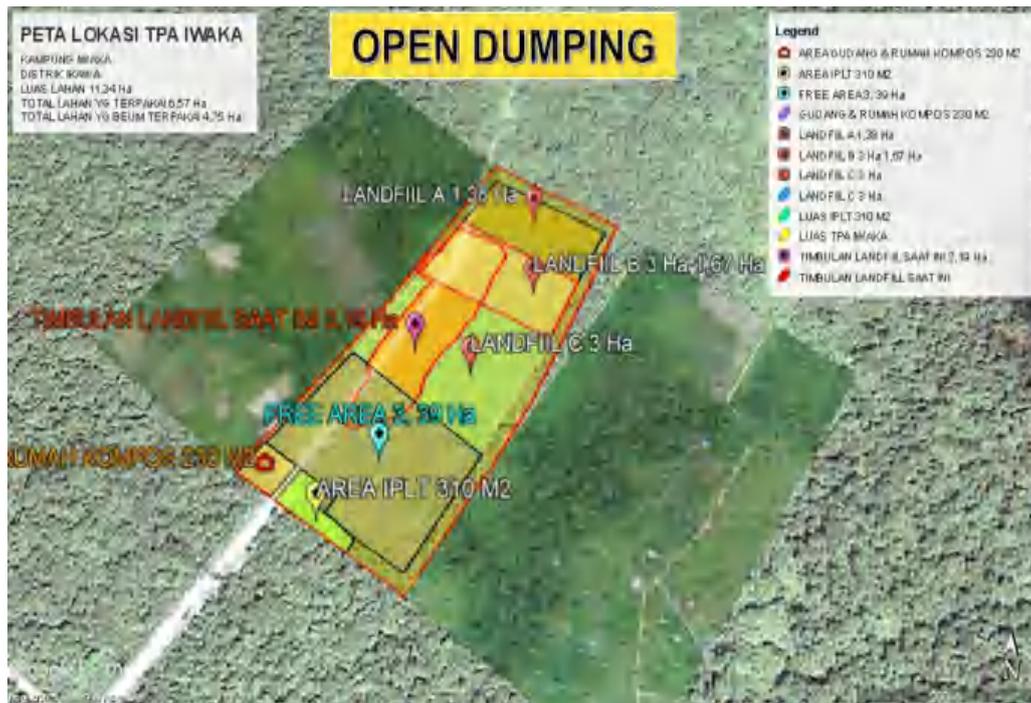


Gambar 3 Metode Sanitary Landfill

2.2.4 Kondisi Eksisting TPA Iwaka

TPA Iwaka merupakan tempat pembuangan akhir sampah satu-satunya yang disediakan oleh pemerintah Kabupaten Mimika, yang dibangun sejak tahun 2010. TPA ini berlokasi di daerah Iwaka Distrik Iwaka, Kabupaten Mimika Provinsi Papua Tengah. Jarak dari lokasi TPA Iwaka dengan pusat kota ± 20 Km. Luas lahan TPA ini sekitar 11,34 Ha tetapi yang digunakan hanya sekitar 70% atau 6,57 Ha. Produksi sampah yang masuk ke TPA Iwaka setiap hari adalah 155,98 Ton/hari. Belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya pada lokasi TPA Iwaka tersebut sehingga belum ada data komposisi sampah yang ditimbun di TPA Iwaka.





Gambar 4 TPA Iwaka

2.3 Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (GRK) adalah sejumlah gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang terdapat di atmosfer bumi. Gas rumah kaca ini berfungsi seperti kaca yang meneruskan cahaya matahari tetapi menangkap energi panas dari dalamnya. Menurut Konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC), ada enam jenis gas yang digolongkan sebagai GRK, yaitu: CO₂ (karbon dioksida), CH₄ (metana), N₂O (dinitrogen oksida), HFC (hidrofluorokarbon), PFC (perfluorokarbon), dan SF₆ (sulfur heksafluorida).

Istilah gas rumah kaca disampaikan para ahli dalam menggambarkan fungsi atmosfer bumi. Atmosfer bumi digambarkan sebagaimana kaca pada bangunan rumah kaca yang sering kita jumpai dalam praktik budidaya tanaman. Atmosfer bumi melewatkan cahaya matahari hingga mencapai dan menghangatkan permukaan bumi sehingga memungkinkan bumi untuk ditinggali makhluk hidup. Tanpa atmosfer, bumi akan dingin. Hal ini terjadi karena adanya keberadaan gas-gas di atmosfer yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Terminologi Gas rumah kaca diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (antropogenik), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang



pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi inframerah). Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan ini oleh GRK yang ada pada lapisan atmosfer bawah, dekat dengan permukaan bumi, akan diserap dan menimbulkan efek panas yang dikenal sebagai efek rumah kaca (Priliandatami & Cahyonugroho, 2023).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mengelompokkan sumber emisi GRK dalam enam kategori sumber, di antaranya adalah energi, proses industri, penggunaan zat pelarut dan produk-produk lainnya, pertanian, tata guna lahan dan kehutanan, dan limbah (IPCC, 2006).

Tabel 1 Jenis-jenis Gas Rumah Kaca dan Nilai Potensi Pemanasan Global

Gas Rumah Kaca	Rumus Kimia	Nilai Potensi Pemanasan Global
Karbon dioksida	CO ₂	1
Metana	CH ₄	25
Dinitrogen oksida	N ₂ O	298

Sumber: (IPCC, 2006)

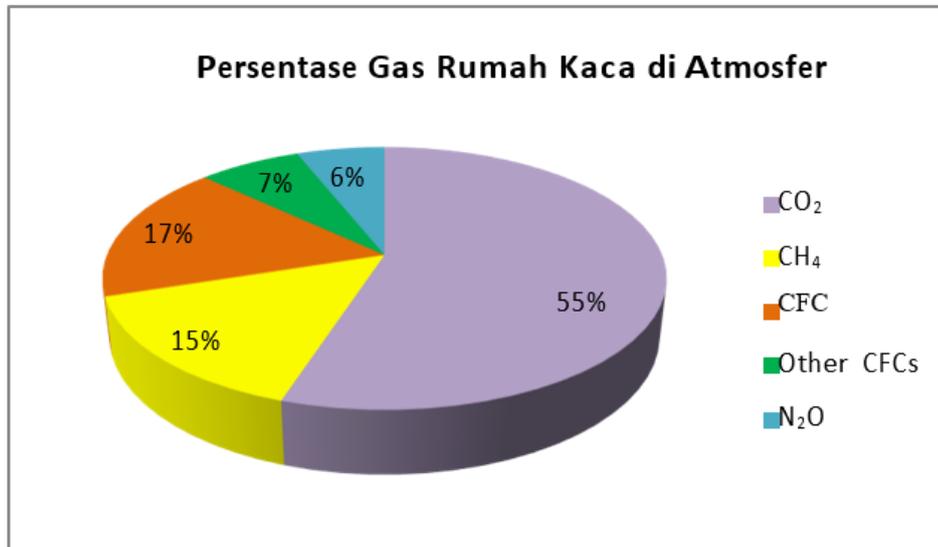
2.3.1 Gas Metana

Gas metana (CH₄) merupakan salah satu dari beberapa efek Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh bakteri anaerob. Gas metana dihasilkan ketika jenis-jenis mikroorganisme tertentu menguraikan bahan organik pada kondisi tanpa udara (anaerob). Gas ini juga dihasilkan secara alami pada proses pembusukan biomassa, metana memiliki sifat mudah terbakar, dan dapat menghasilkan karbon dioksida sebagai hasil sampingan. Pada suhu ruangan dan tekanan standar, metana adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Metana mempunyai titik didih -161°C pada tekanan 1 atmosfer Sebagai gas, metana hanya mudah terbakar bila konsentrasinya mencapai 5-15% di udara (Khoirusyi, 2020).

Kontribusi gas rumah kaca terhadap pemanasan global yang terjadi tergantung dari jenis gas yang dihasilkan. Setiap gas rumah kaca yang dihasilkan mempunyai potensi pemanasan global (Global Warming Potential – GWP) yang



diukur secara relatif berdasarkan emisi CO₂ dengan nilai 1. Makin besar nilai GWP makin bersifat merusak (Sugiyono, 2006).



Gambar 5 Persentase Gas Rumah Kaca di Atmosfer

Sumber: (Trismianto, 2008)

Metana diproduksi di dalam tanah sebagai hasil akhir dari dekomposisi bahan vector secara anaerob (tanpa adanya udara). Sebagai komponen utama gas alam, metana adalah sumber bahan bakar utama.

2.3.2 Pembentukan Gas Landfill

Pembentukan gas di TPA terjadi dalam kondisi anaerob (tanpa udara). Limbah padat perkotaan yang tersimpan pada saat pertama kali landfill akan mengalami tahap dekomposisi. Kurang dari 1 tahun kondisi anaerob mulai terbentuk dan bakteri penghasil metana mulai menguraikan limbah serta menghasilkan metana. Terbentuknya Landfill Gas terjadi melalui empat fase, yaitu (Garcia & Miller, 2017):

1. Fase I

Fase pertama dekomposisi, bakteri hidup dengan mengkonsumsi oksigen sehingga limbah terbentuk dari proses pemecahan rantai molekul dari karbohidrat, protein dan lipid. Produk yang dihasilkan pada fase dekomposisi yaitu karbon dioksida (CO₂). Jumlah oksigen yang dimiliki dapat mempengaruhi lamanya dekomposisi pada fase ini dan dapat terjadi dalam hitungan hari atau bulan.



2. Fase II

Fase kedua terjadi pada saat kondisi anaerob (tanpa adanya udara) oksigen yang ada di TPA telah terpakai. Bakteri mengubah senyawa yang dibentuk oleh bakteri aerob menjadi asam asetat, laktat, asam format dan seperti dan etanol. Karbon dioksida dan merupakan gas produk sampingan dari fase kedua ini.

3. Fase III

Asam yang diproduksi pada fase kedua akan dikonsumsi oleh bakteri anaerob, kemudian menghasilkan asam asetat dan asam. TPA menjadi lingkungan yang netral bakteri penghasil metana terbentuk dengan mengkonsumsi karbon dioksida dan asetat.

4. Fase IV

Di fase keempat dekomposisi yang terjadi pada saat komposisi dan produksi landfill gas tetap konstan. Landfill gas mengandung sekitar 45% sampai 50% karbon dioksida, 50% sampai 55% metana dalam satuan volume, dan 2% sampai 5% gas lainnya seperti sulfida. Lama waktu produksi landfill gas biasanya selama 20 tahun pada yang stabil di fase keempat. Produksi dari gas tersebut dapat berlangsung lebih lama apabila jumlah sampah yang terdapat pada limbah terbilang dalam jumlah yang besar.

2.3.3 Pembentukan Gas Metana

Sampah anorganik merupakan komponen dari sampah, sementara sampah organik menghasilkan bahan padat dan gas seperti CO₂, CH₄, dan H₂S dari hasil penguraian, serta asam-asam. Proses degradasi bahan organik menghasilkan gas metana dalam kondisi anaerob (tanpa udara). Selanjutnya, gas metana yang dihasilkan dapat mengalami berbagai proses, seperti teroksidasi di permukaan tanah landfill atau dapat ditangkap gas metannya.

Reaksi kimia pembuatan gas metana melalui 3 tahap, yaitu:

a. Reaksi Hidrolisa / Tahap pelarutan

Pada tahap hidrolisis terjadi pemecahan enzimatis berasal dari bahan yang mudah larut seperti polisakarida, protein, lemak, asam nukleat serta lain-lain bahan yang mudah larut. Di tahap ini bahan yg tidak mudah larut tersebut



diubah menjadi bahan yang larut pada air seperti karbohidrat serta asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung di suhu 25°C pada digester (Price dan Cheremisinoff, 1981).

b. Reaksi Asidogenik / Tahap pengasaman

Di tahap ini bakteri yang membuat asam adalah bakteri bisa tumbuh serta berkembang pada keadaan asam. Pembentukan asam pada kondisi anaerob sangat penting dalam membentuk gas metana oleh mikroorganismenya di proses selanjutnya. Pada kondisi anaerob produk yang dihasilkan akan menjadi substrat pada pembentukan gas metana oleh bakteri metanogenik. Tahap ini berlangsung di suhu 25°C sampai 30°C pada digester. (Price dan Cheremisinoff, 1981).

c. Reaksi Metanogenik / Tahap Pembentukan

Pada tahap ini, bakteri metanogenik menghasilkan gas metana secara anaerob. Bakteri produsen asam dan gas metana bekerja saling menguntungkan. Bakteri tersebut membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri penghasil metana, sedangkan bakteri pembentuk gas metan memakai asam yang dihasilkan dari bakteri penghasil asam. Selama 14 hari proses ini berlangsung dengan suhu 25°C hingga 35°C di pada digester. Proses ini akan menghasilkan 70% CH₄, 30% CO₂, sedikit H₂ serta H₂S (Price dan Cheremisinoff, 1981).

2.4 Model Analisis

Dalam rangka mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan, yaitu untuk mengukur dan menganalisis potensi emisi gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Iwaka, penelitian ini akan menggunakan model analisis yang terdiri dari beberapa komponen utama:

- **Deskripsi Model LandGEM:** Model LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) adalah aplikasi komputer yang dikembangkan oleh Environmental Protection Agency (EPA) Amerika Serikat. Model ini dirancang untuk memperkirakan jumlah emisi gas dari TPA berdasarkan dekomposisi bahan organik. Model ini menggunakan persamaan reaksi kinetik orde pertama untuk menghitung laju produksi gas metana, dengan mempertimbangkan faktor-faktor iklim, komposisi sampah, dan praktek pengelolaan TPA.



- **Parameter Model:** Parameter yang akan digunakan dalam model meliputi: laju dekomposisi sampah (k)

2. Potensi produksi metana (Lo)
 3. Jumlah sampah yang terdekomposisi
 4. Faktor koreksi iklim dan faktor koreksi kedalaman sampah
 5. Data historis mengenai jumlah sampah yang dikuburkan setiap tahun di TPA Iwaka
- **Prosedur Analisis:** Analisis akan dilakukan dengan memasukkan data yang relevan ke dalam model LandGEM untuk menghasilkan estimasi emisi gas. Langkah-langkah ini termasuk:
 1. Pengumpulan dan validasi data input
 2. Input data ke dalam model LandGEM
 3. Pengolahan data dan generasi hasil estimasi emisi
 4. Interpretasi hasil untuk menentukan potensi emisi gas dan penyebarannya
 - **Validasi LandGEM:** Validasi hasil LandGEM akan dilakukan dengan membandingkan estimasi emisi yang dihasilkan oleh model LandGEM dengan data emisi yang diukur di lapangan (jika tersedia) atau dengan studi kasus serupa di TPA lain untuk memastikan keakuratan model.

Dengan menambahkan model analisis yang terperinci ini, proposal penelitian ini diharapkan dapat memberikan kerangka kerja yang jelas untuk mengukur dan menganalisis emisi gas rumah kaca dari TPA Iwaka, serta memberikan dasar untuk rekomendasi pengelolaan sampah dan energi terbarukan yang lebih efektif.

2.5 Model Penyebaran Pencemaran Udara : AERMOD

AERMOD adalah model penyebaran pencemaran udara yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA) dan digunakan untuk memprediksi konsentrasi polutan di atmosfer dari berbagai sumber emisi. Model ini merupakan bagian dari sistem pemodelan AERMOD yang terdiri dari dua komponen utama: AERMET, preprosesor data meteorologi, dan AERMAP, preprosesor data geografis. AERMOD menggabungkan model perhitungan kualitas udara dengan penyebaran untuk memberikan estimasi yang akurat tentang bagaimana bergerak dan menyebar di atmosfer.



Model ini mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi penyebaran polutan, termasuk:

1. **Kondisi Meteorologi:** AERMOD menggunakan data meteorologi yang diolah oleh AERMET untuk memperhitungkan pengaruh kondisi cuaca, seperti kecepatan angin, arah angin, stabilitas atmosfer, dan data suhu, pada penyebaran polutan.
2. **Topografi:** AERMOD memperhitungkan pengaruh topografi lokal, seperti bukit atau bangunan, yang dapat mengubah pola penyebaran polutan.
3. **Karakteristik Sumber:** Model ini memperhitungkan karakteristik sumber emisi, seperti tinggi cerobong, laju emisi, dan suhu gas buang.

a. Penggunaan Model AERMOD

Dalam konteks penelitian tentang potensi emisi gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) di TPA Iwaka, AERMOD dapat digunakan untuk:

1. **Estimasi Konsentrasi Polutan:** Menghitung konsentrasi gas metana dan karbondioksida di sekitar TPA Iwaka berdasarkan data emisi yang dihasilkan.
2. **Pemetaan Penyebaran:** Memvisualisasikan penyebaran emisi gas dan menentukan area yang terpengaruh oleh konsentrasi polutan yang tinggi.
3. **Evaluasi Dampak:** Menilai dampak emisi terhadap kualitas udara lokal dan potensi risiko kesehatan bagi masyarakat sekitar.
4. **Strategi Mitigasi:** Mengembangkan strategi mitigasi untuk mengurangi dampak negatif dari emisi gas, seperti teknologi pengendalian polusi atau perubahan praktek pengelolaan sampah.

b. Prosedur Analisis dengan AERMOD

Untuk menggunakan AERMOD dalam penelitian, peneliti harus melakukan langkah-langkah berikut:

1. **Pengumpulan Data:** Mengumpulkan data meteorologi, topografi, dan emisi yang diperlukan untuk model.
2. **Pengolahan Data:** Memproses data meteorologi dengan AERMET dan data geografis dengan AERMAP.

Konfigurasi Model: Menyiapkan model AERMOD dengan parameter yang sesuai, termasuk karakteristik sumber emisi.



4. **Simulasi:** Menjalankan simulasi AERMOD untuk mendapatkan prediksi konsentrasi polutan.
5. **Analisis Hasil:** Menganalisis hasil simulasi untuk mengevaluasi penyebaran dan dampak emisi.

2.6 Potensi Gas Metana (CH₄) dan Karbondioksida (CO₂) dengan software LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) dan Penyebaran Pencemaran Udara Menggunakan Software AERMOD

Beberapa model untuk mengetahui produksi metana di tempat pembuangan sampah serta energi yang dihasilkan dari pembakaran metana, umumnya menggunakan persamaan matematis, dan memperhatikan kriteria tertentu sebelum menggunakan program, untuk mencapai hasil yang andal. Hasil tersebut berfungsi untuk menilai potensi emisi GRK (gas rumah kaca) (SILVA, 2012).

Pemodelan perangkat lunak LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) dikembangkan untuk penilaian kawasan pembuangan sampah limbah padat lingkungan kota. LandGEM memperkirakan volume serta komposisi gas yang diperoleh sepanjang waktu sebagai konsekuensi berasal degradasi bahan organik pada TPA (EPA, 2005 dalam Kalantarifard dan Yang, 2012).

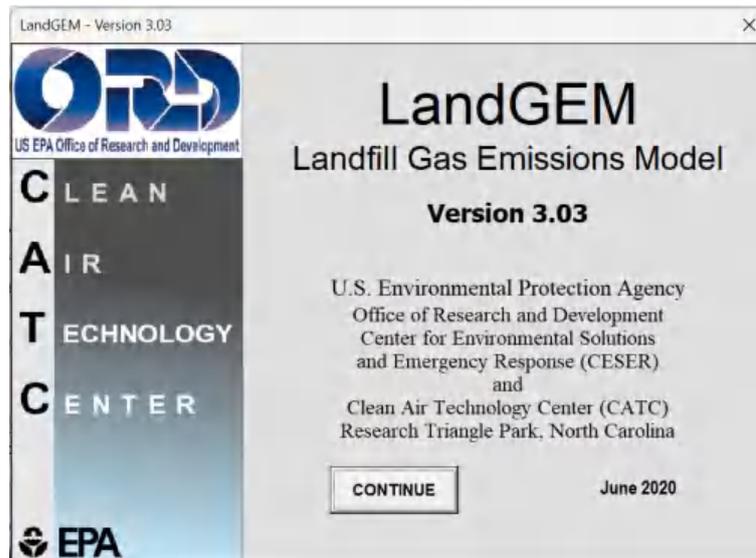
Data spesifik lokasi TPA digunakan dalam software LandGEM untuk memperkirakan emisi atau parameter default jika tidak ada data spesifik lokasi yang tersedia. Tersedia dua set parameter default, default CAA dan default inventaris. Default CAA berdasarkan peraturan federal untuk tempat pembuangan akhir yang ditata oleh Clean Air Act (CAA) dan bisa digunakan untuk menentukan apakah TPA tunduk pada persyaratan pengendalian ini peraturan.

LandGEM juga berfungsi sebagai alat yang dibutuhkan dalam pengukuran potensi produksi gas yang dapat diperoleh dari website U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA) software ini telah diakui (IPCC, 2006) dan (EPA, 2005) dalam menghitung produksi gas metana dan Karbondioksida yang dihasilkan oleh TPA. (Khoirusyi, 2020).



Berikut gambar software LandGEM:

Gambar 6 Software LandGEM

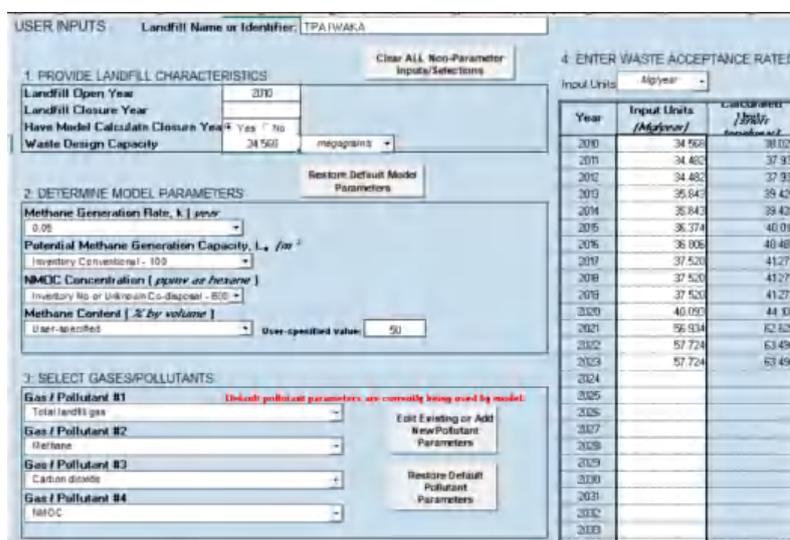


(Sumber : US-EPA, 2020)

Umumnya diasumsikan 50% metana dan 50% karbondioksida dengan tambahan unsur-unsur pokok penyerta dari NMOC dan polutan udara lainnya dari gas yang berasal dari TPA dihitung dalam LandGEM. Produksi metana ditentukan dengan menggunakan persamaan tingkat dekomposisi orde pertama dan tidak mempengaruhi konsentrasi metana. Akan tetapi, konsentrasi metana akan mempengaruhi perhitungan produksi karbon dioksida (Santiabudi, 2010).

Berikut beberapa Gambar default LandGEM dalam Tabel 1

Tabel 2 Default LandGEM



Sumber: (EPA, 2020)



Menjelaskan tentang software LandGEM digunakan untuk memberikan estimasi emisi gas dari tempat pembuangan akhir (TPA) dengan memasukkan data spesifik dan parameter terkait operasi TPA. Kita dapat menentukan karakteristik dasar TPA, seperti tahun pembukaan, kapasitas desain limbah, dan parameter yang mempengaruhi produksi gas, termasuk laju generasi metana dan konsentrasi NMOC. Selain itu, kita juga dapat memilih gas tertentu untuk dipantau dan memasukkan data penerimaan limbah tahunan untuk perhitungan estimasi.

Fitur-fitur ini memungkinkan kita untuk melakukan perencanaan yang lebih baik mengenai pengelolaan TPA, mengidentifikasi potensi risiko lingkungan dari emisi gas, dan memanfaatkan emisi gas sebagai sumber energi terbarukan. Software ini juga menyediakan fungsi untuk mengembalikan model ke parameter defaultnya, memberikan fleksibilitas untuk berbagai skenario penggunaan.

Dengan adanya peningkatan jumlah sampah yang diterima dari tahun ke tahun, software ini juga menunjukkan pentingnya pemodelan untuk memprediksi tren masa depan dalam pengelolaan sampah dan dampak lingkungannya, serta mendukung inisiatif pengurangan emisi gas rumah kaca dari TPA.

Tabel 3 Polutan default parameter

POLLUTANTS						
Landfill Name or Identifier: TPA IWAKA						
Enter New Pollutant Parameters			Edit Existing Pollutant Parameters			
Default parameters will be used by model unless alternate parameters are entered.						
Gas / Pollutant Default Parameters:				Enter User-specified Pollutant Parameters for Existing Pollutants:		
	Compound	Concentration (ppmv)	Molecular Weight	Notes	Concentration (ppmv)	Molecular Weight
Gases	Total landfill gas		30,03			
	Methane		16,04			
	Carbon dioxide		44,01			
	NMOC	600	86,18			
	1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	0,48	133,41	A		
	1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	1,1	167,85	A, B		
	1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	2,4	98,97	A, B		
	1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	0,20	96,94	A, B		
	1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	0,41	98,96	A, B		
	1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	0,18	112,99	A, B		
	2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	50	60,11	B		
	Acetone	7,0	58,08			

Sumber: (EPA, 2020)

Gambar software LandGEM tersebut adalah standar parameter gas dan polutan yang diemisikan di tempat pembuangan akhir (TPA), termasuk gas total, karbon dioksida, dan NMOC (Non-Methane Organic Compounds), serta senyawa organik volatil dan polutan berbahaya lainnya. Kita dapat menentukan konsentrasi dan berat molekul polutan sesuai dengan kebutuhan, yang



kemudian digunakan oleh model untuk menghitung emisi. Informasi ini penting untuk analisis lingkungan TPA dan dapat membantu dalam upaya pengelolaan dan mitigasi emisi polutan.

2.7 Pemodelan Penyebaran Pencemaran menggunakan Software AERMOD

AERMOD adalah model pemodelan penyebaran pencemaran udara yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Model ini dirancang untuk memprediksi konsentrasi polutan di atmosfer dari berbagai sumber emisi stasioner, seperti pabrik, pembangkit listrik, dan tempat pembuangan akhir, di area lokal hingga regional. AERMOD digunakan secara luas dalam perencanaan lingkungan dan evaluasi dampak kualitas udara untuk memenuhi regulasi kualitas udara dan mendukung keputusan pengelolaan lingkungan.

Berikut adalah beberapa jurnal ilmiah yang membahas penggunaan software AERMOD untuk studi pencemaran udara di Tempat Pembuangan Akhir (TPA):

1. **"PEMODELAN POLA PENYEBARAN PENCEMAR UDARA PLTU PT. KALTIM PRIMA COAL MENGGUNAKAN AERMOD"** (- ITS Repository). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh arah angin dan jarak sumber pencemar kemudian disimulasikan penyebaran pencemar udara akibat cerobong dengan menggunakan perangkat lunak AERMOD. Meskipun fokus utama penelitian ini adalah pada PLTU PT. Kaltim Prima Coal, metodologi dan aplikasi software AERMOD yang digunakan dapat memberikan insight dan referensi bagi penelitian serupa di area TPA.
2. **"Sistem Informasi Emisi Gas Rumah Kaca TPA Sampah Telaga Punggur"**. Penelitian ini mengenai prediksi Gas Rumah Kaca (GRK) berupa gas karbondioksida di TPA Telaga Punggur. Meskipun fokus utama bukan pada pencemaran udara secara langsung, penggunaan software AERMOD untuk analisis dan prediksi emisi gas rumah kaca dari TPA memberikan contoh aplikasi software dalam konteks TPA.
3. **"Simulasi Sebaran Emisi Udara CO dan NH₃ Menggunakan AERMOD di**



awa Timur" (- Seminar Nasional (ESEC) 2023). Penelitian ini membahas simulasi sebaran emisi udara CO dan NH₃ di TPA Jawa Timur menggunakan software AERMOD. Ini menunjukkan aplikasi langsung dari

AERMOD dalam konteks TPA untuk memodelkan sebaran polutan udara spesifik.

4. **"Uji Model AERMOD Terhadap Sebaran Particulate Matter 10 μm (PM10)".** Meskipun fokus pada PT Semen Padang, penelitian ini menggunakan AERMOD untuk memodelkan sebaran PM10, yang merupakan polutan udara penting di area TPA. Metodologi dan hasilnya dapat memberikan wawasan bagi penelitian serupa di lingkungan TPA.
5. **"Pelatihan Dasar-Dasar Permodelan Kualitas Udara Menggunakan Software Aermod (Untuk Praktisi Lingkungan)".** Meskipun bukan studi kasus spesifik TPA, pelatihan ini mencakup dasar-dasar penggunaan AERMOD untuk permodelan kualitas udara, yang relevan dan dapat diterapkan dalam studi pencemaran udara di TPA.

Penelitian-penelitian ini menunjukkan aplikasi software AERMOD dalam berbagai konteks yang berkaitan dengan pencemaran udara, termasuk di area TPA. AERMOD sebagai alat pemodelan yang kuat dapat digunakan untuk memprediksi sebaran polutan udara dari sumber-sumber seperti TPA, memberikan data penting untuk analisis dampak lingkungan dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan lingkungan.

A. Komponen Utama AERMOD

AERMOD terdiri dari tiga komponen utama:

1. AERMOD (Model Utama): Bagian utama yang melakukan perhitungan penyebaran polutan berdasarkan input dari dua komponen lainnya dan parameter fisik lingkungan.
2. AERMET (Preprocessor Data Meteorologi): Mengolah data meteorologi (seperti suhu, kecepatan angin, dan arah angin) untuk digunakan oleh AERMOD dalam memprediksi penyebaran polutan.
3. AERMAP (Preprocessor Data Topografi): Mengolah data topografi area sekitar sumber emisi untuk menentukan pengaruh topografi terhadap penyebaran polutan.



B. Cara Kerja AERMOD

Model AERMOD menggunakan pendekatan Gaussian plume untuk memodelkan penyebaran polutan. Model ini mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi penyebaran dan deposisi polutan, termasuk:

1. Karakteristik sumber emisi (tinggi cerobong, suhu gas buang, laju emisi)
2. Kondisi meteorologi (kecepatan angin, arah angin, stabilitas atmosfer)
3. Topografi lingkungan (keberadaan bukit atau bangunan yang mempengaruhi aliran udara)

C. Langkah-langkah Pemodelan dengan AERMOD

1. Pengumpulan Data: Mengumpulkan data yang diperlukan, termasuk data emisi dari sumber polutan, data meteorologi, dan data topografi area studi.
2. Pengolahan Data dengan AERMET dan AERMAP: Memproses data meteorologi dan topografi untuk mendapatkan file input yang akan digunakan oleh model utama AERMOD.
3. Konfigurasi Model: Menentukan parameter model, seperti lokasi sumber emisi, karakteristik sumber, dan area yang akan dimodelkan.
4. Simulasi dengan AERMOD: Melakukan simulasi untuk memprediksi konsentrasi polutan di udara pada berbagai lokasi dan waktu berdasarkan kondisi meteorologi dan topografi.
5. Analisis Hasil: Mengevaluasi hasil simulasi untuk menentukan area yang terdampak polusi, membandingkan dengan standar kualitas udara, dan mengidentifikasi kebutuhan mitigasi.

D. Aplikasi AERMOD

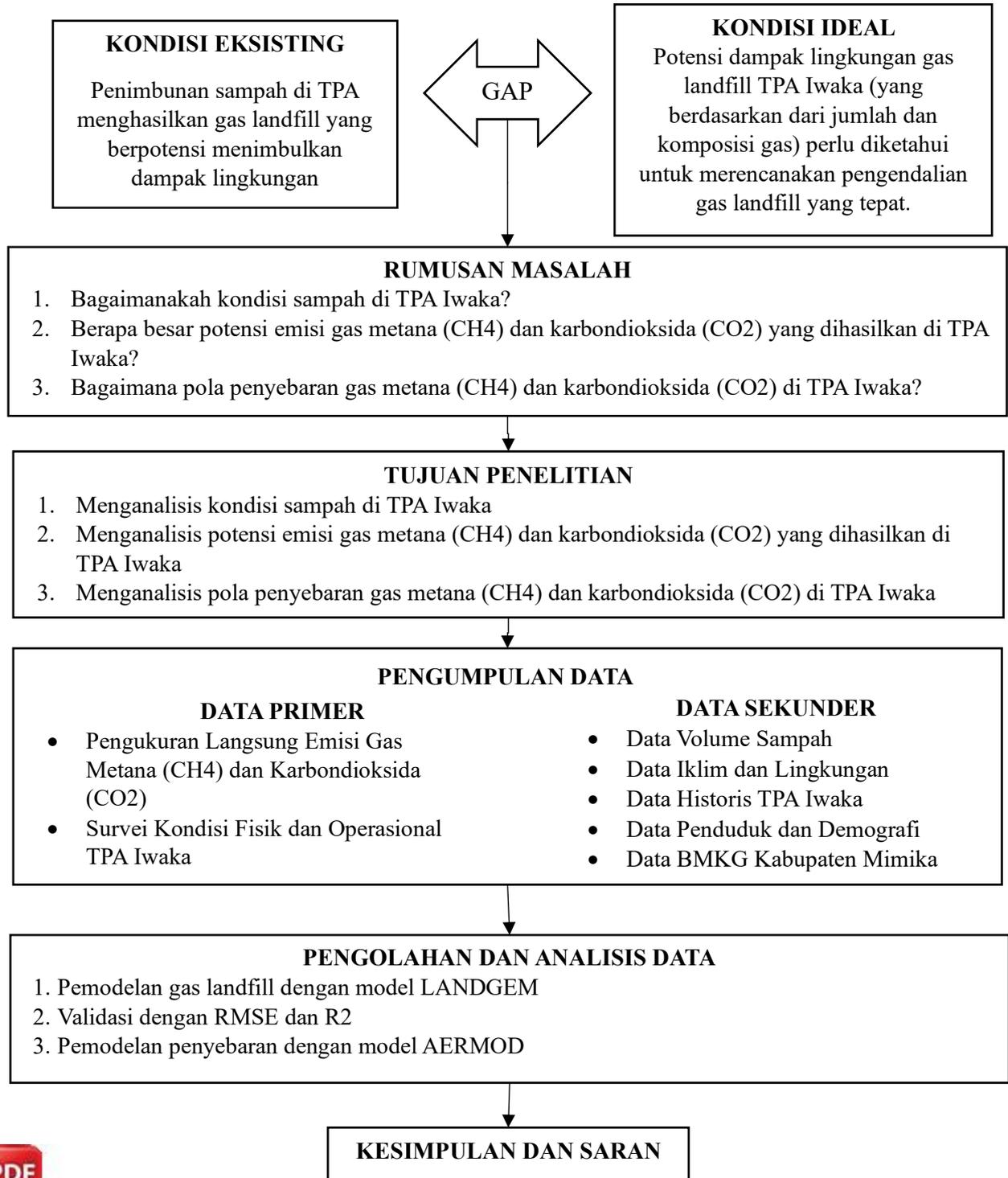
1. Evaluasi Dampak Lingkungan: Menilai dampak emisi polutan dari proyek baru atau yang sudah ada terhadap kualitas udara di sekitarnya.
2. Perencanaan Pengelolaan Lingkungan: Membantu dalam merencanakan dan menerapkan strategi pengendalian polusi udara.
3. Regulasi dan Kepatuhan: Digunakan untuk menunjukkan kepatuhan terhadap standar kualitas udara yang ditetapkan oleh regulator.



AERMOD adalah alat yang penting dan serbaguna dalam pemodelan kualitas udara yang membantu Peneliti dalam memahami dan mengelola dampak kegiatan terhadap lingkungan udara.

2.7.1 Kerangka Pikir Penelitian

Penjelasan secara garis besar tahapan dalam penelitian dituangkan kedalam kerangka pikir penelitian. Adapun tahap tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7 Kerangka Pikir Penelitian



2.8 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	S.M. Donovan, T. Bateson, J.R. Gronow, & N. Voulvoulis (2010) (Donovan, Bateson, Gronow, & Voulvoulis, 2010)	<i>Modelling The Behaviour of Mechanical Biological Treatment Outputs in Landfills Using the Gassim Model</i>	Jumlah gas landfill yang terbentuk dimodelkan dengan model GasSim. Penelitian ini menggunakan 4 skenario, dimana masing-masing skenario diberi perlakuan dengan CLO yang berbeda.	Mechanical biological treatment (MBT) adalah alternatif teknologi yang dikembangkan untuk mengurangi emisi gas landfill. Produk dari MBT yang berupa CLO (Compost like output) dapat diaplikasikan sebagai pelembap tanah (soil conditioner). Pada penelitian ini, CLO ditimbun bersama sampah lainnya di landfill. Produksi gas landfill dimodelkan dengan model GasSim. Hasil permodelan menunjukkan bahwa komposisi komponen sampah yang ditimbun mempengaruhi pembentukan gas landfill. CLO dari sampah dapur dan rumput, memberikan reduksi terbesar dalam jumlah gas landfill yang dihasilkan.
2.	Anwar Johari, Saeed Isa Ahmed, Haslenda Hashim, Habib Alkali, & Mat Ramli (2012) ri, Ahmed, m, Alkali, & nli, 2012)	<i>Economic and environmental benefits of landfill gas from municipal solid waste in Malaysia</i>	Jumlah gas landfill yang terbentuk dimodelkan dengan model IPCC	Pelepasan Gas Rumah Kaca (GRK) dan pengelolaan sampah domestik menjadi tantangan utama dalam pertumbuhan ekonomi. Padahal, sumber-sumber tersebut bisa dikelola menjadi sumber energy hijau. Gas landfill yang sebagian besar kandungannya terdiri dari metan dan karbon dioksida, terlepas dari sampah domestic melalui proses biodegradasi. Dari hasil pemodelan IPCC, gas landfill dari sampah



				domestik di Peninsula Malaysia diperkirakan 310.220 ton per tahun. Hasil tersebut diperkirakan dapat menghasilkan listrik sebesar 1,9 miliar kWh dalam setahun, atau setara dengan 190 juta US\$. Di sisi lain, pemanfaatan energy listrik dari sampah juga berkontribusi mengurangi gas karbon dioksida yang terlepas ke atmosfer sebesar 6.514.620 ton dalam setahun, atau setara dengan 85 juta US\$.
3.	Muralidhar Gollapalli & Sri Harsha Kota (2018) (Gollapalli & Kota, 2018)	<i>Methane emissions from a landfill in north-east India: Performance of various landfill gas emission models</i>	Produksi gas metan dan karbon dioksida diperkirakan dengan metode flux chamber. Hasil dari flux chamber dibandingkan dengan hasil pemodelan dari model Modified Triangular Method (MTM), IPCC, dan USEPA Landfill gas emissions model (LandGEM).	Dari hasil flux chamber, laju emisi rata-rata dari gas metan dan karbon dioksida adalah 68 dan 92 mg/menit/m ² . Emisi yang dihasilkan akan tinggi saat musim panas, sedangkan emisi yang dihasilkan akan rendah pada musim dingin. Hasil pemodelan dengan MTM memberikan hasil 1,9 kali dari metode flux chamber. Hasil pemodelan dengan IPCC memberikan hasil 1,4 kali dari metode flux chamber. Hasil pemodelan dengan LandGEM Clean Air Act memberikan hasil 3,3 kali dari metode flux chamber. Hasil pemodelan dengan LandGEM Inventory memberikan hasil 1,6 kali dari metode flux chamber.



5.	Saeid Fallahizadeh, Masoumeh Rahmatinia, Zakarya Mohammadi, Marzieh Vaezzadeh, Ali Tajamiri, & Hamed Soleimani (2019) (Fallahizadeh, Rahmatinia, Mohammadi, Vaezzadehe, & M., 2019)	<i>Estimation of methane gas by LandGEM model from Yasuj municipal solid waste landfill, Iran</i>	Jumlah gas landfill yang terbentuk dimodelkan dengan model LandGEM.	Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan jumlah gas metan yang dihasilkan dari landfill Kota Yasuj, Iran. Berdasarkan hasil model LandGEM, produksi gas metan pada tahun 2009, 2010, 2011, dan 2012 berturut-turut adalah 250, 275, 303, dan 330 m ³ /jam. Laju maksimum dari pembentukan metan terjadi pada tahun 2010 – 2012, setelah tahun 2012 produksi gas metan mulai menurun.
5	Ankur Choudhary, Ashish Kumar, & S. Kumar (2020)	<i>National Municipal Solid Waste Energy and Global Warming Potential Inventory: India</i>	Perkiraan gas metan yang terbentuk menggunakan model Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) with state specific values.	specific values). Hasil simulasi menunjukkan bahwa India akan melepas 1.048 Gg gas metan ke atmosfer pada tahun 2020, dan diperkirakan akan menjadi 1.969 Gg pada tahun 2030, jika skenario pengelolaan sampah eksisting tidak berubah. Konversi pengelolaan sampah landfill dari sistem open dump



				menjadi sanitary landfill (dilengkapi dengan sistem pengumpul gas metan), akan mampu memanfaatkan energy sebesar 1.387 MW pada tahun 2030.
6	F. Maticchiera, C. Manes, R.P. Beaven, T.C. Rees-White, F. Boano, J. Mønster, C. Scheutz (Maticchiera, et al., 2018)	<i>AERMOD as a Gaussian dispersion model for planning tracer gas dispersion tests for landfill methane emission quantification</i>	<p>Pengaturan Model dan Simulasi: Simulasi dilakukan menggunakan model dispersi AERMOD, yang dikembangkan oleh American Meteorological Society (AMS) dan U.S. Environment Protection Agency (EPA). Model ini memerlukan data meteorologi dan topografi, yang diproses menggunakan pre-processor AERMET dan AERMAP.</p> <p>Eksperimen TDM: Eksperimen dilakukan di TPA di Inggris Selatan pada Agustus 2014, menggunakan asetilen sebagai gas penanda. Konsentrasi gas diukur pada berbagai jarak dan arah dari TPA, tergantung pada arah angin.</p>	<p>Analisis Sensitivitas Model: AERMOD sangat sensitif terhadap pilihan kekasaran permukaan (Z0), sedangkan sangat tidak sensitif terhadap albedo dan rasio Bowen.</p> <p>Kalibrasi dan Validasi Model: Model dikalibrasi terhadap data eksperimental, menunjukkan bahwa $Z0 = 0.01$ m memberikan hasil terbaik.</p> <p>Jarak Pencampuran Penuh (FMD): Simulasi menunjukkan bahwa kondisi pencampuran penuh dicapai pada jarak yang bervariasi tergantung pada kekasaran permukaan dan kondisi meteorologi.</p>
	endiran, Ajay Kaustubh	<i>Dispersion Modelling of Odoriferous Compounds from Landfill</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Domain Studi: Fokus pada kota Pune, yang mengalami 	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas Udara: Hasil pemantauan udara di lima lokasi menunjukkan bahwa konsentrasi



	Goswami, Md. Nadeem Shaikh (Ravendiran, Ojha, Goswami, & Shaikh, 2019)		<p>peningkatan populasi dan produksi sampah.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meteorologi: Analisis kondisi cuaca untuk memahami polusi udara. • Pengambilan Sampel: Dilakukan di lima lokasi yang mewakili arah angin. • Model Dispersi: Menggunakan model AERMOD dan LandGEM untuk membuat inventaris emisi. 	<p>gas berbau berada dalam batas yang diperbolehkan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas Berbau: Empat gas utama yang diamati adalah gas TPA total, metana, karbon dioksida, dan NMOC. • Model Dispersi: Menunjukkan bahwa konsentrasi gas berbau tertinggi terletak di dekat Samarth Nagar, sekitar 300 meter dari situs.
8	Soni Prتامayudha Wijaya, Siti Ainun, Didin Agustian Permadi,* (Wijaya, Ainun, & Permadi, 2021)	<i>Methane Emission Estimation and Dispersion Modeling for a Landfill in West Java, Indonesia</i>	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) dan metode Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tahun 2006. Kedua metode ini digunakan untuk mengestimasi emisi gas metana (CH ₄) dari TPA Sarimukti di Jawa Barat, Indonesia. LandGEM membantu dalam perhitungan reaksi biologis	Hasil penelitian yang disajikan dalam dokumen ini menunjukkan bahwa estimasi emisi gas metana (CH ₄) dari TPA Sarimukti diperoleh menggunakan dua metode, yaitu Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) dan metode IPCC Guideline tahun 2006. Hasil dari kedua metode ini menunjukkan perbedaan, dengan LandGEM menghasilkan estimasi emisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode IPCC.



			dalam model, sementara metode IPCC 2006 digunakan sebagai pendekatan default dengan data yang telah disesuaikan dengan kondisi iklim tropis lembab. Selain itu, untuk menentukan pola dispersi emisi metana, penelitian ini juga menggunakan software AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD).	
9	Wangsa, D., Bachtiar, V.S., Raharjo, S. (Wangsa, Bachtiar, & Raharjo, 2022)	Uji Model AERMOD Terhadap Sebaran Particulate Matter 10 μm (PM10) di Sekitar Kawasan PT Semen Padang	Penelitian ini menggunakan alat EPAM 5000 Real Time Particulate Air Monitor untuk mengukur konsentrasi PM10 di udara ambien di sekitar PT Semen Padang. Pengukuran dilakukan di 32 lokasi yang dipilih berdasarkan arah mata angin pada jarak tertentu dari sumber emisi. Kondisi meteorologi diukur menggunakan alat Meteorological Station PCE-FWS-20. Data hasil pengukuran kemudian diolah dengan menggunakan software AERMOD untuk memprediksi sebaran PM10.	Konsentrasi PM10 di udara ambien di lokasi penelitian berkisar antara 21 – 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rata-rata 24 jam sebesar 41,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ berdasarkan pengukuran EPAM 5000. Model AERMOD memprediksi konsentrasi PM10 yang lebih rendah, berkisar antara 3,5 – 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rata-rata 24 jam sebesar 10,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Lokasi 11 dengan koordinat S 0°56'52.46" dan E 100°27'41.88" tidak memenuhi baku mutu udara ambien nasional berdasarkan pengukuran EPAM 5000. Berdasarkan hasil uji statistik dengan SPSS, terdapat perbedaan nyata antara data konsentrasi PM10 yang diukur langsung di lapangan dengan hasil prediksi AERMOD.

