

**STUDI REDUKSI EMISI GAS CO₂ DARI SEKTOR
PERSAMPAHAN DI KAWASAN AJATAPPARENG
SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**ALFIYAH ZHAFIRAH IMAN
D131 17 1514**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI REDUKSI EMISI GAS CO₂ DARI SEKTOR PERSAMPAHAN DI KAWASAN AJATAPPARENG SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

Alfiyah Zhafirah Iman
D131171514

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 30 Juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr.Eng. Ir. Irwan Ridwa Rahim, S.T., M.T.
NIP 197211192000121001

Pembimbing Pendamping,



Dr.Eng. Ir. Kartika Sari, S.T., M.T.
NIP 197312012000121001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfiyah Zhafirah Iman

NIM : D131 17 1514

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Studi Reduksi Emisi Gas Co2 Dari Sektor Persampahan Di Kawasan
Ajatappareng Sulawesi Selatan

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitnya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Agustus 2024



Yang Menyatakan

Alfiyah Zhafirah Iman

ABSTRAK

ALFIYAH ZHAFIRAH IMAN. *Studi Reduksi Emisi Gas CO₂ dari Sektor Persampahan di Kawasan Ajatappareng Sulawesi Selatan* (dibimbing oleh Drdan Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T dan Dr. Eng Kartika Sari, S.T., M.T.)

Kawasan Ajatappareng, yang meliputi wilayah Kabupaten Barru, Kabupaten Sidrap, Kota Parepare, Kabupaten Pinrang, dan Kabupaten Enrekang di Sulawesi Selatan. wilayah ini menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan, terutama terkait emisi gas karbon dioksida (CO₂). Salah satu sumber utama emisi CO₂ di Ajatappareng adalah sektor pengelolaan sampah yang belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk Mengidentifikasi tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor sampah dan merumuskan solusi dan upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ dari sektor sampah di wilayah Ajatappareng yang meliputi Kabupaten Barru, Kabupaten Sidrap, Kota Parepare, Kabupaten Pinrang, dan Kabupaten Enrekang.

Berdasarkan Hasil emisi GRK dari transportasi pengangkut sampah di Ajatappareng menggunakan GHG *Simulation-Version II* untuk Kabupaten Barru emisi sebesar 16.299,84 kg CO₂-eq/bulan, Kabupaten Sidrap 17.076,03 kg CO₂-eq/bulan, Kota Parepare 16.817,30 kg CO₂-eq/bulan, Kabupaten Pinrang 17.722,85 kilogram CO₂-eq/bulan, Kabupaten Enrekang mencapai 19.145,85 kilogram CO₂-eq/bulan.

Hasil emisi GRK dari campuran sampah TPA di Ajatappareng untuk Kabupaten Barru total sebesar 918.531,01 kg CO₂-eq, Kabupaten Sidrap 1.733.537,85 kg CO₂-eq/bulan, Kota Parepare 1.404.917,59 kg CO₂-eq /bulan, Kabupaten Pinrang 1.723.004,12 kg CO₂-eq/bulan, Kabupaten Enrekang 523.506,36 kg CO₂-eq/bulan. Solusi dan upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ dari sektor sampah di Ajatappareng yaitu meningkatkan daur ulang, mengelola sampah organik melalui kompos, membuat rumah kompos dan memastikan pengelolaan yang tepat untuk sampah elektronik. Penggunaan energi terbarukan dan teknologi modern dapat meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sampah. Pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, pengelolaan limbah berbahaya, dan edukasi masyarakat serta kolaborasi dengan sektor swasta dan optimalisasi logistik pengangkutan sampah akan memiliki dampak positif dalam mengurangi emisi CO₂.

Kata Kunci: Emisi CO₂, Pengelolaan Sampah, Efisiensi pengelolaan sampah, GHG *Simulation-Version II*, Kawasan Ajatappareng.

ABSTRACT

ALFIYAH ZHAFIRAH IMAN. Study on CO₂ Emission Reduction from the Waste Management Sector in the Ajatappareng Region, South Sulawesi (supervised by and)

The Ajatappareng region, which includes the areas of Barru Regency, Sidrap Regency, Parepare City, Pinrang Regency, and Enrekang Regency in South Sulawesi, faces significant environmental management challenges, particularly related to carbon dioxide (CO₂) emissions. One of the main sources of CO₂ emissions in Ajatappareng is the suboptimal waste management sector. This study aims to identify the level of CO₂ emissions generated from the waste sector and formulate solutions and efforts to reduce CO₂ emissions from the waste sector in the Ajatappareng region, which includes Barru Regency, Sidrap Regency, Parepare City, Pinrang Regency, and Enrekang Regency.

Based on the results of GHG emissions from waste transportation in Ajatappareng using GHG Simulation-Version II, Barru Regency emitted 16,299.84 kg CO₂-eq/month, Sidrap Regency 17,076.03 kg CO₂-eq/month, Parepare City 16,817.30 kg CO₂-eq/month, Pinrang Regency 17,722.85 kg CO₂-eq/month, and Enrekang Regency 19,145.85 kg CO₂-eq/month.

The results of GHG emissions from landfill waste mixtures in Ajatappareng for Barru Regency totaled 918,531.01 kg CO₂-eq, Sidrap Regency 1,733,537.85 kg CO₂-eq/month, Parepare City 1,404,917.59 kg CO₂-eq/month, Pinrang Regency 1.723.004,12 kg CO₂-eq/month, and Enrekang Regency 523,506.36 kg CO₂-eq/month. Solutions and efforts that can be made to reduce CO₂ emissions from the waste sector in Ajatappareng include increasing recycling, managing organic waste through composting, creating composting facilities, and ensuring proper management of electronic waste. The use of renewable energy and modern technology can improve efficiency in waste management. Reducing the use of single-use plastics, managing hazardous waste, educating the public, collaborating with the private sector, and optimizing waste transportation logistics will have a positive impact on reducing CO₂ emissions.

Keywords: CO₂ Emissions, Waste Management, Waste Management Efficiency, GHG Simulation-Version II, Ajatappareng Region.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup.....	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Konsep Tentang Pengelolaan Sampah	8
2.1.1 Pengertian sampah	8
2.1.2 Jenis-jenis sampah	8
2.1.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah sampah	10
2.2 Karbon Dioksida CO ₂	11
2.3 Gas Rumah Kaca.....	14
2.3.1 Pengertian emisi gas rumah kaca	14
2.3.2 Sumber-sumber emisi gas rumah kaca.....	16
2.3.3 Pemilihan metodologi inventarisasi gas rumah kaca menurut tingkat Ketelitian	17
2.4 Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	22
3.2.1 Waktu penelitian	22
3.2.2 Lokasi penelitian	22
3.3 Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder	23
3.3.1 Data primer	23
3.3.2 Data sekunder.....	23
3.4 Pengelolaan Data dan Analisis Data	23
3.5 Proses Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Laju Timbulan Sampah di Ajatappareng	28
4.2 Sumber Sampah di Ajatappareng.....	30
4.3 Komposisi Sampah di Ajatappareng.....	32
4.4 Transportasi Pengangkut Sampah di Ajatappareng	36

4.4.1 Transportasi pengangkut sampah di Kabupaten Barru	37
4.4.2 Transportasi pengangkut sampah di Kabupaten Sidrap	38
4.4.3 Transportasi pengangkut sampah di Kota Parepare	39
4.4.4 Transportasi pengangkut sampah di Kabupaten Pinrang	40
4.4.5 Transportasi pengangkut sampah di Kabupaten Enrekang	41
4.5 Aplikasi GHG <i>Simulation-Version II</i>	42
4.5.1 Langkah-langkah penggunaan aplikasi GHG <i>simulation-version II</i> ..	43
4.5.2 Batasan simulasi dan program	47
4.6 Estimasi Emisi Gas CO ₂ dari Transportasi Pengangkut Sampah di Ajatappareng	48
4.7 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Campuran Sampah TPA di Ajatappareng	58
4.8 Solusi Mereduksi Emisi Gas CO ₂ di Ajatappareng	71
4.9 Fenomena Hasil Penelitian	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Diagram alir penelitian	21
Gambar 2	Peta geopolitik Sulawesi Selatan sekitar tahun 1590	22
Gambar 3	Perhitungan GHG <i>Simulation-Version II</i> melalui <i>spreadsheet</i> untuk transportasi pengangkut sampah	25
Gambar 4	Perhitungan GHG <i>Simulation-Version II</i> melalui <i>spreadsheet</i> dari campuran sampah di TPA	26
Gambar 5	Halaman panduan pengguna dari <i>GHG Simulation-Version II</i> ...	43
Gambar 6	Halaman Beranda (<i>home</i>) dari <i>GHG Simulation-Version II</i>	44
Gambar 7	Halaman <i>GHG Simulation-Version II</i> untuk mengukur emisi GRK dari transportasi sampah.....	45
Gambar 8	Halaman <i>GHG Simulation-Version II</i> untuk mengukur emisi GRK dari campuran sampah TPA.....	46
Gambar 9	Grafik total sampah yang diangkut setiap bulan (Ton) di Ajatappareng.....	50
Gambar 10	Grafik penggunaan bahan bakar disel (liter/bulan) di Ajatappareng	50
Gambar 11	Grafik emisi GRK langsung dari transportasi (Kg CO ₂ /ton sampah) di Ajatappareng.....	50
Gambar 12	Grafik total emisi (GRK) yang dihasilkan dari transportasi dalam satu bulan (Kg CO ₂ /bulan) di Ajatappareng.....	51
Gambar 13	Hasil emisi GRK dari pengangkutan sampah Kabupaten Barru menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	
Gambar 14	Hasil emisi GRK dari pengangkutan sampah Kabupaten Sidrap menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	52
Gambar 15	Hasil emisi GRK dari pengangkutan sampah Kota Parepare menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	54
Gambar 16	Hasil emisi GRK dari pengangkutan sampah Kabupaten Pinrang menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	55
Gambar 17	Hasil emisi GRK dari pengangkutan sampah Kabupaten Enrekang menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	56
Gambar 18	Grafik total sampah campuran di Ajatappareng.....	61
Gambar 19	Grafik emisi metana CH ₄ (Kg CH ₄ /ton sampah organik) di Ajatappareng.....	62
Gambar 20	Grafik emisi GRK langsung dari pembuangan sampah campuran (kg CO ₂ -eq/ton) di Ajatappareng.....	62
Gambar 21	Grafik total emisi (kg CO ₂ -eq/ton) di Ajatappareng.....	62
Gambar 22	Hasil emisi GRK dari campuran sampah TPA di Kabupaten Barru menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	63
Gambar 23	Hasil emisi GRK dari campuran sampah TPA di Kabupaten Sidrap menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	64
Gambar 24	Hasil emisi GRK dari campuran sampah TPA di Kota Parepare menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	66
Gambar 25	Hasil emisi GRK dari campuran sampah TPA di Kabupaten Pinrang menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	67
Gambar 26	Hasil emisi GRK dari campuran sampah TPA di Kabupaten Enrekang menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i>	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Nilai <i>Global Warning Potential</i> gas rumah kaca	15
Tabel 2	Laju timbunan sampah di Ajatappareng.....	28
Tabel 3	Sumber sampah di Ajatappareng.....	31
Tabel 4	Komposisi sampah di Ajatappareng	33
Tabel 5	Transportasi pengangkut sampah di Ajatappareng.....	37
Tabel 6	Hasil emisi GRK dari transportasi pengangkut sampah menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i> di Ajatappareng.....	49
Tabel 7	Hasil emisi GRK dari campuran sampah TPA menggunakan <i>GHG Simulation-Version II</i> di Ajatappareng	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dokumentasi.....	88
------------	------------------	----

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Studi Reduksi Emisi Gas CO₂ dari Sektor Persampahan di Kawasan Ajatappareng Sulawesi Selatan”**. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi umat yang membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang Strata-1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat, dan doa dari berbagai pihak yang membuat penulis semangat dan mampu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua penulis yakni Ayahanda DR. Luqman Machmud Diponegoro, S.Ag., SE., MM. dan Ibunda Hj. Ipawaty Z., S.Kep. Ns yang memberikan kasih sayang, dukungan dan doa yang mengiringi setiap langkah penulis. Selain itu, atas terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T, selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Dr. Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T, selaku pembimbing pertama yang selalu memotivasi, mendukung dan memperhatikan perkembangan penulis selama dalam penyusunan tugas akhir
3. Dr. Eng. Ir. Kartika Sari, S.T., M.T, selaku pembimbing kedua yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing dan memperhatikan perkembangan penulis selama menyusun tugas akhir.
4. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan dan Departemen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan masukan terkait tugas akhir ini.

5. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam proses administrasi
6. Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas kebaikan kalian.
7. Terima kasih yang tak terhingga kepada diri saya sendiri karena mampu bertahan dan menyelesaikan skripsi ini walaupun sangat banyak rintangan dan hambatan yang saya hadapi.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna melengkapi segala kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, Agustus 2024

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan zaman yang semakin canggih dan modern sekarang ini juga tentu saja diiringi dengan perkembangan teknologi dan laju pertumbuhan penduduk yang semakin cepat pula. Peningkatan populasi dan teknologi tentu saja akan membawa dampak-dampak lainnya. Salah satunya berdampak pada pertumbuhan ekonomi. Seperti yang diketahui, pertumbuhan ekonomi salah satu dari proses pembangunan negara. Tentu saja negara berharap agar pertumbuhan ekonomi terus meningkat.

Pertumbuhan ekonomi adalah kenaikan kapasitas jangka panjang dari negara untuk menyediakan berbagai barang ekonomis kepada penduduknya. Dimana kenaikannya dikarenakan adanya kemajuan atau penyesuaian teknologi dan lainnya terhadap keadaan yang ada. Pertumbuhan ekonomi juga dapat berupa baiknya jumlah pendapatan perkapita yang diperoleh. Pendapatan perkapita merupakan salah satu tolak ukur kesejahteraan dari suatu daerah (Handayani, 2016)

Keadaan ekonomi mempengaruhi jumlah sampah yang dihasilkan, jadi semakin tinggi keadaan ekonomi dimana yang dimaksud disini ialah semakin tinggi/bagus pendapatan per kapitanya, maka semakin banyak pula jumlah sampah yang dihasilkan setiap harinya. (Bakar, 2014)

Seorang pemimpin dahulu dari Saja Tappareng (Toraja, Enrekang, Rappang, (sidrap), Pinrang, Parepare dan Barru) ini bernama Nene Mallomo/Petta Massenreng. Namun pada pemerintahan modern saat ini, wilayah Saja Tappareng tersisa 5 kabupaten/kota saja diantaranya adalah Barru, Pare-pare, Enrekang, Sidrap, dan Pinrang sehingga penyebutan Saja Tappareng berubah menjadi Ajatappareng. Ajatappareng ini merupakan daerah-daerah yang memiliki pendapatan per kapita yang baik. Dimana pada tahun 2021 Pare-pare (51,18 Juta rupiah), Barru (43,43 Juta rupiah), Sidrap (47,19 Juta rupiah), Pinrang (53,41 Juta rupiah), dan Enrekang (36,06 Juta rupiah). Dikarenakan pendapatan per kapita yang tinggi maka sesuai faktor yang mempengaruhi produksi sampah, sampah yang diproduksi juga tentu meningkat untuk daerah-daerah ini.

Menurut undang-undang no.18 tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Berbagai dampak dapat ditimbulkan dari sampah ini, misalnya mengeluarkan cairan/bau tidak sedap serta gas rumah kaca dimana ini ikut serta dalam pemanasan global dan perubahan iklim. (IPCC, 2008).

Menurut *Natural Resources Defense Council* (NRDC), pemanasan global (*global warming*) adalah proses peningkatan suhu udara karena terperangkapnya panas di atmosfer oleh gas karbondioksida yang mengancam perubahan iklim. Gas rumah kaca menurut PP no.61 Tahun 2011 adalah gas yang terkandung dalam atmosfer baik alami maupun antropogenik yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Emisi gas rumah kaca adalah lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu.

Sumber terbesar emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengelolaan sampah ialah asalnya dari proses pengangkutan sampah dimulai dari sumber hingga ke tempat penimbunan sampah ke TPA. Kendaraan yang digunakan dalam pengangkutan sampah dari sumber ke TPA menggunakan pengangkut *pick up* atau truk yang menggunakan bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas karbondioksida (CO₂) yang juga termasuk dalam salah satu gas rumah kaca. Besarnya emisi CO₂ dari kegiatan pengangkut sampah bergantung pada metode, jarak pengangkutan, kapasitas kendaraan yang mengangkut, dan jumlah bahan bakar yang digunakan. Emisi CO₂ dari sektor sampah berkontribusi signifikan terhadap perubahan iklim dengan meningkatkan konsentrasi gas ini di atmosfer. Efek ini berdampak luas pada lingkungan, termasuk peningkatan frekuensi dan intensitas bencana alam, perubahan pola cuaca, dan kenaikan permukaan laut. (Chaerul dkk, 2020).

Kawasan Ajatappareng, yang meliputi wilayah Kabupaten Pinrang, Sidrap, Barru, Enrekang dan Kota Parepare di Sulawesi Selatan, merupakan daerah yang berkembang pesat dalam sektor pertanian dan perkebunan. Namun, dengan peningkatan populasi dan aktivitas ekonomi, wilayah ini menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan, terutama terkait emisi gas karbon dioksida (CO₂). Salah satu sumber utama emisi CO₂ di Ajatappareng adalah sektor pengelolaan sampah yang belum optimal.

Kabupaten Barru menghadapi peningkatan emisi CO₂ terutama dari sektor transportasi dan penggunaan listrik. Data dari BPS menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor dan penggunaan energi listrik yang tinggi menjadi kontributor utama emisi CO₂ di daerah ini. Di Barru, pengelolaan sampah yang tidak optimal menyebabkan emisi CO₂. Selain itu, praktik pembakaran sampah terbuka juga menambah jumlah CO₂ di atmosfer. (BPS Kabupaten Barru, 2024)

Kabupaten Sidrap dikenal dengan proyek pembangkit listrik tenaga angin terbesar di Indonesia. Meski proyek ini membantu mengurangi emisi karbon secara keseluruhan, penggunaan energi dari sumber fosil di sektor lain masih menjadi tantangan. Data statistik terbaru menunjukkan bahwa laju pertumbuhan ekonomi dan industri di Sidrap turut meningkatkan emisi CO₂ dari kegiatan non-energi terbarukan. Kabupaten Sidrap menghadapi tantangan dalam pengelolaan sampah domestik dan industri. Emisi CO₂ dari sektor sampah terutama berasal dari pembakaran sampah oleh masyarakat. Proyek pengelolaan sampah terpadu dan penggunaan teknologi biogas dari sampah organik sedang diupayakan untuk mengurangi emisi ini. (BPS Kabupaten Sidrap, 2024)

Kota Parepare mengalami peningkatan emisi CO₂ dari sektor transportasi dan industri. Pertumbuhan ekonomi kota ini, yang didukung oleh aktivitas perdagangan dan jasa, telah menyebabkan peningkatan penggunaan bahan bakar fosil. Data dari BPS menunjukkan adanya peningkatan emisi dari sektor-sektor ini, meski belum ada upaya signifikan untuk mitigasi emisi CO₂ di daerah ini. Di Kota Parepare, peningkatan volume sampah seiring dengan pertumbuhan penduduk dan urbanisasi telah meningkatkan emisi CO₂. Kebijakan pengelolaan sampah yang belum sepenuhnya diterapkan menyebabkan banyak sampah yang berakhir di TPA, menghasilkan emisi gas metana dan CO₂. (BPS Kota Parepare, 2024)

Di Kabupaten Pinrang, peningkatan emisi CO₂ terkait dengan kegiatan agrikultur dan transportasi. Data dari BPS Kabupaten Pinrang mengindikasikan bahwa meskipun sektor agrikultur mendominasi perekonomian, penggunaan alat-alat pertanian berbahan bakar fosil serta peningkatan transportasi hasil pertanian ke pasar-pasar utama berkontribusi signifikan terhadap emisi CO₂. Pinrang juga menghadapi masalah emisi CO₂ dari sektor sampah. Tumpukan sampah organik di

TPA dan pembakaran sampah di area terbuka menjadi sumber utama emisi. (BPS Kabupaten Pinrang, 2024)

Kabupaten Enrekang, yang juga memiliki basis ekonomi agrikultur, menghadapi tantangan serupa dengan Pinrang. Kegiatan pertanian intensif dan penggunaan pupuk kimia serta pestisida juga menyumbang pada peningkatan emisi CO₂. Data dari berbagai publikasi menunjukkan bahwa sektor transportasi dan pembakaran biomassa dalam kegiatan rumah tangga turut berkontribusi pada emisi CO₂. Di Kabupaten Enrekang, pengelolaan sampah yang kurang efektif menyebabkan peningkatan emisi CO₂ dari pembusukan sampah organik dan pembakaran sampah. (BPS Kabupaten Enrekang, 2024)

Fenomena UHI (*Urban Heat Island*) adalah fenomena di mana suhu di daerah perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya akibat aktivitas manusia, termasuk emisi dari sektor sampah. Peningkatan suhu ini disebabkan oleh penyerapan dan penyimpanan panas oleh bangunan dan jalan raya, serta kurangnya vegetasi yang dapat menyerap CO₂ dan memberikan efek pendinginan. UHI tidak hanya meningkatkan kebutuhan energi untuk pendinginan, tetapi juga memperparah kualitas udara dengan meningkatkan konsentrasi polutan seperti CO₂. Di Kabupaten Barru, pada tahun 2021 suhu rata-rata berkisar antara 27.2°C pada Januari dan mencapai 29.5°C pada Agustus. Pada tahun 2022, suhu rata-rata mulai dari sekitar 26.4°C pada Januari hingga 27.6°C pada September. Tahun 2023 mencatat suhu rata-rata antara 26.3°C pada Januari hingga 28.9°C pada Oktober, menunjukkan variasi yang cukup signifikan sepanjang tahun. Di Kabupaten Sidrap, pada tahun 2020 suhu rata-rata adalah sekitar 26.8°C. Pada tahun 2021, suhu rata-rata sedikit meningkat menjadi sekitar 27.0°C, yang tetap stabil hingga tahun 2022. Tahun 2023 menunjukkan kenaikan lagi menjadi sekitar 27.2°C. Kota Parepare mencatat suhu rata-rata sekitar 28.5°C dari tahun 2021 hingga 2023. Pada tahun suhu rata-rata tahunan berkisar antara 25.6°C hingga 31.5°C. Kabupaten Pinrang dan Enrekang menunjukkan pola peningkatan suhu yang serupa. Di Pinrang, suhu rata-rata mulai dari 26.5°C hingga 27.5°C pada tahun 2020, naik sedikit menjadi sekitar 27.0°C pada 2021 dan tetap stabil hingga tahun 2022. Pada tahun 2023, suhu rata-rata mencapai sekitar 27.2°C. Di Kabupaten Enrekang, suhu rata-rata berkisar antara 23°C hingga 30°C pada tahun 2020, naik menjadi sekitar 23°C hingga 31°C.

Data ini mencerminkan kecenderungan umum peningkatan suhu di wilayah-wilayah tersebut selama empat tahun terakhir, sesuai dengan pola anomali suhu yang dilaporkan oleh BMKG dan BPS. Peningkatan suhu seperti ini penting untuk dipantau lebih lanjut dalam konteks perubahan iklim global dan dampaknya terhadap ekologi dan masyarakat lokal. (BPS, 2024) (BMKG,2024).

Dengan latar belakang ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengatasi permasalahan emisi CO₂ dari sektor sampah di wilayah Ajatappareng dan memberikan solusi yang berkelanjutan untuk pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Solusi, dengan harapan penulis outputnya bisa dijadikan informasi penting untuk kedepannya, mengingat bahwa hingga sekarang belum ada penyediaan informasi terkait emisi gas CO₂ di Ajatappareng yang dituangkan dalam laporan tugas akhir dengan judul **“Studi Reduksi Emisi Gas CO₂ dari Sektor Persampahan di Kawasan Ajatappareng Sulawesi Selatan.”**

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor sampah di wilayah Ajatappareng meliputi Kabupaten Barru, Kabupaten Sidrap, Kota Parepare, Kabupaten Pinrang, dan Kabupaten Enrekang?
2. Apa solusi/upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ dari sektor sampah di Ajatappareng meliputi Kabupaten Barru, Kabupaten Sidrap, Kota Parepare, Kabupaten Pinrang, dan Kabupaten Enrekang?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Mengidentifikasi tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor sampah di wilayah Ajatappareng yang meliputi Kabupaten Barru, Kabupaten Sidrap, Kota Parepare, Kabupaten Pinrang, dan Kabupaten Enrekang
2. Merumuskan solusi dan upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ dari sektor sampah di Ajatappareng yang meliputi Kabupaten Barru, Kabupaten Sidrap, Kota Parepare, Kabupaten Pinrang, dan Kabupaten Enrekang

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Pemahaman yang Lebih Mendalam: Penelitian ini akan membantu dalam memahami secara lebih mendalam tentang tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor sampah di wilayah Ajatappareng. Hal ini penting untuk mengetahui seberapa besar kontribusi sektor sampah terhadap emisi gas rumah kaca secara keseluruhan.
2. Dampak Lingkungan dan Kesehatan: Penelitian ini juga akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang dampak emisi CO₂ terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat di Ajatappareng. Informasi ini penting dalam mengevaluasi urgensi tindakan mitigasi.
3. Solusi dan Upaya Pengurangan: Dengan merumuskan solusi dan upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ dari sektor sampah di Ajatappareng, penelitian ini akan memberikan panduan praktis bagi pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya dalam merancang kebijakan dan program yang efektif.
4. Kontribusi terhadap Pembangunan Berkelanjutan: Penelitian ini dapat menjadi langkah awal dalam mengembangkan strategi pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan di Ajatappareng, sehingga berkontribusi pada pembangunan yang lebih berkelanjutan secara keseluruhan.

1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian berada pada Ajatappareng (Kabupaten Barru, Kabupaten Sidrap, Kota Parepare, Kabupaten Pinrang, dan Kabupaten Enrekang)
2. Parameter yang dihitung adalah CO₂ yang berasal dari sektor persampahan di Ajatappareng
3. Metode perhitungan emisi CO₂ menggunakan *GHG Simulation-Version II*.

1.6. Sistematika Penulisan

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab Pendahuluan ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, serta ruang lingkup/Batasan masalah, diakhiri dengan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab Tinjauan Pustaka ini berisi tinjauan umum hingga ketentuan dalam menganalisis dan merencanakan berdasar pada literatur.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab Metodologi Penelitian ini berisi mengenai jenis penelitian, waktu yang digunakan untuk penelitian, lokasi penelitian, rancangan penelitian hingga prosedur penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil penelitian dan pembahasannya yang disajikan berupa analisis data-data yang telah diperoleh dari eksperimen yang telah dilakukan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab Kesimpulan dan Saran ini berisi tentang kesimpulan penelitian dari hasil analisis data-data yang telah ada dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Tentang Pengelolaan Sampah

2.1.1 Pengertian sampah

Menurut *World Health Organization* (WHO), sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Lalu berdasarkan UU Nomor 8 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat, berupa zat organik atau anorganik, dan bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai, yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan. (Chotimah, 2020).

Dilihat dari definisi di atas, dapat disimpulkan definisi sampah adalah sisa dari kegiatan sehari-hari manusia berupa material tertentu yang tidak diinginkan, tidak terpakai, atau dianggap sebagai sisa yang tidak bernilai sehingga harus dibuang dan dimusnahkan.

2.1.2 Jenis-jenis sampah

Undang-Undang No. 18 tahun 2008 yang dimaksud adalah Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Dalam undang-undang tersebut, jenis sampah yang dikelola dibedakan menjadi beberapa kategori, termasuk sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga, dan sampah spesifik. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai kategori-kategori tersebut:

a. Sampah rumah tangga:

Sampah rumah tangga adalah sampah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari, bukan tinja ataupun sampah spesifik. Ini mencakup sampah yang berasal dari rumah tangga dan kegiatan sehari-hari masyarakat.

b. Sampah sejenis sampah rumah tangga:

Sampah sejenis sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kawasan komersial, industri, fasilitas sosial, umum, dan fasilitas lainnya. Ini

mencakup sampah yang dihasilkan oleh entitas non-rumah tangga seperti perusahaan, pusat perbelanjaan, industri, dan fasilitas umum lainnya.

- c. Sampah spesifik: Sampah spesifik dibagi menjadi beberapa subkategori:
 - sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3): sampah yang mengandung zat-zat yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia.
 - sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun: sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).
 - sampah yang timbul akibat bencana: sampah yang dihasilkan sebagai akibat dari bencana alam atau insiden tertentu.
 - puing bangunan yang dibongkar: sampah berupa puing atau material bangunan hasil pembongkaran.
 - sampah yang belum dapat diolah secara teknologi: sampah yang belum dapat diolah menggunakan teknologi yang ada.

Pengelolaan sampah ini diatur lebih lanjut dalam Undang-Undang tersebut untuk memastikan perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat serta mengelola sampah dengan cara yang berkelanjutan. Menurut Hadiwiyoto (1983), berdasarkan sifatnya sampah dapat digolongkan ke dalam beberapa golongan yaitu:

- a. Sampah Organik: Sampah organik terdiri dari bahan-bahan yang mengandung senyawa organik dan cenderung mudah terurai oleh mikroba. Contohnya meliputi kayu, daun-daunan, kertas, karton, serta sisa makanan dari hewan dan tumbuhan seperti tulang, buah, dan sayur. Jenis sampah ini umumnya memiliki karakteristik basah dan dapat terdegradasi secara alami.
- b. Sampah Anorganik: Sebaliknya, sampah anorganik tidak dapat didegradasi oleh mikroba, dan beberapa di antaranya tidak mengandung senyawa organik. Contoh sampah anorganik mencakup kaleng, plastik, gelas, mika, serta logam-logam dan besi. Sampah ini muncul secara tidak teratur dan memerlukan penanganan khusus dalam pengelolaannya, karena tidak dapat mengalami proses dekomposisi alami seperti sampah organik.

Standar teknis operasional pengelolaan sampah untuk kawasan permukiman diatur dalam SNI Nomor 19-2454-2002, (Nawasis, 2002) meliputi:

1. Pewadahan

Pewadahan merupakan kegiatan sementara untuk menampung sampah di tempat sumber sampah, menggunakan wadah individual atau komunal. Dalam

pelaksanaannya, penting untuk memisahkan jenis sampah, sehingga setiap rumah minimal memiliki dua wadah sampah: satu untuk sampah organik dan satu lagi untuk sampah anorganik.

2. Pengumpulan

Pengumpulan sampah adalah langkah untuk mengangkut sampah ke terminal khusus. Terdapat empat pola pengumpulan sampah:

- a. Pola individual tidak langsung *door to door*.
- b. Pola individual langsung, menggunakan truk untuk jalan dan fasilitas umum.
- c. Pola komunal langsung, seperti di pasar dan daerah komersial.
- d. Pola komunal tidak langsung, terutama berlaku untuk permukiman padat.

3. Pengolahan dan Daur Ulang di Sumber dan TPS

Pengolahan sampah dan daur ulang dapat dilakukan baik di sumber sampah maupun di Tempat Pemrosesan Sampah (TPS). Cara melaksanakannya melibatkan:

- a. Pengomposan skala rumah tangga dan daur ulang sampah anorganik sesuai dengan tipe rumah atau luas halaman.
- b. Pengomposan skala lingkungan di TPS.
- c. Daur ulang sampah anorganik di TPS.

Dengan mengacu pada standar ini (SNI Nomor 19-2454-2002), diharapkan pengelolaan sampah di kawasan permukiman dapat dilakukan secara efisien dan efektif, meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

2.1.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah sampah

Gariani (2012) menyatakan bahwa jumlah timbulan sampah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah:

a. Kepadatan Penduduk dan Aktivitas:

Jumlah penduduk suatu wilayah memainkan peran penting dalam menentukan besarnya timbulan sampah. Semakin padat penduduk, sampah cenderung menumpuk karena keterbatasan ruang untuk penampungan. Selain itu, peningkatan aktivitas penduduk, seperti pembangunan, perdagangan, dan industri, juga berkontribusi pada peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan.

b. Sistem Pengelolaan Sampah:

Efektivitas sistem pengumpulan dan pembuangan sampah memiliki dampak langsung pada besarnya timbulan sampah. Sistem yang baik akan membantu mengurangi penumpukan sampah dengan menyediakan infrastruktur yang memadai dan efisien. Sebaliknya, sistem yang kurang efisien dapat menyebabkan peningkatan timbulan sampah.

c. Kesadaran Lingkungan:

Tingkat kesadaran masyarakat terhadap masalah lingkungan juga dapat mempengaruhi jumlah sampah yang dihasilkan. Masyarakat yang lebih sadar akan pentingnya pengelolaan sampah cenderung lebih berpartisipasi dalam praktik daur ulang dan pengurangan sampah.

d. Edukasi dan Kampanye:

Program edukasi dan kampanye mengenai pengelolaan sampah dapat berdampak positif dalam mengurangi jumlah timbulan sampah. Informasi yang tepat tentang cara meminimalkan sampah dan pentingnya pembuangan yang benar dapat membentuk perilaku yang lebih berkelanjutan.

e. Pola Konsumsi Masyarakat:

Pola konsumsi masyarakat, terutama terkait dengan penggunaan produk sekali pakai, dapat memengaruhi jumlah sampah. Masyarakat yang cenderung menggunakan produk ramah lingkungan dapat membantu mengurangi timbulan sampah.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, dapat dilakukan upaya bersama untuk mengelola sampah dengan lebih efektif dan berkelanjutan.

2.2 Karbon Dioksida CO₂

Karbon dioksida (CO₂) adalah suatu gas tak berwarna dan tidak berbau yang terbentuk dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan satu atom karbon. Pada kondisi sektoral dan tekanan standar, CO₂ berwujud gas. Kandungan CO₂ di udara segar bervariasi antara 0,03% (300 ppm), tergantung pada lokasi asal CO₂ tersebut. Menurut laporan IPCC tahun (2007), CO₂ adalah gas yang timbul secara alami dari pembakaran bahan bakar fosil dan biomassa, juga merupakan hasil dari perubahan penggunaan lahan dan proses sektoral lainnya. CO₂

diidentifikasi sebagai gas antropogenik utama yang diyakini memengaruhi keseimbangan radiasi di bumi.

Sumber emisi CO₂ dapat dikategorikan ke dalam empat bagian, sebagaimana dijelaskan oleh IPCC pada tahun (2006):

- a. Transportasi Bergerak (*Mobile Transportation*): Melibatkan kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor, dan penangan/evaporasi bahan bakar gasoline.
- b. Pembakaran Stasioner (*Stationary Combustion*): Berkaitan dengan sektor perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran sektoral, termasuk penggunaan tenaga uap sebagai sumber energi.
- c. Proses Industri (*Industrial Processes*): Melibatkan proses-proses dalam sektor kimia, metalurgi, pembuatan kertas, dan penambangan minyak.
- d. Pembuangan Limbah Padat (*Solid Waste Disposal*): Termasuk limbah rumah tangga dan perdagangan, limbah hasil pertambangan, serta limbah pertanian.

Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dalam atmosfer telah mengalami peningkatan sejak dimulainya revolusi industri, yang berhubungan erat dengan perkembangan aktivitas manusia. Bukti ilmiah yang ada menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer menjadi salah satu penyebab utama dari perubahan global dan perubahan iklim (IPCC, 2007). Menurut penilaian IPCC (2007), diperkirakan bahwa peningkatan konsentrasi CO₂ dapat menyebabkan kenaikan suhu antara 2°C hingga 4,5°C.

Sistem Bumi sangat bergantung pada keberadaan karbon, suatu elemen yang memiliki peran krusial dalam mendukung kehidupan. Kehadiran karbon menjadi esensial karena kemampuannya untuk membentuk senyawa dengan unsur-unsur penting lainnya, seperti oksigen, nitrogen, dan fosfor, serta menggabungkan diri dengan hidrogen untuk membentuk molekul organik yang mendukung proses metabolisme dan reproduksi sel.

Salah satu bentuk karbon yang signifikan adalah karbon dioksida (CO₂) dan metana (CH₄) di atmosfer. Kedua gas ini berperan dalam mengatur iklim Bumi dengan menciptakan efek rumah kaca. Proses ini melibatkan perangkap panas di atmosfer, yang pada gilirannya memainkan peran kunci dalam menjaga suhu bumi agar tetap mendukung kehidupan.

Tidak hanya memiliki dampak ekologis yang besar, karbon juga memiliki relevansi sosial ekonomi yang signifikan. Saat ini, pembakaran bahan bakar fosil, yang mengandung karbon, mendominasi produksi energi secara global (Bruhwiler et al., 2018). Hal ini menciptakan tantangan terkait dengan emisi gas rumah kaca dan dampaknya terhadap perubahan iklim global.

Dalam masa es, diperkirakan jumlah karbon dioksida (CO₂) di atmosfer berkisar antara 180 hingga 200 ppm. Sebaliknya, selama periode interglasial, kelimpahan CO₂ atmosfer lebih tinggi, berkisar antara 270 hingga 290 ppm. Saat ini, tingkat CO₂ di atmosfer mencapai 400 ppm, melebihi kisaran yang terjadi selama periode masa es, yang mencakup 800.000 tahun sebelum saat ini.

Peningkatan konsentrasi CO₂ saat ini, yang telah melampaui 400 ppm, menunjukkan bahwa kondisi atmosfer saat ini tidak seimbang dan mengalami peningkatan yang signifikan dalam konsentrasi gas rumah kaca. Studi oleh Bruhwiler et al. (2018) menyoroti fakta bahwa kondisi saat ini mungkin mengarah pada pemanasan yang lebih lanjut di masa depan. Kondisi ini mencerminkan dampak aktivitas manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi, yang menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca. Peningkatan ini mengakibatkan perubahan iklim yang signifikan dan dapat memiliki dampak serius terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Oleh karena itu, penting untuk mengadopsi tindakan yang berkelanjutan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan memitigasi dampak perubahan iklim yang terus meningkat.

Pada era modern ini, mendeteksi dan menganalisis penyebaran emisi CO₂ yang tidak merata telah menjadi subjek penting dalam pemahaman terhadap dampak perubahan iklim dan kualitas udara. Tinjauan pustaka menyajikan beragam pendekatan dan teknologi yang digunakan untuk mengatasi tantangan ini.

Pertama, sensor gas telah menjadi salah satu solusi utama dalam pemantauan emisi CO₂. Melalui prinsip kimia atau fisika, sensor gas mampu mengubah perubahan konsentrasi CO₂ di udara menjadi sinyal listrik yang terukur. Penelitian oleh Srivastava dkk. (2018) memperkenalkan sistem sensor gas yang ekonomis untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan, sementara Gupta dkk. (2018) memberikan wawasan mendalam tentang perkembangan terbaru dalam teknologi sensor gas CO₂.

Selain itu, teknologi remote sensing telah menjadi sarana yang efektif dalam pengukuran CO₂ dari jarak jauh. Melalui satelit, pesawat udara, atau balon udara, instrumen remote sensing mampu memberikan data yang sangat berguna tentang distribusi CO₂ di atmosfer. Bovensmann dkk. (2014) memberikan penjelasan rinci tentang penggunaan teknologi ini dalam pengukuran gas-gas atmosfer, termasuk CO₂.

Sementara itu, model numerik juga memainkan peran penting dalam memprediksi dan memodelkan perilaku emisi CO₂. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti aktivitas manusia, topografi, dan kondisi cuaca, model-model ini dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang penyebaran CO₂ di lingkungan. Basara dkk. (2017) memberikan tinjauan tentang berbagai model yang digunakan untuk memodelkan emisi CO₂ dan partikulat halus dalam udara, sementara Akyazi dkk. (2016) mengeksplorasi model-model khusus untuk lingkungan perkotaan.

Secara keseluruhan, tinjauan pustaka ini memberikan wawasan mendalam tentang berbagai pendekatan yang digunakan dalam mendeteksi dan menganalisis penyebaran CO₂ yang tidak merata di udara. Dengan kombinasi teknologi sensor, remote sensing, dan model numerik, kita dapat memiliki pemahaman yang lebih baik tentang dampak emisi CO₂ terhadap lingkungan kita.

2.3 Gas Rumah Kaca

2.3.1 Pengertian emisi gas rumah kaca

Istilah gas rumah kaca mengemuka seiring dengan isu pemanasan global. Gas rumah kaca merupakan gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek gas rumah kaca, lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia. Dalam troposfer terdapat gas-gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global. Gas rumah kaca dapat terbentuk secara alami maupun sebagai akibat pencemaran. Perubahan iklim yang menunjukkan adanya perubahan pada iklim yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer global dan juga terhadap variabilitas iklim alami yang diamati selama periode tertentu (Rahmawati, 2013).

Gas rumah kaca adalah gas-gas di atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menangkap dan mempertahankan panas, menyebabkan efek rumah kaca. Emisi gas rumah kaca merujuk pada pelepasan gas-gas tertentu ke atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyebabkan efek rumah kaca dan berkontribusi pada perubahan iklim. Emisi ini berasal dari berbagai aktivitas manusia dan alami. Beberapa kegiatan utama yang menyebabkan emisi gas rumah kaca melibatkan pembakaran bahan bakar fosil, pertanian dan proses industri.

Emisi yang berasal dari kegiatan transportasi menghasilkan gas rumah kaca, yang kemudian terakumulasi di lapisan troposfer. Gas ini membentuk lapisan yang dapat memantulkan sinar inframerah dari matahari yang memasuki atmosfer bumi. Dampaknya, sebagian dari sinar inframerah yang seharusnya dipantulkan kembali ke luar angkasa, malah terperangkap oleh lapisan gas rumah kaca di troposfer. Hal ini menyebabkan peningkatan suhu bumi (Wiryoatmojo, 2014).

Gas rumah kaca memiliki dampak berbeda terhadap pemanasan global, yang diukur dengan menggunakan *Global Warming Potential* (GWP). GWP mengukur pengaruh radiasi kumulatif dari emisi satu unit massa gas rumah kaca relatif terhadap gas rujukan. CO₂ adalah gas rujukan dengan GWP = 1. Nilai emisi gabungan gas rumah kaca biasanya diukur dalam Giga gram CO₂ equivalent. Berikut adalah GWP masing-masing gas rumah kaca, seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai *Global Warming Potential* gas rumah kaca

No	Senyawa	Rumus Kimia	Nilai GWP
1	Karbon Dioksida	CO ₂	1
2	Metana	CH ₄	25
3	Dinitro Oksida	N ₂ O	298
4	Hidrofluorokarbon	HFCS	14800
5	Perfluorokarbon	PFCS	7390
6	Sulfur Heksafluorida	SF ₆	22800

Sumber: IPCC (2007)

2.3.2 Sumber-sumber emisi gas rumah kaca

Berdasarkan dampaknya, emisi karbon terdiri dari dua jenis yaitu emisi karbon primer dan emisi karbon sekunder. Emisi karbon primer merupakan emisi CO₂ yang dihasilkan secara langsung dari hasil pembakaran bahan bakar fosil dan dampaknya dapat dirasakan secara langsung baik bagi makhluk hidup maupun lingkungan. Sebagai contoh hasil pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM) pada transportasi dan penggunaan *liquid Petroleum Gas* (LPG) untuk memasak. Sedangkan emisi karbon sekunder yaitu emisi CO₂ yang terbentuk dari proses siklus produk yang dikonsumsi sehari-hari dan penggunaan listrik untuk peralatan elektronik rumah tangga. Makin banyak produk yang dikonsumsi maka emisi karbon yang dikeluarkan semakin besar. (Sasmita, 2009).

Sumber-sumber emisi gas rumah kaca pada kegiatan penanganan sampah dapat diklasifikasikan berdasarkan IPCC 2006 GL sebagaimana disampaikan sebagai berikut (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

1. Penanganan dan pembuangan sampah
 - a. Tempat pemrosesan akhir sampah domestik/kota yang dibedakan meliputi:
 - i. TPA yang dikelola dengan baik.
 - ii. TPA yang tidak dikelola dengan baik (*opening dumping*).
 - iii. TPA yang tidak dapat dikategorikan sebagai yang dikelola dengan baik dan yang tidak dikelola dengan baik (*uncategorized*).
 - b. Pengelolaan sampah industri (seperti sampah sisa proses, lumpur unit pengelolaan limbah cair, dan lain-lain), yang dapat dikategorikan sebagai TPA yang dikelola dengan baik.
2. Pengelolaan sampah secara biologis (pengomposan dan fasilitas biogas).
3. Insinerasi dan pembakaran sampah secara terbuka.
4. Pengelolaan limbah cair dan pembuangannya:
 - a. Pengelolaan limbah cair kota dan pembuangannya
 - b. Pengelolaan limbah cair industri dan pembuangannya.
5. Limbah lainnya: limbah rumah sakit dan B3

Timbulan sampah menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang terdiri dari gas metan (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) yang dilepas ke udara. Karbondioksida, metan dan N₂O yang diemisikan dari kegiatan transportasi dan

proses operasi sampah perkotaan dianggap sebagai komponen penting yang berkontribusi pada pemanasan global. Dampak yang dihasilkan dari keberadaan gas rumah kaca antara lain adalah kenaikan muka air laut yang dapat mendatangkan air bah pada sungai, berkurangnya jumlah gunung es dan mengurangi persediaan air tawar, penyebaran bibit penyakit dan meningkatkan kematian, potensi berkurangnya keanekaragaman hayati dan berbagai dampak pada ekosistem, serta terganggunya produktivitas pertanian. (Maziya, 2017).

2.3.3 Pemilihan metodologi inventarisasi gas rumah kaca menurut tingkat ketelitian

Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) merupakan organisasi internasional terkemuka yang terdiri dari 195 anggota negara di seluruh dunia. Organisasi ini melibatkan ribuan ilmuwan pakar internasional yang dengan sukarela menganalisis perubahan iklim di bumi dan memberikan saran mengenai tindakan penanggulangan. IPCC berperan sebagai panduan utama dalam penyusunan inventarisasi gas rumah kaca. Selain itu, terdapat dua panduan tambahan yang disertakan, yaitu "*IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*" yang diterima oleh IPCC pada tahun 2000, dan "*The Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG for LULUCF)*" yang diterima pada tahun 2003 menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012). IPCC pada tahun 2006 menyajikan metodologi untuk estimasi dan perhitungan emisi gas rumah kaca dalam lima jilid. Jilid pertama menjelaskan langkah dasar dalam pengembangan inventaris, sementara jilid dua hingga lima memberikan petunjuk mengenai pendugaan emisi gas rumah kaca dari berbagai sektor ekonomi. Metode pendugaan emisi gas rumah kaca terdiri dari tiga tingkatan, yaitu Metode Tier-1, Metode Tier-2, dan Metode Tier-3 (IPCC, 2006).

Berdasarkan IPCC (2006), ketelitian penghitungan emisi gas rumah kaca dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Dalam perkiraan emisi gas rumah kaca, tingkat ketelitian perhitungan dikenal dengan istilah "Tier". Metode yang digunakan dalam inventarisasi GRK, dikenal dengan istilah *Tier*. Semakin tinggi kedalaman metode yang dipergunakan, maka inventarisasi GRK yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK, K/L dan

daerah tidak harus menggunakan *Tier* yang tinggi karena masalah keterbatasan data dan sumberdaya, tetapi bisa menggunakan *Tier* yang paling rendah. Walaupun demikian, K/L dan daerah harus menyampaikan rencana perbaikan yang akan dilakukan untuk meningkatkan kualitas inventarisasi GRK ke *Tier* yang lebih tinggi serta kebutuhan yang diperlukan untuk melakukan perbaikan tersebut.

Secara umum, tingkat ketelitian (*Tier*) dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK dibagi menjadi tiga yaitu:

a. *Tier 1*

Metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan dasar (*basic equation*) dan faktor emisi default atau IPCC *default values* (yaitu faktor emisi yang disediakan dalam IPCC *guideline*) dan kata aktivitas yang digunakan sebagian bersumber dari sumber data global.

b. *Tier 2*

Perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang lebih rinci misalnya persamaan reaksi atau neraca material dan menggunakan faktor emisi lokal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah.

c. *Tier 3*

Metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan metode yang paling rinci (dengan pendekatan *modeling* dan *sampling*). Dengan pendekatan *modeling* faktor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga emisi dan serapan akan memiliki tingkat kesalahan lebih rendah. (Kementrian lingkungan hidup, 2012).

Penentuan *tier* dalam inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) sangat dipengaruhi oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam penelitian untuk merancang metodologi atau menetapkan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara atau pabrik tersebut. Di Indonesia dan negara-negara non-Annex 1, sumber emisi sektor atau kegiatan kunci pada inventarisasi GRK menggunakan Tier-1. Ini berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC, seperti dijelaskan dalam pedoman Kementerian Lingkungan Hidup tahun (2012).

2.4 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian Kustiasih dkk (2014) dengan judul Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan. Metode penelitian secara kuantitatif dan kualitatif dalam menganalisis hasil pengumpulan data penelitian dengan uji komposisi sampah sesuai dengan SNI 19-3964-1994 dan uji karakteristik dengan *ultimate* dan *proximate analysis* untuk menjelaskan struktur kimia sampah, dengan perhitungan berdasarkan reaksi stokiometri. Tujuan penelitian ini adalah menentukan faktor emisi gas rumah kaca dari data spesifik di Indonesia dengan mengidentifikasi parameter komposisi dan karakteristik sampah serta meningkatkan aktifitas pengelolaan sampah untuk mendukung mitigasi dan adaptasi bidang persampahan. Hasil perhitungan *degradable organic carbon* (DOC) sampah di TPA 0,15 kg CH₄/kg berat kering dan faktor emisi CH₄ sampah organik adalah (0,07 - 0,11) kg CH₄ per berat kering sampah organik atau (0,42 – 0,47) kg CH₄ per berat basah sampah organik dari data spesifik sampah di Indonesia.
2. Penelitian Winny dkk (2020) dengan judul Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik dengan Metode IPCC 2006 di TPA Talang Gulo Kota Jambi. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa Komposisi sampah Kota Jambi di tahun 2019 terdiri dari sampah makanan 47.4%, sampah kebun dan taman 2.1 %, sampah kayu 1.3 %, sampah kertas dan karton 13.1 %, sampah tekstil 1.8 %, sampah sampah *nappies* 8.2%, sampah karet dan kulit 1.3%, sampah plastik 20.6%, sampah logam 0.7%, sampah gelas 2.0%, dan sampah lain-lain 1.5%. Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada zona penimbunan, zona pengomposan dan alat berat. Emisi CH₄ di zona penimbunan sebanyak 4.7×10⁻² Gg tahun 2019 dan mencapai 16.6×10⁻² Gg pada tahun 2030. Zona pengomposan: emisi CH₄ dan N₂O dengan jumlah emisi masing-masing sebanyak 8.6×10⁻⁴ Gg dan 5.2×10⁻⁵ Gg pada tahun 2019. Tahun 2030 dihasilkan emisi CH₄ sebesar 9.5×10⁻⁴ Gg dan emisi N₂O sebesar 5.7×10⁻⁵ Gg. Emisi dari alat berat tahun 2019 sebesar 1.1 Gg CO₂.
3. Penelitian Maziya (2017) dengan judul Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Karbon dioksida (CO₂) Kegiatan Pengelolaan Sampah Kecamatan Genteng Kota Surabaya. Dalam Penelitian tersebut Emisi GRK ditentukan berdasarkan

kondisi *eksisting* sistem pengelolaan sampah di Kecamatan Genteng Kota Surabaya. Sampah direduksi di sumber sampah melalui dua upaya, yaitu pengomposan dan partisipasi masyarakat dalam program bank sampah. Selanjutnya sampah juga direduksi di TPS oleh sektor informal yang dalam hal ini merupakan pemulung di sekitar wilayah TPS. Hasil perhitungan emisi CO₂ sektor persampahan di Kecamatan Genteng sebesar 1270 ton/tahun. Hasil tersebut dari kegiatan penanganan sampah sebesar 1120 ton/tahun untuk sampah di TPA setelah dilakukan upaya minimalisasi. Selain itu juga dari emisi pengangkutan sampah menuju bank sampah (pengelolaan) dan TPA sebesar 150 ton/tahun.