

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan sampah di sebagian besar kota/kabupaten di Indonesia masih menerapkan paradigma lama yaitu kumpul-angkut-buang, dengan persentase sampah dibuang di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) sebesar 60% (Prahastining et al., 2023). Peningkatan jumlah penduduk dan perubahan pola gaya hidup masyarakat modern telah mendorong lonjakan volume timbunan sampah secara signifikan di berbagai kota di Indonesia. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Badan Pengendalian Lingkungan Hidup, Indonesia menghasilkan 56,63 juta ton sampah per tahun, namun hanya 39,01% atau sekitar 22,09 juta ton yang berhasil dikelola dengan baik (Kementerian Lingkungan Hidup, 2025).

Pada Kabupaten Pasuruan, yang terletak di Provinsi Jawa Timur, juga menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan limbah padatnya. Dengan jumlah penduduk yang diperkirakan mencapai 1,64 juta jiwa pada tahun 2024. Peningkatan jumlah penduduk yang pesat berkontribusi langsung terhadap meningkatnya volume timbunan sampah, terutama di kawasan perkotaan yang menjadi pusat aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat (BPS, 2024).

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan ujung dari rantai pengelolaan sampah perkotaan yang menerima beban timbunan terbesar dari berbagai jenis limbah padat. Sampah yang dibuang ke *landfill* mengalami serangkaian perubahan fisik, kimia, dan biologis secara simultan, termasuk menghasilkan cairan *leachate* (air lindi) serta gas-gas berbahaya melalui proses dekomposisi anaerobik (Wahyuni et al., 2019). Proses dekomposisi bahan organik dalam timbunan sampah berlangsung secara bertahap melalui serangkaian fase biologis hingga mencapai tahap akhir yang disebut metanogenesis, yaitu fase yang menghasilkan gas metana (CH₄) dengan komposisi sebesar 45–60% dari total gas landfill yang dihasilkan (Falahudin et al., 2020). Besarnya produksi gas metana ini sangat ditentukan oleh jumlah dan jenis bahan organik yang masuk ke dalam timbunan sampah. Sampah

organik merupakan fraksi dominan dalam timbunan sampah Indonesia, dengan rincian sisa makanan sebesar 39,26%, kayu dan ranting 12,58%, serta kertas dan karton 11,24% dari total timbunan sampah, sehingga total fraksi organik yang masuk ke TPA berkisar antara 60–65% dari berat total sampah (KLHK, 2025).

Namun demikian, tidak seluruh fraksi organik tersebut dapat terkonversi menjadi gas metana. Parameter yang menentukan potensi produksi CH_4 adalah komponen *Degradable Organic Carbon* (DOC), yaitu bagian dari karbon organik yang dapat terdegradasi secara biologis. Berdasarkan nilai *default IPCC*, kandungan DOC bervariasi antar jenis sampah organik: sisa makanan sebesar 15%, sampah taman dan kebun 20%, tekstil 24%, kertas dan karton 40%, serta kayu dan ranting 43%. Dari total DOC tersebut, hanya sekitar 50% yang disebut sebagai fraksi DOC terasimilasi (DOC_f) yang benar-benar terurai dan berkontribusi dalam pembentukan gas metana melalui jalur methanogenesis (IPCC, 2006).

Penimbunan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) berpotensi menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) akibat proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik. Proses tersebut menghasilkan gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang berkontribusi terhadap peningkatan pemanasan global dan perubahan iklim (Friesenhan et al., 2017). Pemanasan global telah memberikan berbagai dampak terhadap kondisi bumi, yang dibuktikan melalui berbagai penelitian mengenai perubahan lingkungan yang telah dilakukan sejak tahun 1950. Peningkatan emisi gas rumah kaca yang berlangsung secara terus-menerus dapat mempercepat terjadinya perubahan iklim dan menimbulkan dampak yang semakin signifikan terhadap lingkungan global (IPCC, 2006).

Gas metana (CH_4) yang dihasilkan dari proses degradasi sampah organik perlu mendapatkan perlakuan khusus karena gas metana lebih berbahaya 21 kali lipat dibandingkan dengan karbondioksida (CO_2) (Rini dkk., 2020). dalam meningkatkan suhu di atmosfer bumi. Langkah pertama yang dilakukan untuk mengelola gas metana adalah dengan menghitung potensi gas metana yang terkandung di dalam timbunan sampah di TPA Wonokerto. Kondisi ini diperparah oleh belum adanya data penilaian maupun validasi mengenai besaran produksi dan pola dispersi gas metana di TPA Wonokerto, sementara adanya pemulung dan

kawasan permukiman warga berada di sekitar area TPA dan berpotensi terpapar gas tersebut secara langsung.

Penanganan permasalahan tersebut membutuhkan pendekatan estimasi emisi yang terstandarisasi dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Model perhitungan IPCC 2006 merupakan model perhitungan yang dibuat oleh negara yang tergabung dalam *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) untuk memperkirakan emisi gas rumah kaca (GRK). Model ini mampu mengestimasi potensi produksi gas metana (CH_4) berdasarkan data komposisi sampah, laju timbunan, dan karakteristik landfill secara spasial dan temporal, sehingga menghasilkan baseline emisi yang akurat sebagai dasar perencanaan pengelolaan gas landfill (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2006).

Estimasi produksi gas metana saja belum cukup untuk menggambarkan risiko paparan yang sesungguhnya dialami oleh masyarakat di sekitar TPA. Diperlukan pemodelan dispersi udara di atmosfer untuk mengetahui sebaran konsentrasi CH_4 di udara ambien secara spasial berdasarkan kondisi meteorologi dan topografi setempat. AERMOD (*American Meteorological Society/EPA Regulatory Model*) merupakan model dispersi Gaussian yang direkomendasikan oleh United States Environmental Protection Agency (US EPA, 2018).

Selain aspek kuantifikasi emisi dan dispersi, pengelolaan TPA juga memerlukan evaluasi menyeluruh terhadap beban dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan landfilling secara keseluruhan, namun hingga saat ini belum terdapat kajian yang mampu membandingkan berbagai skenario pengelolaan sampah di TPA Wonokerto secara kuantitatif dan terstandarisasi sehingga pengambil kebijakan belum memiliki dasar ilmiah yang kuat dalam menentukan strategi pengelolaan yang paling optimal.

Pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) sesuai ISO 14040/14044 dinilai mampu menjawab gap tersebut karena memungkinkan penilaian dampak lingkungan secara komprehensif mencakup seluruh kategori dampak seperti pemanasan global, acidifikasi, dan eutrofikasi dalam satu kerangka analisis yang terintegrasi dan telah banyak digunakan dalam studi pengelolaan sampah untuk

membandingkan skenario pengelolaan serta mengidentifikasi titik-titik kritis yang berkontribusi terbesar terhadap beban lingkungan (Laurent et al., 2014)..

Kombinasi metode *IPCC*, *AERMOD*, dan *Life Cycle Assessment (LCA)* memberikan pendekatan yang saling melengkapi dalam menganalisis dampak emisi gas metana dari TPA Wonokerto secara menyeluruh. Metode *IPCC* digunakan untuk mengestimasi besarnya emisi gas metana yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah di landfill. Hasil estimasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai data masukan pada model *AERMOD* untuk memprediksi pola dispersi dan konsentrasi gas metana di atmosfer sehingga dapat diketahui wilayah yang berpotensi menerima paparan emisi paling tinggi. Selanjutnya, hasil inventori emisi dianalisis menggunakan metode *LCA* untuk mengevaluasi potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan, termasuk kategori *Human Toxicity*, sehingga dapat diketahui kontribusi emisi terhadap potensi risiko kesehatan manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana potensi produksi dan pola dispersi gas metana (CH_4) di udara ambien yang dihasilkan dari timbunan sampah di TPA Wonokerto?
2. Bagaimana penilaian dampak lingkungan yang dihasilkan oleh kegiatan landfill kondisi eksisting TPA Wonokerto dengan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*?
3. Bagaimana penilaian dampak lingkungan berdasarkan pengelolaan sampah dan target jakstrada dengan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis potensi produksi dan pola dispersi konsentrasi gas metana (CH_4) di udara ambien yang dihasilkan dari timbunan sampah di TPA Wonokerto
2. Menganalisis penilaian dampak lingkungan yang dihasilkan oleh kegiatan landfill kondisi eksisting TPA Wonokerto, dengan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*.

3. Menganalisis penilaian dampak lingkungan berdasarkan target jakstrada dan pengelolaan sampah menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Ilmu Pengetahuan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu teknik lingkungan, khususnya terkait analisis produksi gas metana (CH_4) dari timbunan sampah menggunakan model IPCC, pemodelan dispersi gas di udara ambien menggunakan AERMOD, serta analisis dampak lingkungan dengan metode LCA (*Life Cycle Assessment*). Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah dan pembanding bagi penelitian serupa di TPA lainnya.
2. Bagi Pemerintah dan Pengelola TPA, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai besarnya konsentrasi gas metana (CH_4) yang dihasilkan serta pola sebarannya di lingkungan sekitar TPA Wonokerto. Hasil kajian dampak lingkungan melalui metode LCA juga diharapkan dapat mendukung penyusunan dokumen lingkungan dan kebijakan pengelolaan TPA yang lebih berkelanjutan, sejalan dengan target nasional pengurangan emisi gas rumah kaca.
3. Bagi Masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi sebaran gas metana (CH_4) di sekitar TPA Wonokerto serta informasi mengenai dampak lingkungan dari kegiatan *landfilling* yang dihasilkan melalui kajian LCA diharapkan dapat mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam mendukung program pengurangan sampah, pemilahan dari sumber, serta upaya-upaya pengelolaan sampah berbasis komunitas yang lebih ramah lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi:

1. Lokasi penelitian dilakukan di kawasan TPA Wonokerto dan wilayah permukiman di sekitarnya yang berada di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

2. Pengukuran parameter pencemar udara yang dikaji dalam penelitian ini adalah gas metana (CH_4) sebagai gas *landfill* utama yang dihasilkan dari aktivitas penimbunan sampah di TPA Wonokerto
3. Pengolahan data dari timbulan sampah bulanan yang masuk ke TPA Wonokerto selama periode Januari–Desember tahun 2025.
4. Estimasi produksi gas metana (CH_4) dilakukan menggunakan IPCC Model (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
5. Data konsentrasi udara ambien CH_4 diperoleh melalui pengujian titik sampling dan pemodelan dispersi udara menggunakan perangkat lunak AERMOD berdasarkan input data emisi CH_4 , data udara ambien, data meteorologi, dan topografi wilayah penelitian.
6. Analisis dampak lingkungan dilakukan secara terbatas menggunakan pendekatan Life Cycle Assessment (LCA) yang difokuskan pada kondisi eksisting dan beberapa skenario pengelolaan sampah yang disusun dalam penelitian meliputi komposting, daur ulang, insinerasi, dan *landfill*.
7. Data meteorologi yang digunakan dalam pemodelan meliputi kecepatan dan arah angin, suhu udara, serta parameter meteorologi lainnya yang diperoleh dari stasiun meteorologi *NASA POWER* atau data instansi terkait.
8. Hasil penelitian mengenai potensi emisi gas metana (CH_4) di TPA Wonokerto diharapkan dapat menjadi bahan dasar dan pertimbangan bagi Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Pasuruan dalam penyusunan kebijakan pengendalian emisi gas rumah kaca, pengelolaan *landfill* gas, serta pengembangan pemanfaatan gas metana sebagai sumber energi alternatif di kawasan TPA Wonokerto.
9. Penelitian ini tidak membahas aspek pencemaran air, tanah, maupun aspek sosial, ekonomi lainnya di luar fokus kajian dispersi gas dan risiko keselamatan.