

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Listrik

Listrik telah menjadi kebutuhan utama dari kehidupan manusia (Saxena, 2025). Berdasarkan data International Energy Associate (IEA) pada tahun 2023, pemakaian listrik di Indonesia mencapai 15,6% dari penggunaan energi global (dengan konversi 1 MW = 0,0036 TJ), setara dengan 11.562.621 terajoule (TJ) dan rincian sumber listriknya tersaji pada Tabel 2.1.:

Tabel 2.1, Rincian sumber listrik di Indonesia (IEA, 2023)

<i>Total supply energi Indonesia (2023)</i>	Nilai (TJ)
<i>Coal and coal products</i>	4.115.697
<i>Natural gas</i>	1.806.381
<i>Hydropower</i>	88.523
<i>Solar, wind and other renewables</i>	1.235.430
<i>Biofuels and waste</i>	1.277.286
<i>Oil and oil products</i>	3.039.304
Total	11.562.621

Pada kasus lokal Kabupaten Gresik, total penggunaan listrik mencapai 2.958.834 MWh/tahun 2023 (~ 10.651 TJ). Besarnya ketergantungan pada listrik ini tidak terlepas dari kaitannya dengan sumber listrik dan emisi yang dihasilkan (Ciepiela et al., 2025), sehingga evaluasi terhadap profil pembangkit memiliki urgensi tinggi. Pada laporan ini, kasus yang dibahas akan berkaitan dengan sumber *Natural Gas* (Gas Alam).

Pembangkit listrik gas alam memanfaatkan gas bumi untuk memutar turbin dari gas panas sisa pembakaran (*combustion*) sebagai penghasil listrik (Zhu et al., 2024). Gas alam memiliki efek gas rumah kaca lebih sedikit dibandingkan pembangkit seperti batu bara. Hal ini membuat gas alam menjadi energi alternatif populer dalam kurun waktu terdekat untuk mencapai *Sustainable Development Goals* ke-13 (pengurangan emisi dari pembangkit listrik) (Rosselot et al., 2021). Teknologi ini juga dapat digabung dengan sistem pemberdayaan ulang seperti *High*

Recovery Steam Generator (HRSG), agar panas buangan dimanfaatkan ulang hingga menjadi listrik (Candra, 2020).

Penggunaan gas alam dengan kombinasi pemberdayaan uap sebagai pembangkit listrik akan menghasilkan emisi yang memerlukan perhatian. Baku mutu emisi untuk gas alam diatur pada Perdirjen No.17 (2022) Lampiran II, dengan memantau beberapa parameter utama pada satuan miligram per normal meter kubik:

Tabel 2.2 Baku mutu emisi pembangkit listrik gas alam - uap
(Perdirjen No.17 Tahun 2022 Lampiran II)

No.	Parameter	Nilai Maksimal	Satuan
1.	Partikulat	30	mg/Nm ³
2.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	150	mg/Nm ³
3.	Nitrogen Oksida (NO _x)	400	mg/Nm ³

Untuk melakukan pemodelan emisi, perlu mengubah satuan parameter menjadi gram per detik (g/s). Pada tempat kerja praktik, diketahui cerobong memiliki bentuk menyerupai tabung (sisi permukaan atas bulat), sehingga didapat rumus berikut:

$$A = D^2 \times \pi \times \frac{1}{4}$$

$$Em = Q \times \left(v \frac{D^2 \times \pi \times 0.25}{1000 \frac{mg}{g}} \right)$$

Dimana:

A = Luas permukaan cerobong, bulat (m²)

D = Diameter cerobong (m)

Q = Nilai Parameter (mg/Nm³)

v = Laju pengeluaran emisi (m/s)

Em = Laju massa emisi (g/s)

Melalui data di lapangan, akan diketahui beberapa paramter pendukung seperti tinggi cerobong, diameter cerobong serta laju pembuangan.

2.2 Kualitas Udara

Total Suspended Particulates (TSP) adalah partikulat udara berukuran kecil seperti debu atau asap dengan diameter kurang dari 100 μm yang diemisikan dari berbagai sumber, seperti pembangkit listrik, kegiatan konstruksi, insinerasi, dan kendaraan. Indikator pertama yang digunakan untuk menunjukkan partikulat tersuspensi udara ambien adalah TSP (DwicaHYa & Cahyonugroho, 2024). Konsentrasi tinggi dari TSP pada udara ambien dapat mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan manusia (fisik dan psikologis) dan menambah risiko kesehatan non-karsinogenik (Rauf et al., 2021).

Melalui Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII, baku mutu udara ambien untuk parameter TSP telah ditetapkan menjadi 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil model dalam laporan hanya menguji satu perusahaan dalam kawasan industri di wilayah Kabupaten Gresik, sehingga data masih dapat dilengkapi oleh industri yang lain untuk mendapatkan gambaran lebih akurat terkait kualitas udara pada wilayah Kabupaten Gresik. Kadar terbuangnya emisi ke udara juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bahan bakar, yang akan dibahas pada bab berikutnya.

2.3 Persebaran Emisi dan Pemodelan

Gaussian plume model adalah salah satu jenis model dispersi atmosfer yang paling umum digunakan untuk memprediksi pergerakan dan penyebaran polutan dari sumber titik seperti cerobong asap. Model ini mengestimasi konsentrasi polutan di suatu titik dalam ruang tiga dimensi berdasarkan laju emisi, kondisi meteorologi, dan jarak dari sumber. Keunggulan utama model ini terletak pada kesederhanaan komputasinya serta kemampuannya untuk mengintegrasikan fenomena seperti refleksi polutan pada batas (misalnya permukaan tanah atau lapisan inversi), deposisi kering, dan pengendapan gravitasi dengan relatif mudah.

Namun, ketika polutan terperangkap di antara dua batas sejajar—seperti antara tanah dan lapisan inversi di atmosfer atau antara dua dinding bangunan di dalam street canyon—terjadi refleksi berulang yang mengubah sebaran konsentrasi. Model Gaussian yang tidak memperhitungkan refleksi ganda cenderung meremehkan konsentrasi polutan pada jarak tertentu. Oleh karena itu, penggunaan model ini perlu dilakukan dengan hati-hati, terutama pada kondisi batas yang tidak tegas seperti inversi suhu, agar tidak terjadi perkiraan konsentrasi yang berlebihan.