

### Proyeksi Pola Penyebaran Emisi *Steam Boiler* dan Genset PT J Dengan Pemodelan AERMOD

Muhammad Fairuz Akmal dan Tuhu Agung Rachmanto\*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi : [tuhu.tl@upnjatim.ac.id](mailto:tuhu.tl@upnjatim.ac.id)

#### Kata Kunci:

AERMOD, Dispersi, Emisi, Lampiran VII PP. No. 22 Tahun 2021,  $NO_x$

#### ABSTRAK

Dunia perindustrian semakin berkembang pesat seiring dengan berjalannya waktu, termasuk PT J yang bergerak di bidang ransum makanan hewan dan pengolahan daging. Namun, selain menghasilkan produk, industri tersebut juga menghasilkan zat buangan atau emisi yang berasal dari kegiatan penunjang industri ransum makanan hewan dan pengolahan daging. Hal tersebut menjadi sebuah tantangan tersendiri untuk diatasi, agar emisi yang dihasilkan tidak melebihi daya tampung lingkungan di sekitar daerah industri PT J. Dalam upaya menghadapi tantangan tersebut, dibutuhkan peta pemodelan sebaran emisi udara dari emisi yang dihasilkan oleh industri ini, sehingga dapat diprediksi sebaran emisi yang dihasilkan oleh PT J serta kesesuaian nilai emisi yang dihasilkan dengan regulasi yang berlaku. Pembuatan peta pemodelan sebaran emisi dilakukan dengan mengolah data emisi dari unit *Steam Boiler* dan genset, kemudian dilakukan *running data* pada *software* AERMOD. Hasil dari *running data* menggunakan AERMOD menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi sebaran emisi untuk parameter  $NO_x$  dan partikulat berada pada jarak 200-300 m dengan nilai masing-masing sebesar  $38.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $10.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dengan mengacu pada Lampiran VII PP. No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelegaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dapat disimpulkan bahwa daya tampung lingkungan terhadap buangan emisi dari lokasi industri PT J masih memadai.

#### Keyword:

AERMOD, Emission, Appendix VII PP. No. 22 Tahun 2021, Dispersion,  $NO_x$

#### ABSTRACT

The industrial world is growing rapidly over time, including PT J which is engaged in animal feed rations and meat processing. However, apart from producing products, the industry also produces waste products or emissions from supporting activities for the animal feed ration industry and meat processing. It is a challenge in itself to overcome so that the emissions produced do not exceed the environmental capacity around the PT J industrial area, as well as the suitability of the resulting emission value with the applicable regulations. The emission distribution modeling map is done by processing the emission data from the *Steam Boiler* unit and generator and then running the data in the AERMOD software. The results of running data using AERMOD show that the highest concentrations of emission distribution for parameters  $NO_x$  and particulates are at a distance of 200-300 m with respective values of  $38.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , and  $10.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Regarding to Appendix VII PP. No. 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management, it can be concluded that the environmental capacity for emission discharges from PT J's industrial location is still sufficient.

## 1. PENDAHULUAN

Kualitas udara yang menurun dan terkontaminasi oleh suatu zat, dimana zat tersebut berbahaya maupun tidak berbahaya sehingga menyebabkan gangguan kesehatan manusia disebut dengan pencemaran udara. Adapun menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran udara merupakan masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga

melampaui Baku Mutu Udara Ambien yang telah ditetapkan (Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Udara sendiri dapat diartikan sebagai faktor esensial dalam menunjang kehidupan dan saat ini menjadi atensi dunia karena seiring berjalannya waktu, kualitasnya kian menurun (Baturante & Kumendong, 2022). Pencemaran udara telah menjadi masalah utama dalam beberapa tahun terakhir. Aktivitas kendaraan bermotor dan kegiatan industri menjadi salah satu sumber utama dari pencemaran udara (Nauval, 2023).

Pencemaran udara dari setiap industri umumnya berasal dari pengoperasian unit produksi, baik pada proses pembakaran,

maupun pada proses non-pembakaran, termasuk PT. J yang bergerak di bidang ransum makanan hewan dan pengolahan daging. Dalam proses produksinya, PT. J menggunakan 6 unit *steam boiler* berbahan bakar *Compressed Natural Gas* (CNG) untuk menunjang proses pembakaran, dan menghasilkan gas buang seperti  $\text{NO}_x$  pada setiap unitnya. Selain itu, PT. J juga menggunakan 6 unit genset yang digunakan untuk keadaan *emergency*. Keenam unit genset tersebut menghasilkan emisi berupa  $\text{NO}_x$ , dan Partikulat. Jika gas buang yang dihasilkan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, dampaknya dapat menyebabkan resiko kesehatan baik bagi para pekerja yang ada di dalam kegiatan, maupun masyarakat yang ada di sekitar kegiatan. Dalam upaya menghadapi resiko tersebut, dibutuhkan peta pemodelan sebaran emisi udara dari emisi yang dihasilkan oleh PT. J, sehingga dapat diprediksi sebaran emisi yang dihasilkan. Namun, perlu diperhatikan juga bahwa proses terjadinya sebaran emisi tersebut tergolong kompleks, dimana sebaran emisi dipengaruhi oleh kondisi meteorologi, kontur permukaan, dan keadaan sumber pencemar (Wangsa et al., 2022).

AERMOD menjadi salah satu *software* pemodelan sebaran udara yang direkomendasikan oleh *United States Environmental Protection Agency* (EPA). AERMOD merupakan model sebaran spasial kualitas udara yang mampu memprediksi penyebaran kualitas udara hingga 10 sumber yang berbeda, baik sumber titik maupun luas atau volume (Wangsa et al., 2022). AERMOD menggunakan pemodelan dispersi atmosfer yang terdiri dari 3 pemodelan, yaitu pemodelan arah dan kecepatan angin (WRPLOT View), pemodelan data meteorologi (AERMET View), dan pengolahan data permukaan bumi (AERMAP). Adapun pendekatan yang digunakan oleh AERMOD yaitu pendekatan *Gaussian bi-Gaussian* untuk model dispersinya yang dapat menghasilkan konsentrasi polutan di udara ambien (Ismahani et al., 2022).

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memproyeksikan sebaran emisi yang dihasilkan unit *steam boiler* dalam bentuk peta pemodelan sebaran emisi ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , dan partikulat) menggunakan *software* AERMOD. Peta pemodelan sebaran emisi udara yang dihasilkan menggunakan model AERMOD diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi sebaran emisi yang dihasilkan oleh PT. J dan digunakan sebagai salah satu pertimbangan pengambilan keputusan mengenai kesesuaian daya tampung lingkungan dengan nilai emisi yang dihasilkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Layout Sumber Emisi

Lokasi penelitian dilakukan pada sumber emisi PT. J yang berlokasi di Dusun Terongan, Desa Kebonrejo, Kecamatan Kalibaru, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur Sumber emisi dari kegiatan industri PT. J berasal dari 6 unit *steam boiler* dan 6 unit genset. Adapun titik koordinat untuk tiap unitnya tercantum dalam tabel dibawah ini.

**Tabel 1.** Lokasi Sumber Emisi

Sumber Emisi	Kode	Koordinat	
		LS	BT
<b>Hatchery</b>			
Genset I	G1	8°19'5,698"	113°57'51,791"
<b>Feedmill</b>			
Steam Boiler I	E1	8°18'45,952"	113°57'43,679"
Steam Boiler II	E2	8°18'45,962"	113°57'43,679"
Genset II	G2	8°18'45,507"	113°57'44,109"
Genset III	G3	8°18'45,507"	113°57'44,109"
<b>Breeder</b>			
Genset IV	G4	8°18'53,431"	113°57'51,027"
<b>Rumah Potong Hewan</b>			
Steam Boiler III	E3	8°18'59,077"	113°57'40,413"
<b>Rendering</b>			
Steam Boiler IV	E4	8°18'58,199"	113°57'36,862"
Steam Boiler V	E5	8°18'58,278"	113°57'36,786"
Steam Boiler VI	E6	8°18'58,358"	113°57'36,786"
<b>Broiler</b>			
Genset V	G5	8°18'34,013"	113°58'24,270"
Genset VI	G6	8°18'34,013"	113°58'24,270"



**Gambar 1.** Layout Sumber Emisi

### 2.2 Data Sumber Emisi dan Konesntrasi

Sumber emisi berasal dari unit *steam boiler* dan genset PT. J yang akan dilakukan pemodelan persebaran emisi udara ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , dan partikulat) yang dihasilkan. Basis data akan digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder hasil perhitungan beban emisi yang diperoleh dari PT. J di dalam Draft Andal PT. J.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Beban Emisi

Sumber Emisi	Beban Emisi (ton/tahun)	
	Partikulat	$\text{NO}_x$
Steam Boiler I	-	57.5
Steam Boiler II	-	57.5
Steam Boiler III	-	57.5
Steam Boiler IV	-	57.5
Steam Boiler V	-	57.5
Steam Boiler VI	-	57.5
Genset I	0.06	1.19
Genset II	0.06	1.49
Genset III	0.06	1.49

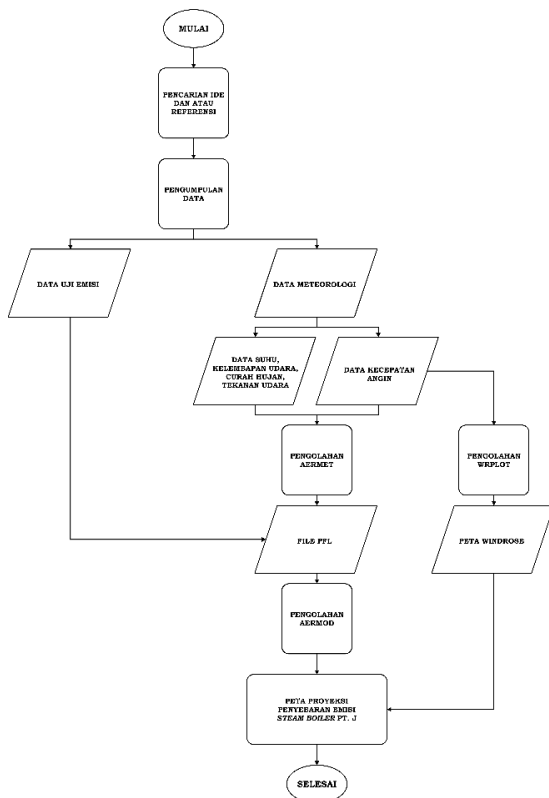
Sumber Emisi	Beban Emisi (ton/tahun)	
	Partikulat	NO <sub>x</sub>
Genset IV	0.06	1.19
Genset V	0.06	1.49
Genset VI	0.06	1.49
<b>Total Emisi</b>	<b>0.36</b>	<b>352.14</b>

**2.3 Data Meteorologi**

Data meteorologi yang digunakan sebagai *input software* AERMET berupa data curah hujan dari Stasiun Kalibaru Tahun 2021, data temperatur udara dari Stasiun BMKG Banyuwangi Tahun 2022, data kelembapan udara relatif dari Stasiun BMKG Banyuwangi Tahun 2022, data tekanan udara dari NOAA Tahun 2015-2020, dan data kecepatan angin dari Stasiun BMKG Banyuwangi Tahun 2019-2021.

**2.4 Diagram Alir Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang digunakan sebagai bahan evaluasi suatu kegiatan atau program eksisting, dan hasilnya akan digunakan untuk menyusun perencanaan perbaikan program tersebut. Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil dan pada tahap selesai yaitu merumuskan kesimpulan. Berikut adalah desain *flowchart* penelitian yang dilakukan:



**Gambar 2. Flowchart Penelitian**

Berdasarkan gambar 1 mengenai *flowchart* penelitian, penelitian ini dimulai dengan pencarian referensi yang dibutuhkan dalam memunculkan ide penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari data meteorologi dan data uji emisi. Data meteorologi diperoleh

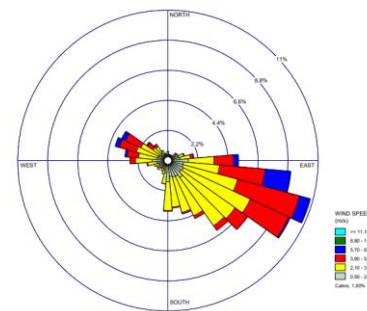
dari NOAA serta Stasiun BMKG setempat dan terdiri dari data temperatur udara, data curah hujan, data tekanan udara, dan data kecepatan angin. Sementara data uji emisi diperoleh dari perhitungan beban emisi PT. J yang merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secara Termal.

Data emisi yang telah diperoleh akan dijadikan salah satu data penunjang dalam pembuatan *file PFL (file profil)*. Selain itu, data meteorologi seperti data suhu, tekanan udara, dan curah hujan juga dibutuhkan untuk pembuatan *file PFL*. Pembuatan *file PFL* ini juga membutuhkan data kecepatan angin untuk pembuatan Peta *Windrose*. *File PFL* tersebut kemudian diproses menggunakan system AERMOD, dan bersamaan dengan Peta *Windrose* akan dihasilkan peta pemodelan untuk memprediksi persebaran emisi unit *steam boiler* PT. J.

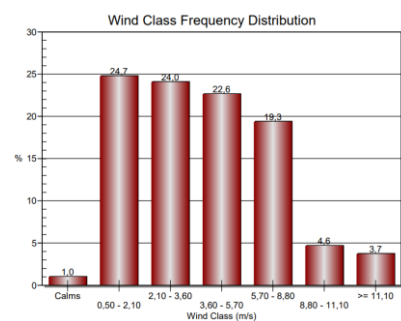
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Arah Angin dan Kecepatan Angin**

Untuk melihat dispersi dan penyebaran arah angin yang membawa partikel dapat diketahui dengan melihat mawar angin dominan (*Windrose*) yang diperoleh dengan memproses data kecepatan angin. Adapun untuk mengklasifikasikan skala kecepatan angin yang ada pada *Windrose* sesuai dengan *Beaufort Scale* (Skala *Beaufort*).



(a) *Windrose 1 Tahun*



(b) Distribusi Frekuensi Kelas Angin

**Gambar 3. Windrose dan Distribusi Frekuensi Kelas Angin**

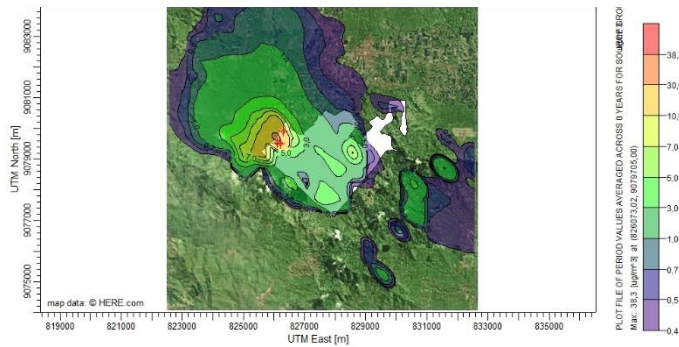
Gambar 2 (a) menunjukkan arah dan kecepatan angin (*Windrose*) di sekitar lokasi PT. J. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa arah angin dominan selama periode 12 bulan (Januari – Desember) berhembus dari arah tenggara menuju ke arah barat laut sebesar 85° – 185° dengan



kecepatan angin 2,1 – 3,6 m/s. Adapun berdasarkan Gambar 2 (b) menunjukkan bahwa frekuensi distribusi kecepatan angin tertinggi sebesar 24% dan frekuensi terjadinya *calm wind* sebesar 1%.

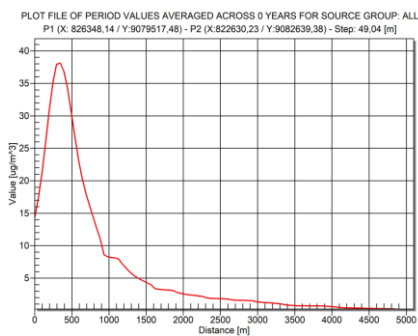
### 3.2 Hasil Pemodelan Sebaran Emisi NO<sub>x</sub>

Pemodelan sebaran emisi NO<sub>x</sub> dilakukan dari sumber emisi utama yaitu Boiler I, II, III, IV, V, dan VI untuk rata-rata persebaran yang terjadi sepanjang tahun. Hasil dispersinya dapat dilihat pada gambar berikut.



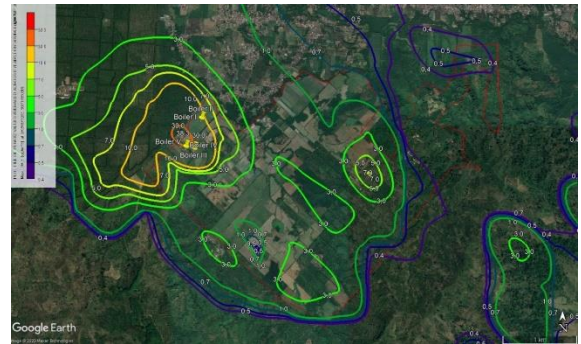
**Gambar 4.** Simulasi Sebaran Emisi NO<sub>x</sub> Rata-Rata Sepanjang Tahun

Berdasarkan Gambar 7. Dapat diketahui hasil dari simulasi dispersi emisi NO<sub>x</sub> menunjukkan bahwa persebaran emisi NO<sub>x</sub> selaras dengan arah kecepatan angin dominan yang bergerak menuju ke arah barat laut. Emisi NO<sub>x</sub> dengan konsentrasi tertinggi dari hasil sebaran dispersinya berada pada jarak 200 - 300 m dari sumber emisi dengan nilai konsentrasi sekitar 38,3 µg/m<sup>3</sup> dan masih masuk kedalam batas lokasi kegiatan dari PT. J. Konsentrasi NO<sub>x</sub> di lokasi kegiatan bervariasi sekitar 0,4 – 38,3 µg/m<sup>3</sup>. Untuk konsentrasi emisi NO<sub>2</sub> yang mengarah ke pemukiman terdekat di arah utara sekitar 0,4 - 1 µg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 5.** Grafik Persebaran Emisi NO<sub>x</sub> terhadap Jarak

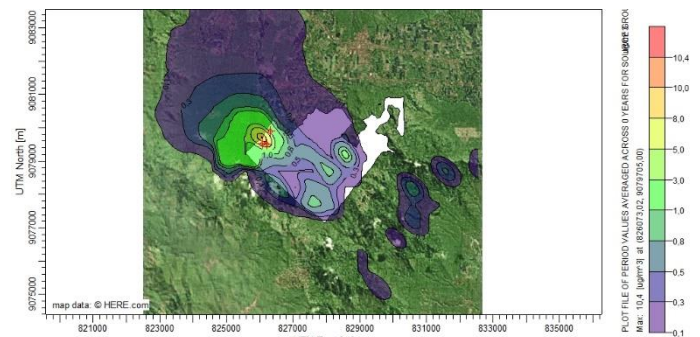
Berdasarkan grafik persebaran emisi NO<sub>x</sub> terhadap jarak persebaran yang ditetapkan dalam pemodelan yakni sejauh 5 km dari lokasi kegiatan, dapat diketahui bahwa konsentrasi tertinggi berada pada jarak 200 – 300 m dari sumber emisi, dan semakin menurun hingga konsentrasi NO<sub>x</sub> sebesar 0 µg/m<sup>3</sup> pada jarak 5 km. Berikut adalah *overlay* sebaran emisi terhadap lokasi kegiatan berdasarkan *google earth*.



**Gambar 6.** Overlay Sebaran NO<sub>x</sub> Rata-Rata Sepanjang Tahun

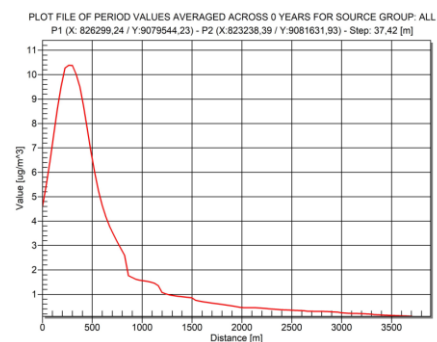
### 3.3 Hasil Pemodelan Sebaran Emisi Partikulat

Pemodelan sebaran emisi partikulat dilakukan dari sumber emisi yaitu Genset I, II, III, IV, V, dan VI untuk rata-rata persebaran yang terjadi sepanjang tahun. Hasil dispersinya dapat dilihat pada gambar berikut.



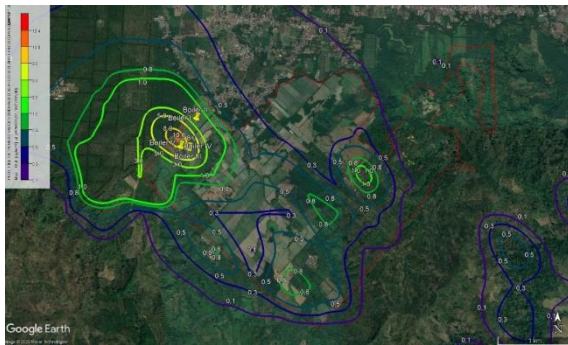
**Gambar 7.** Simulasi Sebaran Emisi Partikulat Rata-Rata Sepanjang Tahun

Berdasarkan Gambar 10. Dapat diketahui hasil dari simulasi dispersi emisi partikulat menunjukkan bahwa persebaran emisi partikulat selaras dengan arah kecepatan angin dominan yang bergerak menuju ke arah barat laut. Emisi partikulat dengan konsentrasi tertinggi dari hasil sebaran dispersinya berada pada jarak 200 - 300 m dari sumber emisi dengan nilai konsentrasi sekitar 10,4 µg/m<sup>3</sup> dan masih masuk kedalam batas lokasi kegiatan dari PT. J. Konsentrasi partikulat di lokasi kegiatan bervariasi sekitar 0,1 - 10 µg/m<sup>3</sup>. Untuk konsentrasi emisi partikulat yang mengarah ke pemukiman terdekat di arah utara sekitar 0,1 – 0,5 µg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 8.** Grafik Persebaran Emisi Partikulat terhadap Jarak

Berdasarkan grafik persebaran emisi partikulat terhadap jarak persebaran yang ditetapkan dalam pemodelan yakni sejauh 5 km dari lokasi kegiatan, dapat diketahui bahwa konsentrasi tertinggi berada pada jarak 200 – 300 m dari sumber emisi, dan semakin menurun hingga konsentrasi partikulat sebesar  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada jarak kurang dari 5 km. Berikut adalah overlay sebaran emisi terhadap lokasi kegiatan berdasarkan *google earth*.



Gambar 9. Overlay Sebaran  $\text{SO}_2$  Rata-Rata Sepanjang Tahun

### 3.4 Kesesuaian Dengan Regulasi

Baku mutu udara ambien yang digunakan untuk melihat apakah emisi yang dihasilkan oleh PT. J tidak melebihi daya tampung lingkungan mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VII Baku Mutu Udara Ambien. Nilai baku mutu untuk udara ambien tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Baku Mutu Kualitas Udara Ambien

Parameter	Baku Mutu	Satuan
Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ )	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Karbon monoksida (CO)	10.000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ )	200	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Oksidan fotokimia ( $\text{O}_x$ ) sebagai ozon ( $\text{O}_3$ )	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hidrokarbon non metana (NMHC)	160	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Partikulat debu < 100 $\mu\text{m}$ (TSP)	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Partikulat debu < 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )	75	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Partikulat debu < 2,5 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{2,5}$ )	55	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Timbal (Pb)	2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Apabila hasil pemodelan sebaran dispersi dengan konsentrasi emisi  $\text{NO}_x$  dan partikulat tertinggi dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII tentang Baku Mutu Udara Ambien, dapat dikatakan bahwa emisi yang dihasilkan oleh kegiatan industri PT. J masih memenuhi baku mutu emisi yang ditetapkan. Berikut tabel perbandingan konsentrasi tertinggi hasil model dispersi emisi dengan nilai baku mutu udara ambien.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Model dengan Baku Mutu

Parameter	Hasil Model ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Baku Mutu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
$\text{NO}_x$	38,3	200
Partikulat (TSP)	10,4	230

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa dispersi sebaran emisi yang ditimbulkan oleh kegiatan industri PT. J tidak akan mengganggu masyarakat disekitar kegiatan serta tidak melebihi daya tampung lingkungan karena nilai emisinya yang masih jauh dibawah baku mutu udara ambien. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan hasil uji udara ambien yang ditambahkan dengan hasil kajian dispersi, kemudian dibandingkan dengan nilai baku mutu udara ambien pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Hasil Kajian Dispersi Terhadap Udara Ambien

Parameter	Kajian Dispersi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Uji Udara Ambien ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Total Ambien ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Baku Mutu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Untuk Tapak Proyek</b>				
$\text{NO}_x$	38,3	$\pm 29,6$	$\pm 67,9$	200
Partikulat	10,4	20	30,4	230
<b>Untuk Permukiman Utara</b>				
$\text{NO}_x$	1,0	$\pm 29,6$	$\pm 30,6$	200
Partikulat	0,5	27	27,5	230

Berdasarkan Tabel 5. Dapat dibuktikan bahwa apabila sebaran emisi masuk ke lingkungan, untuk keseluruhan parameter uji masih memenuhi baku mutu udara ambien yang dipersyaratkan, sehingga dapat diketahui pula bahwa daya tampung lingkungan terhadap buangan emisi dari lokasi rencana usaha dan/atau kegiatan PT. J masih memadai. dan sesuai dengan regulasi yang dipersyaratkan.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan AERMOD mengenai proyeksi pola sebaran emisi  $\text{NO}_x$  dan partikulat dari unit *steam boiler* dan genset PT. J, maka diketahui bahwa sebaran polutan emisi yang terjadi mengarah ke arah barat laut dengan nilai maksimum tiap parameternya yaitu  $38.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan  $10.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan berjarak 200-300 m dari area kegiatan. Wilayah yang selalu memperoleh nilai konsentrasi sebaran  $\text{NO}_x$  dan partikulat maksimum yang berasal dari unit *steam boiler* dan genset milik PT. J masih berada dalam kawasan kegiatan PT. J dan wilayah pemukiman terdekat dibagian utara dengan konsentrasi yang rendah, yakni  $0,4 - 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk parameter  $\text{NO}_x$  dan  $0,1 - 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk parameter partikulat. Namun, nilai konsentrasi maksimum yang diperoleh dari pemodelan tidak melebihi nilai baku mutu yang dipersyaratkan berdasarkan Lampiran VII PP. No. 22 Tahun 2021, sehingga dapat diketahui pula bahwa emisi yang dihasilkan PT. J telah sesuai dengan regulasi yang berlaku serta tidak melebihi daya tampung lingkungan di sekitar wilayah kegiatan PT. J.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak khususnya kepada PT. Kenra Ciptaloka Konsultan yang telah mengizinkan dan membantu penulis, baik dalam mencari data maupun dalam menyelesaikan artikel ilmiah ini, serta Bapak Tuhi yang telah membimbing penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini dengan baik dan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baturante, N. J., & Kumendong, N. (2022). Pengaruh Tinggi Dan Diameter Cerobong PLTU Terhadap Dispersi SO<sub>2</sub> Di Udara Menggunakan Model Gaussian Plume. *Jurnal Pendidikan Kimia Unkhair (JPKU)*, 2(1), 1–8.
- Ismahani, R., Anurogo, D. W., & Kunci, K. (2022). Indonesian Journal of Conservation Pemodelan AERMOD Untuk Proyeksi Pola Penyebaran Emisi Heat Recovery Steam Generator PT X dan PT Y. *Indonesian Journal of Conservation*, 11(2), 51–63.
- Nauval, K. (2023). Analisis Pencemaran Udara Di Kota Banda Aceh Pada Tahun 2019-2022 Dengan Menggunakan Alat Passive Sampler. *Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483.
- Wangsa, D., Bachtiar, V. S., & Raharjo, S. (2022). Uji Model Aeromod Terhadap Sebaran Particulate Matter 10 µm (PM10) di Sekitar Kawasan PT Semen Padang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 291–301.