

Simulasi Dispersi Emisi SO₂, NO_x, dan PM Pada Kegiatan Pertambangan Nikel Menggunakan Software AERMOD View

Muhammad Bagus Scheva Putra Mahendra dan Muhammad Abdus Salam Jawwad*

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

Email Korespondensi (Penulis): muhammad.abdus.tl@upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

AERMOD, Dispersi Udara, Emisi, NO_x, SO₂, PM, Nikel

ABSTRAK

Kegiatan penambangan nikel memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, salah satunya adalah penurunan kualitas udara akibat peningkatan konsentrasi pencemar udara. Jenis pencemar diemisikan dari kegiatan pertambangan, diantaranya adalah partikulat, SO₂, PM dan NO_x. Oleh karena itu, dilakukan simulasi dispersi udara untuk menetapkan kadar maksimum dari pelepasan emisi dari proses pertambangan nikel. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan model numerik dengan software Aermom View dalam mensimulasikan proses dispersi emisi udara SO₂, PM dan NO_x pada sebaran emisi kegiatan pertambangan nikel. Berdasarkan gambar simulasi dispersi gas SO₂ NO_x, dan partikulat tersebar ke arah barat dari sumber emisi/cerobong mengikuti arah angin. Dispersi gas SO₂, NO_x dan partikulat dominan menuju ke arah barat sesuai dengan arah angin dominan. Konsentrasi SO₂ tertinggi adalah sekitar 22,57 µg/Nm³ yang terletak pada jarak kurang lebih 100 meter dari sumber emisi. Konsentrasi NO_x tertinggi adalah 15,63 µg/Nm³ yang terletak pada jarak kurang lebih 100 meter. Konsentrasi partikulat tertinggi juga terletak pada jarak 100 meter dari sumber emisi dengan konsentrasi sebesar 3,47 µg/Nm³.

Keyword:

AERMOD, Air Dispersion, Emissions, NO_x, SO₂, PM, Nickel

ABSTRACT

Nickel mining activities have negative impacts on the environment, one of which is a decrease in air quality due to increased concentrations of air pollutants. Types of pollutants emitted from mining activities, including particulates, SO₂, PM and NO_x. Therefore, an air dispersion simulation is carried out to determine the maximum level of emissions released from the nickel mining process. This study uses a numerical modeling approach with Aermom View software to simulate the process of dispersion of SO₂, PM and NO_x air emissions in the distribution of emissions from nickel mining activities. Based on the simulation image of SO₂ NO_x gas dispersion, and particulates are scattered westward from the emission source/chimney following the wind direction. The dominant dispersion of SO₂, NO_x and particulates towards the west corresponds to the dominant wind direction. The highest SO₂ concentration is around 22.57 µg/Nm³ which is located at a distance of approximately 100 meters from the emission source. The highest NO_x concentration is 15.63 µg/Nm³ which is located at a distance of approximately 100 meters.

1. PENDAHULUAN

Di era globalisasi saat ini, perkembangan dunia industri berkembang begitu pesat. Salah satunya pada bidang transportasi. Saat ini pemerintah menginstruksikan masyarakat untuk menggunakan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai. Hal ini menyebabkan produksi baterai kendaraan listrik meningkat. Komposisi yang digunakan untuk membuat baterai kendaraan listrik adalah nikel. Salah satu bahan Pada tahun 2030 konsumsi nikel untuk baterai kendaraan listrik maupun ESS ini diperkirakan mencapai 800 ribu ton dari 2020 masih di bawah 200 ribu ton (ESDM, 2020). Semakin meningkatnya kebutuhan nikel membuat produktivitas pabrik nikel bertambah besar. Dalam produksi nikel menimbulkan emisi yang menjadi salah satu potensi

global warming. Emisi yang dihasilkan pabrik nikel berupa emisi NO_x, SO₂, dan PM. Sulfur oksida terbentuk di atmosfer sebagai hasil oksidasi senyawa Sulfur (S) tereduksi yang dihasilkan secara alami atau buatan (aktivitas manusia). Sulfur oksida yang meliputi sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur trioksida (SO₃) dihasilkan saat bahan bakar seperti biomassa dibakar dan bijih logam yang mengandung sulfur dilebur. Sulfur trioksida tidak berada di atmosfer dalam waktu singkat (detik), karena afinitasnya yang tinggi terhadap uap air (H₂O) (Orellano *et al.*, 2021). Paparan gas SO₂ memiliki efek berbahaya bagi kesehatan pernapasan walaupun dengan konsentrasi paparan yang rendah. Paparan jangka panjang SO₂ di udara ambien secara signifikan dapat meningkatkan resiko terkena penyakit diabetes tipe 2 pada penduduk asia yang berusia 30-50 tahun (Li *et al.*, 2021). NO tidak

mengakibatkan iritasi dan tidak berbahaya, tetapi pada konsentrasi udara *ambient* yang normal NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO₂ yang lebih beracun. NO_x juga berkontribusi terhadap terjadinya hujan asam (Yung- Chen You *et al.*, 2009).

Kualitas udara di lingkungan industri sangat ditentukan oleh emisi yang dikeluarkan dari cerobong (Sugiarto *et al.*, 2019). Pada industri nikel emisi tersebut berasal dari kegiatan produksi benefisasi di *Feed Preparation Plant* (FPP). Operasional Pengolahan FPP meliputi proses pencucian, benefisasi kromit dan pemisahan residu akan beroperasi secara terus menerus selama 365 hari/tahun. *Ore slurry* yang dihasilkan selanjutnya didistribusikan melalui jalur pipa *ore slurry*. Kegiatan operasional tersebut memerlukan *diesel generator* yang digunakan untuk pembangkit listrik. *Diesel generator* diidentifikasi sebagai sumber emisi dari proses pembakaran.

Gas yang dikeluarkan melalui cerobong *diesel generator* akan mengalami dispersi ke udara ambien menuju area sekitar industri sehingga kualitas udara perlu untuk dilakukan pemantauan berkala untuk memastikan udara ambien memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Namun, pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh suatu industri terbatas pada beberapa titik sampling saja karena memerlukan biaya yang besar, waktu yang lama, tenaga yang besar, serta teknologi yang canggih. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas udara dan sebaran emisi dari industri nikel. Salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam pemantauan kualitas udara adalah dengan menggunakan pemodelan kualitas udara dengan model AERMOD.

AERMOD adalah perangkat lunak yang menggunakan dasar perhitungan *Gaussian Plume* (Tunlathorntham & Thepanondh, 2017). Pemodelan dilakukan dalam beberapa skenario, yaitu penggunaan satu cerobong dan dua cerobong dengan dua arah angin dominan. Model AERMOD mempunyai kelebihan yaitu mampu memodelkan distribusi pencemar dari berbagai sumber seperti titik, garis, volumetrik, dan area dalam sekali *running* (Demirarslan *et al.*, 2017). Model AERMOD juga dapat digunakan untuk memprediksi konsentrasi maksimum polutan selama periode rata-rata 1 jam, 3 jam, 8 jam, 24 jam, bulanan, dan tahunan (Rouhi *et al.*, 2013). Agar dapat memperoleh hasil akurat (validasi) antara pengukuran aktual dan output model AERMOD, maka selain input emisi dari sumber titik (cerobong) juga diperlukan input dari sumber lain seperti sumber bergerak yang berpotensi menambah peningkatan konsentrasi pencemar di sekitar titik sampling udara ambien.

Dalam melaksanakan pemantauan persebaran polutan tersebut perlu memperhatikan faktor - faktor yang mempengaruhi persebaran polutan itu sendiri, antara lain:

1.1 Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer berkaitan dengan pergerakan udara secara vertikal. Pergerakan vertikal udara dipengaruhi oleh suhu dan tekanan atmosfer. Akibat dari adanya pergerakan vertikal udara akan menyebabkan terjadinya konveksi atau pencampuran vertikal udara. Pemanasan bumi yang berbeda mempengaruhi udara di atasnya. Udara langsung di atas permukaan yang dipanaskan akan ikut menjadi panas ketika panas berpindah ke area yang lebih sedikit panasnya. Pemanasan ini terjadi karena 2 prinsip, yaitu konduksi dan

konveksi. Konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi ketika sesuatu menyentuh permukaan yang dipanaskan. Sedangkan konveksi adalah pencampuran vertikal udara (Franek & DeRose, 2003).

1.2 Arah Angin dan Kecepatan Angin

Arah angin adalah faktor penting penentuan konsentrasi pencemar udara (Abdullah *et al.*, 2016). Kecepatan angin mempercepat penyebaran polutan dan mengurangi konsentrasi polutan (Godish, 1997). Arah angin dan kecepatan angin bergantung pada jenis lokasi dan kondisi atmosfer (Sharma & Singh, 2018).

1.3 Suhu Udara

Semakin tinggi suhu udara maka konsentrasi SO₂ juga semakin tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan suhu yang tinggi akan mempercepat terjadinya penguraian gas yang berdampak terhadap tingginya konsentrasi gas SO₂ (Istantinova *et al.*, 2013).

1.4 Kelembaban Relatif

Peningkatan konsentrasi dari polutan NO_x bergantung pada kelembaban relatif selama musim hujan menyebabkan konsentrasi NO_x meningkat dua kali lipat (Fikeraddis & Endeshaw, 2020).

1.5 Tekanan Udara

Semakin tinggi tekanan udara maka semakin rendah peningkatan laju konveksi udara yang tidak konduktif untuk difusi pencemar (Zeng & Zhang, 2017)

1.6 Presipitasi / Curah Hujan

Curah hujan ringan dapat mengurangi konsentrasi SO₂ melalui efek pencucian langsung dari hujan. Pengaruh langsung dari adanya hujan sebagian besar menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi polutan udara (Kwak *et al.*, 2017).

1.7 Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang kuat disertai dengan suhu udara yang tinggi telah mempengaruhi sedikit perubahan konsentrasi pada gas SO₂ dan NO₂ yang terjadi saat hujan pada musim panas (Deqing *et al.*, 2021).

1.8 Tutupan Awan dan Tinggi Awan Rendah

Tutupan awan (cloud cover) mempunyai pengaruh besar terhadap suhu. Umumnya, keberadaan awan akan menghalau banyak energi matahari untuk mencapai permukaan bumi sehingga mengakibatkan suhu udara menurun (Sasmita *et al.*, 2019) Pada penelitian ini bertujuan untuk simulasi dispersi udara untuk menetapkan kadar maksimum dari pelepasan emisi dari proses pertambangan nikel.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan permodelan lingkungan AERMOD dengan titik sampling cerobong *diesel generator*. Pada permodelan simulasi dispersi cerobong, parameter yang

dimodelkan adalah Sulfur Dioksida (SO₂), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), dan Total Partikulat.

2.1 Mengetahui Rona Lingkungan Lokasi Penelitian

Adapun parameter rona lingkungan yang dikumpulkan meliputi curah hujan, hari hujan, temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan dan arah angin serta tekanan udara.

2.2 Perhitungan Beban Emisi

Perhitungan beban emisi dilakukan pada seluruh cerobong yang melepas emisi ke lingkungan di lingkungan lokasi penelitian menggunakan persamaan yang tercantum pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2019 – Lampiran XV tentang Tata Cara Perhitungan Beban Emisi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal. Perhitungan beban emisi dari hasil pengukuran emisi secara manual:

$$Q = V \times A \quad (1)$$

$$BE = C \times Q \times 0,0036 \times Op \text{ hours} \quad (2)$$

Keterangan ;

BE : Laju emisi pencemar (ton/tahun)

C : Konsentrasi terkoreksi (mg/Nm³)

Q : Laju alir (gas buang) volumetric (m³/detik)

0,0036 : Fator konversi dari mg/detik ke kg/jam

Op hours : Jam operasi selama 1 tahun

V : Laju alir (m/detik)

A : Luas penampang cerobong (m²)

$$C(x, y, 0H) = \left[\frac{Q}{nS_y S_z u} \right] \left[\exp \left[\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{S_y} \right)^2 \right] \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{S_z} \right)^2 \right] \right] \right] \quad (3)$$

Keterangan :

C : Konsentrasi polutan dipermukaan (g/cm³)

Q : Laju emisi (g/s)

S_y dan S_z : Jarak kepulan arah lateral dan vertical (m)

u : kecepatan angin rata-rata (m/s)

x : arah penyebaran emisi (m)

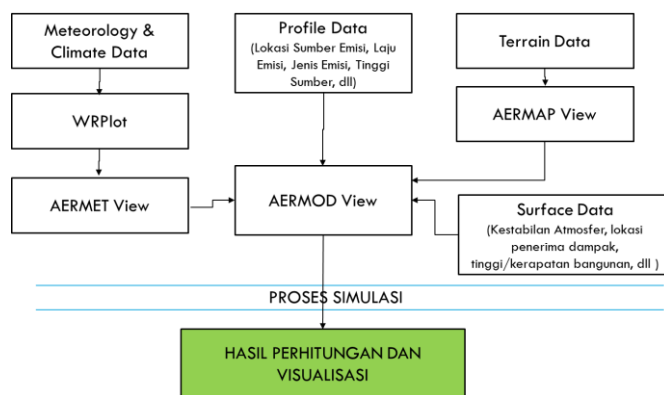
y : jarak horizontal dari titik Tengah cerobong (m)

z : tinggi reseptor dari dasar cerobong (m)

H : tinggi efektif cerobong

2.3 Perhitungan Simulasi Dispersi untuk Menetapkan Kadar Maksimum

Perhitungan simulasi disperse untuk menetapkan kadar maksimum dari pelepasan emisi dari kegiatan produksi menggunakan *software* AERMOD. Alur pemrograman menggunakan AERMOD View ditunjukkan oleh diagram alir proses simulasi pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Simulasi dan permodelan AERMOD View

Beberapa perangkat lunak penunjang yang terintegrasi dengan model AERMOD, antara lain:

(1) WRPlot, berfungsi untuk mengolah data meteorologi, sehingga dapat diolah pada modul AERMET View

(2) AERMET View, berfungsi untuk mengolah data meteorologi untuk dibaca oleh modul AERMOD View.

(3) AERMAP View, berfungsi untuk menampilkan informasi ketinggian dan topografi wilayah studi, dengan melakukan sinkronisasi ketinggian bangunan, tebing, dan lain sebagainya.

2.4 Radiasi Matahari

Selanjutnya melakukan penentuan kelas stabilitas atmosfer, penentuan kelas stabilitas atmosfer berdasarkan nilai intensitas radiasi matahari pada musim hujan. Bilai intensitas penyinaran matahari diperoleh dengan persamaan angstrom termodifikasi berikut:

$$S = 0,177 + 0,239 \frac{n}{n_0} + 0,0019 \times DTR \times 0,004 \times RH \quad (4)$$

Di mana :

S = radiasi matahari per harinya (Watt/m²)

n = lama matahari bersinar dalam satu hari (jam)

n₀ = lama maksimum matahari bersinar per hari (jam)

S₀ = radiasi matahari ekstraterrestrial (1361 Watt/m²)

RH = kelembaban udara (%)

DTR = *diurnal temperature range* = Tmax – Tmin

Kemudian tentukan klasifikasi stabilisasi atmosfer dengan tabel berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Stabilitas Atmosfer oleh Pasquill dan Gifford

| Kecepatan Angin | Siang | | |
|-----------------|--|------------------|---------------|
| | Intensitas Radiasi Matahari (Watt/m ²) | | |
| | Kuat (>600) | Sedang (300-600) | Rendah (<300) |
| <2 | A | B | B |
| 2-3 | B | B | C |
| 3-5 | B | C | C |
| 5-6 | C | C | D |
| >6 | C | D | D |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rona Awal Lingkungan

3.1.1 Data Curah Hujan Dan Hujan Harian

Berdasarkan data curah hujan rata-rata selama tahun 2012 – 2021 dari Stasiun Meteorologi lokasi penelitian menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata terendah berada pada bulan Oktober dengan curah hujan rata-rata 42 mm/bulan dan curah hujan tertinggi berada di bulan Juni dengan curah hujan rata-rata 318 mm/bulan.

Dalam menentukan klasifikasi iklim suatu wilayah dapat menggunakan curah hujan jika berdasarkan klasifikasi *Schmidt* dan *Ferguson*. Klasifikasi *Schmidt* dan *Ferguson* biasa diperuntukkan untuk wilayah tropis dengan cara menghitung rata-rata nisbah jumlah bulan kering terhadap rata-rata bulan basah.

Tabel 2. Kriteria Iklim *Schmidt-Ferguson*

| Kelas | Kriteria Q | Keterangan |
|-------|---------------------|----------------|
| A | $0 < Q < 0,143$ | Sangat Basah |
| B | $0,143 < Q < 0,333$ | Basah |
| C | $0,333 < Q < 0,600$ | Agak Basah |
| D | $0,600 < Q < 1,000$ | Sedang |
| E | $1,000 < Q < 1,670$ | Agak Kering |
| F | $1,670 < Q < 3,000$ | Kering |
| G | $3,000 < Q < 7,000$ | Sangat Kering |
| H | $7,000 < Q$ | Ekstrem Kering |

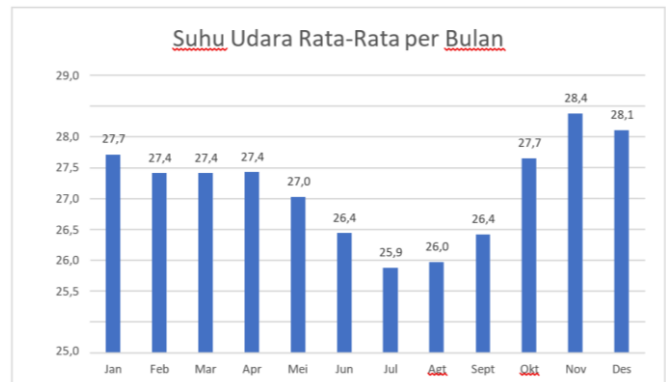
Berdasarkan hasil analisis data curah hujan diketahui bahwa rata-rata bulan kering selama periode tahun 2012 – 2021 adalah 2,6 bulan/tahun, sedangkan rata-rata bulan basah adalah 8 bulan/tahun. Rasio antara bulan kering dan bulan basah menghasilkan nilai 0,325. Dengan demikian wilayah ini termasuk tipe iklim B (daerah basah). Tabulasi klasifikasi iklim disampaikan pada tabel berikut:

Tabel 3. Tabulasi Klasifikasi Iklim Menurut *Schmidt* dan *Ferguson*

| Tahun | Bulan Kering | Bulan Basah |
|-----------------------------------|--------------|-------------|
| 2012 | 3 | 7 |
| 2013 | 3 | 9 |
| 2014 | 3 | 7 |
| 2015 | 5 | 7 |
| 2016 | 2 | 8 |
| 2017 | 1 | 9 |
| 2018 | 3 | 8 |
| 2019 | 4 | 6 |
| 2020 | 2 | 9 |
| 2021 | 0 | 10 |
| Rata-rata | 2,6 | 8 |
| Rasio (bulan kering/ bulan basah) | 0,325 | |
| Kelas Iklim | B | |

3.1.2 Temperatur Udara

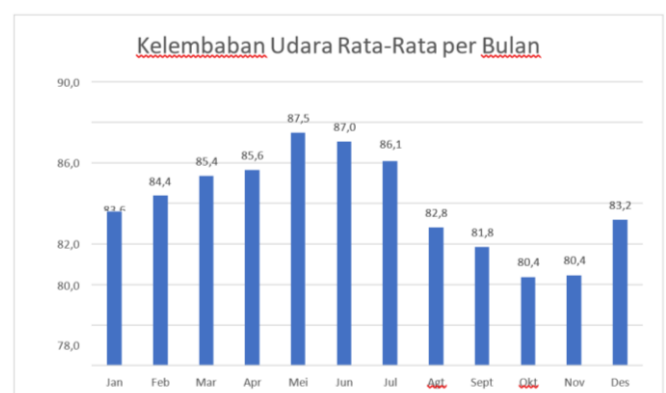
Berdasarkan data Stasiun Meteorologi lokasi penelitian, suhu udara rata-rata di sekitar lokasi rencana kegiatan berkisar antara 25,9°C hingga 28,4°C. Suhu terendah umumnya terjadi pada bulan Juli, sedangkan suhu tertinggi umumnya terjadi pada bulan November.



Gambar 2. Suhu Udara Rata-Rata Per Bulan

3.1.3 Kelembapan Udara Relatif

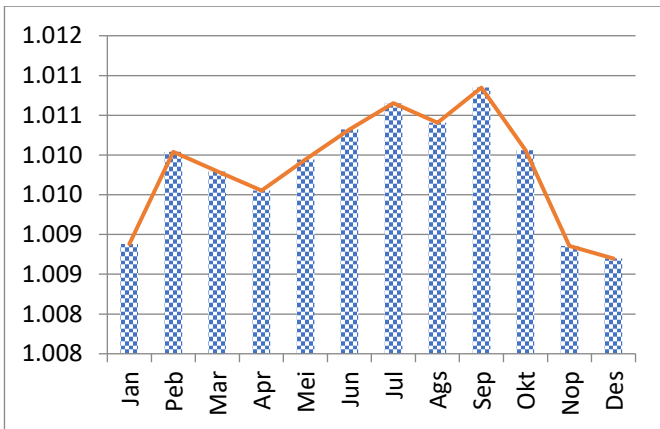
Kelembapan udara pada lokasi pekerjaan yang tercatat di Stasiun Meteorologi lokasi penelitian berkisar antara 80,4% hingga 87,5%. Kelembapan Oktober, sedangkan kelembapan udara tertinggi terjadi pada bulan Mei.



Gambar 3. Kelembaban Rata-Rata Per Bulan

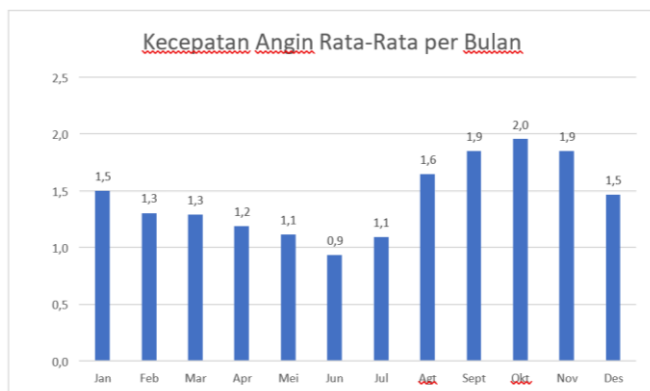
3.1.4 Tekanan Udara

Data tekanan udara yang digunakan untuk periode lima tahun terakhir yaitu rentang 2015-2020 dari NOAA untuk area lokasi kegiatan. Tekanan udara bulanan rata-rata tertinggi terjadi pada bulan September yaitu sebesar 1010,8 hPa sedangkan tekanan udara rata-rata terendah terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 1008,7 hPa.



Gambar 4. Tekanan Udara Rata-Rata Bulanan (2015 – 2020)
3.1.5 Arah kecepatan angin

Kecepatan angin rata-rata per bulan pada lokasi rencana kegiatan yang tercatat di Stasiun Meteorologi Lokasi penelitian berkisar antara 0,9 m/detik hingga 2 m/detik. Kecepatan angin terendah tercatat terjadi pada bulan Juni, sedangkan Kecepatan angin tertinggi terjadi pada bulan Oktober.



Gambar 5. Kecepatan Angin Rata-Rata Per Bulan

3.2 Perhitungan Beban Emisi

Diketahui:

C (SO₂) : 650 mg/Nm³ (*)

C (NO_x) : 450 mg/Nm³ (*)

C (PM) : 100 mg/Nm³ (*)

(*: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal Lampiran II)

Op hours : 8640 jam

V : 4,5 m/detik

A : 1 m²

Jadi:

Q = 4,5 m/detik x 1 m² = 4,5 m³/detik

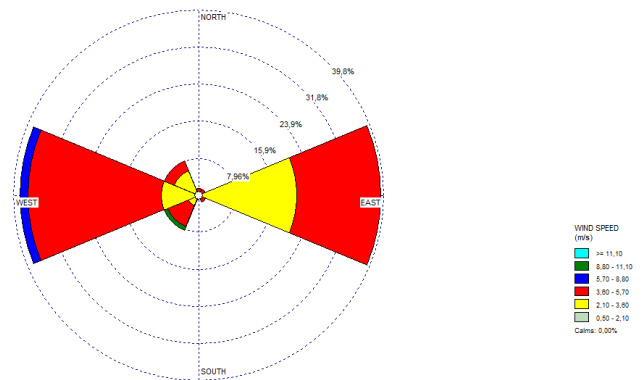
BE (SO₂) = 650 x 2,25 x 0,0036 x 8640 = 90979,2 Ton/tahun

BE (NO_x) = 450 x 2,25 x 0,0036 x 8640 = 62985,6 Ton/tahun

BE (PM) = 100 x 2,25 x 0,0036 x 8640 = 13985,6 Ton/tahun

3.3 Perhitungan Simulasi Dispersi untuk Menetapkan Kadar Maksimum

Pemodelan sebaran udara pada lokasi Operasional dibantu oleh perangkat lunak AERMOD View dan didukung oleh pre-prosesor seperti WRPLOT dan AERMET View. Berdasarkan analisis meteorology diketahui mawar angin di lokasi penelitian bahwa angin bertiup dari timur menuju barat dengan kecepatan rata-rata 3,7 m/s. Grafik windrose dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 6. Windrose Dominan dan Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin di Lokasi Penelitian

3.4 Radiasi Matahari

Dikelahui :

n = 5,06 jam

n₀ = 12 jam

S₀ = 1361 Watt/m²

RH = 139,31 %

DTR = Tmax – Tmin

= 32,35°C – 24,6°C

= 7,78°C

Radiasi matahari per hari (S) :

$$S = (0,177 + 0,239 \frac{n}{n_0} + 0,0019 \times DTR \times 0,004 \times RH) \times S_0$$

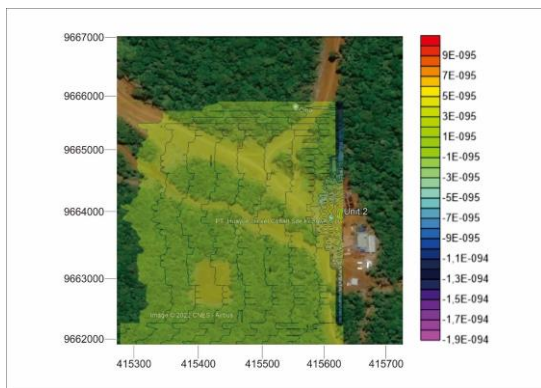
$$= (0,177 + 0,239 \frac{5,06 \text{ jam}}{12 \text{ jam}} + 0,0019 \times 9,5^\circ\text{C} \times 7,78 \times 139,31\%) \times 1361 \text{ watt/m}^2$$

$$= 389,236 \text{ watt/m}^2$$

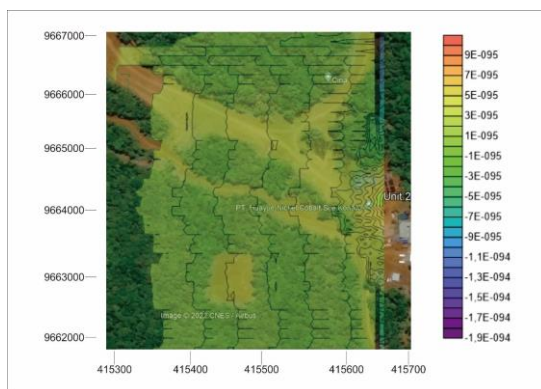
Nilai intensitas penyinaran matahari sebesar 389,236 watt/m² dan nilai kecepatan angin rata-rata sebesar 3,7 m/s selanjutnya diplotkan ke dalam tabel 2.1 klasifikasi stabilitas atmosfer. Berdasarkan tabel klasifikasi stabilitas atmosfer maka diperoleh kelas stabilitas atmosfer C.

Data yang telah didapat dilakukan analisa menggunakan software AERMOD, dengan hasil sebagai berikut.

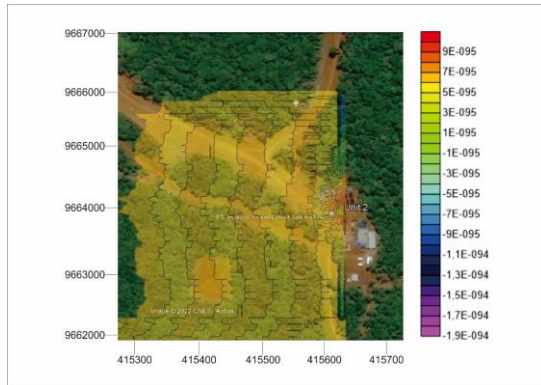
Persebaran gas SO₂, NO_x, dan partikulat dilakukan dengan mensimulasikan emisi yang berasal dari cerobong Diesel Generator dengan radius kurang lebih 2 km dari lokasi kegiatan. Pemilihan sumber emisi yang dimodelkan mempertimbangkan waktu operasional dan konsentrasi maksimum yang dihasilkan oleh masing-masing sumber emisi. Hasil model dapat dilihat pada Gambar 3.6, Gambar 3.7, dan Gambar 3.8.



Gambar 7. Simulasi Emisi Gas SO₂



Gambar 8. Simulasi Emisi Gas NO_x



Gambar 9. Simulasi Emisi Gas PM

Berdasarkan gambar simulasi dispersi gas SO₂ NO_x, dan partikulat tersebar ke arah barat dari sumber emisi/cerobong mengikuti arah angin. Dispersi gas SO₂, NO_x dan partikulat dominan menuju ke arah barat sesuai dengan arah angin dominan. Konsentrasi SO₂ tertinggi adalah sekitar 22,57 µg/Nm³ yang terletak pada jarak kurang lebih 100 meter dari sumber emisi. Konsentrasi NO_x tertinggi adalah 15,63 µg/Nm³ yang terletak pada jarak kurang lebih 100 meter. Konsentrasi partikulat tertinggi juga terletak pada jarak 100 meter dari sumber emisi dengan konsentrasi sebesar 3,47 µg/Nm³. Ketiga hasil simulasi pemodelan tersebut apa bila dibandingkan dengan baku mutu udara ambien masih berada di bawah baku mutu. Dimana baku mutu udara ambien untuk SO₂ adalah 150 µg/Nm³, NO_x adalah 200 µg/Nm³ dan untuk partikulat adalah 55 µg/Nm³.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian simulasi dispersi udara pada industry nikel yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa:

- (1) Beban emisi yang diperoleh selama satu tahun yaitu SO₂ sebesar 90979,2 Ton/tahun, NO_x sebesar 62985,6 Ton/tahun, dan PM 13985,6 Ton/tahun.
- (2) Berdasarkan gambar simulasi dispersi gas SO₂ NO_x, dan partikulat tersebar ke arah barat dari sumber emisi/cerobong mengikuti arah angin.
- (3) Ketiga hasil simulasi pemodelan tersebut apa bila dibandingkan dengan baku mutu udara ambien masih berada di bawah baku mutu. Dimana baku mutu udara ambien untuk SO₂ adalah 150 µg/Nm³, NO_x adalah 200 µg/Nm³ dan untuk partikulat adalah 55 µg/Nm³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dapat selesai tepat waktu, tentunya tidak lepas dari peran serta berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Firra Rosariawari., ST., MT., dan Muhammad Abdus Salam Jawwad S.T., M.Sc. selaku pembimbing penelitian yang telah membantu untuk mengarahkan, maupun membimbing saya dalam melaksanakan penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan penelitian ini masih terdapat kekurangan, baik dalam metode penulisan maupun pembahasan materi. Hal ini dikarenakan penulis masih dalam tahap belajar, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun, semoga kedepannya dapat memperbaiki segala kekurangannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. H., Ali, M. I. Bin, & Kong, N. S. (2016). Analysis For Wind Characteristic in Teluk Kalung, Kemaman, Terengganu. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(6), 3827–3833. Booklet-Nikel FA, 2020, Peluang Investasi Nikel Indonesia, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Deqing, Z., Tang, S., Ci, R., & Qiong, D. (2021). *Analysis of the Air Pollution Index and Meteorological Factors and Risk Assessment for Tibet*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1838(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1838/1/012047>
- Fikeraddis, M., & Endeshaw, L. (2020). *Influence of Temperature and Relative Humidity on Air Pollution in Addis Ababa, Ethiopia*. *Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2(2), 19–25. <https://doi.org/10.30564/jees.v2i2.2286>
- Franek, W., & DeRose, L. (2003). *Principles and Practices of Air Pollution Control and Analysis*. United States: Environmental Protection Agency.
- Godish, T. (1997). *Air Quality*. New York: Academic Press.
- Istantinova, D. B., Hadiwidodo, M., & Handayani, D. S. (2013). Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban dan

- Suhu Udara terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida (SO₂) dalam Udara Ambien di Sekitar PT. Inti General Yaja Steel Semarang. Tentang Konsentrasi Gas Sulfur, 2(1), 1–10. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/145543-ID-pengaruh-kecepatan-angin-kelembaban-dan.pdf>
- Kwak, H., Ko, J., Lee, S., & Joh, C. (2017). *Identifying the Correlation Between Rainfall, Traffic Flow Performance and Air Pollution Concentration in Seoul Using a Path Analysis*. Transportation Research Procedia, 25, 3552–3563. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.288>
- Orellano, P., Reynoso, J., & Quaranta, N. (2021). *Short-term Exposure to Sulphur Dioxide (SO₂) and All-Cause and Respiratory Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Environment International*, 150, 106434.
- Sasmita, A., Andrio, D., & Hasibuan, P. (2019). Pemetaan Sebaran Partikulat dari Pembakaran Limbah Padat Industri Pengolahan Sawit di Kabupaten Kampar, Riau. *Sains Dan Teknologi*, 18(2), 57–67.
- Sharma, R., & Singh, D. (2018). *A Review of Wind Speed and Wind Power Forecasting Techniques*. *Journal of Engineering Research and Application*, 8(7), 1–9.
- Tunlathorntham, S., & Thepanondh, S. (2017). *Prediction of Ambient Nitrogen Dioxide Concentrations in the Vicinity of Industrial Complex Area, Thailand*. *Air, Soil and Water Research*, 10. <https://doi.org/10.1177/1178622117700906>
- Yung- Chen You et al., (2009). *Comparison of Exhaust Emissions Resulting from Cold- and Hot-Start*. *Journal of the Air & Waste Management Association*.