
DISPERSI SO₂ DAN NO₂ DARI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP TEMBILAHAN, RIAU

Aryo Sasmita¹, David Andrio¹, Risma Nopita¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia
Email: aryosasmita@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Operasional PLTU Tembilahan menghasilkan emisi SO₂ dan NO₂ yang memberikan dampak terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan pola sebaran SO₂ dan NO₂ yang dihasilkan dari cerobong PLTU Tembilahan menggunakan *software* AERMOD, membandingkan konsentrasi gas SO₂ dan NO₂ dengan baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999, dan membandingkan hasil simulasi antara musim hujan dan musim kemarau. Pemodelan dilakukan menggunakan data meteorologi 1 tahun dengan pembagian musim hujan dan musim kemarau. Hasil pemodelan menunjukkan pola sebaran polutan dari PLTU Tembilahan cenderung mengarah ke barat daya. Konsentrasi SO₂ dan NO₂ pertahun adalah sebesar 75,18 µg/m³ dan 43,53 µg/m³ yang masih berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan. Dispersi polutan SO₂ dan NO₂ pada musim kemarau cakupan luas konsentrasinya lebih sedikit dibandingkan pada musim hujan.

Kata kunci: PLTU Tembilahan, SO₂, NO₂, Pola Dispersi

ABSTRACT

The operation of Tembilahan steam power plant produced SO₂ and NO₂ emissions that have an impact on the environment and human health. The purpose of this study was to map the distribution patterns of SO₂ and NO₂ produced from Tembilahan steam power plant chimney using AERMOD, compared SO₂ and NO₂ concentrations with ambient air quality standards based on Government Regulation No 41/1999, and comparing the simulation results between the rainy season and the dry season. Modeling was done using 1 year meteorological data contained with rainy season and dry season. The modeling results showed that the pollutant distribution pattern of Tembilahan steam power plant tends towards southwest. The concentrations of SO₂ and NO₂ per year were 75.18 µg / m³ and 43.53 µg/m³ respectively which were still below the quality standards. The dispersion of SO₂ and NO₂ pollutants in the dry season, its concentrations was less than the rainy season.

Keywords: Tembilahan steam power plant, SO₂, NO₂, distribution patterns

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah penghasil listrik yang memanfaatkan uap untuk bekerja menggerakkan turbin dan generator sehingga membangkitkan tenaga listrik. PLTU menggunakan bahan bakar berupa batubara, minyak bakar, atau gas bumi (Kusman & Utomo, 2017). Berdasarkan penelitian (Bijaksana *et al.*, 2012) dan (Wu *et al.*, 2012), pembangkit listrik memiliki dampak baik yaitu untuk mencukupi kebutuhan pasokan listrik sebagai salah satu kebutuhan pokok masyarakat. Namun dapat juga memberikan dampak buruk yang berasal dari cerobong pembangkit listrik yang menghasilkan emisi gas akibat adanya pembakaran batu bara, salah satunya adalah NO₂ dan SO₂. Emisi SO₂ dan NO₂ dapat mengurangi kualitas udara yang dibutuhkan makhluk hidup sehingga dapat menjadi ancaman bagi kesehatan masyarakat yang berada disekitar pembangkit listrik tersebut. Emisi SO₂ dan NO₂ dapat berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat seperti gangguan tenggorokan, saluran pernafasan, penyakit paru, iritasi, kanker, stroke, dan penyakit kardiovaskular (WHO, 2016) serta memberikan efek negatif terhadap peningkatan gas rumah kaca pada atmosfer bumi, sehingga harus adanya kontrol terhadap gas SO₂ dan NO₂ untuk mengurangi dampak lingkungan (Muhaimin *et al.*, 2015).

Analisis pola sebaran emisi sangat diperlukan sehingga kita dapat mengetahui konsentrasi emisi yang dihasilkan pada waktu dan jarak tertentu serta untuk mengetahui arah penyebaran emisi dan jenis pola sebarannya (Hamid *et al.*, 2018). Pola persebaran polutan ini diperlukan untuk melihat pergerakan polutan di suatu wilayah dalam memperkirakan perpindahan dan konsentrasi polutan, sehingga dapat dilakukan pemantauan dan evaluasi penyebaran polutan yang berbahaya bagi masyarakat (Sasmita *et al.*, 2019).

PLTU Tembilihan merupakan pembangkit listrik dengan kapasitas 2 x 7 MW dan berbahan bakar batubara. PLTU Tembilihan memiliki luas ± 10 Ha dan berlokasi di Sungai Perak, Kota Tembilihan, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau (PLN Wilayah Riau dan Kepri, 2010). Tembilihan merupakan salah satu kota yang sedang mengalami pertumbuhan ekonomi yang pesat, baik dari sektor industri, perdagangan, dan

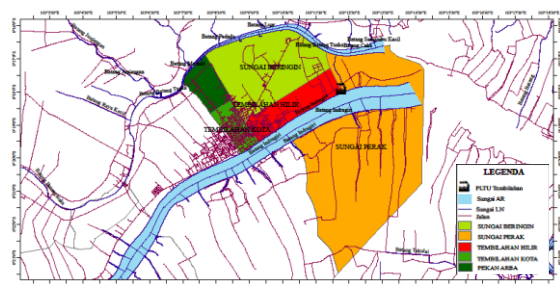
permukiman. Peningkatan jumlah penduduk di Tembilihan dari tahun ke tahun terus bertambah sebanyak 1,14% (BPS Kabupaten Indragiri Hilir, 2021), sehingga perlu dikaji potensi keterpaparannya terhadap pencemar udara khususnya SO₂ dan NO₂.

Dari analisis penelitian terdahulu AERMOD cukup valid untuk memprediksi penyebaran berbagai jenis polutan yang dihasilkan (Natsir *et al.*, 2018). Oleh karena itu untuk melihat persebaran polutan SO₂ dan NO₂ di PLTU Tembilihan dapat dilakukan suatu pemodelan dispersi gas menggunakan AERMOD. Kajian terkait sebaran pencemar terutama emisi SO₂ dan NO₂ di Tembilihan khususnya yang menggunakan pemodelan belum pernah dilakukan, sehingga menjadi kebutuhan untuk menganalisis sebaran pencemar udara disekitar wilayah industri dan menentukan lokasi yang berpotensi terpapar SO₂ dan NO₂ dengan konsentrasi maksimum menggunakan model AERMOD.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk memetakan pola sebaran SO₂ dan NO₂ yang dihasilkan dari cerobong PLTU Tembilihan menggunakan *software* AERMOD, membandingkan konsentrasi gas SO₂ dan NO₂ dengan baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, dan membandingkan hasil simulasi pada musim hujan dan musim kemarau.

METODE PENELITIAN

Instrumen penelitian yaitu perangkat lunak (*software*) yaitu AERMOD View 8.9.0 dan tiga aplikasi penunjang yaitu AERMET View, AERMAP View, dan WRPLOT, ArcMap 10.3, *Google Earth*. Lokasi penelitian yaitu di PLTU Tembilihan 2 x 7 MW Sungai Perak dan wilayah sekitarnya yaitu , Kecamatan Tembilihan, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau.



Gambar-1 : Peta lokasi penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder yang berisi tentang spesifikasi dari cerobong PLTU yang ada di Tembilahan, seperti jumlah cerobong, koordinat cerobong, tinggi cerobong (m), diameter cerobong bagian dalam (m), temperatur gas (°C), kecepatan alir gas buang dicerobong (m³/s), kecepatan semburan gas (m/s), elevasi cerobong (m), data pemakaian batubara yang dibakar pada cerobong, data pengukuran emisi gas buang (SO₂ dan NO₂) (µg/m³), dan data meteorologi (tutupan awan, temperatur udara, kelembaban udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, curah hujan, dan stabilitas atmosfer).

Tabel-1 : Kebutuhan Data Sekunder untuk penggunaan AERMOD

Pengolahan	Jenis Data	Sumber
AERMET	Tutupan awan, temperatur udara, kelembaban udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, curah hujan	BMKG Japura, Rengat
WRPLOT	Arah dan kecepatan angin, curah hujan	BMKG Japura, Rengat
AERMAP	Data elevasi	<i>webgis</i>

Setelah semua data yang perlu diolah telah terkumpul dan sesuai dengan format yang terbaca oleh AERMOD, maka langkah selanjutnya adalah proses pembuatan model dispersi polutan dengan menggunakan AERMOD *View* 8.9.0. Dasar perhitungan laju emisi berdasarkan (Kementrian Lingkungan Hidup, 2007) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = EF \times A \times (1-ER/100) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- Q = Laju emisi (g/s)
- EF = Faktor Emisi (g/kg) (19 g/kg untuk SO₂, 11 g/kg untuk NO₂, US EPA, 1995)
- A = Intensitas Kegiatan (Kg/hari)
- ER = *Emission reduction efficiency* (%), (0 = tanpa pengendalian)

Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut, didapatkan *output* dispersi polutan emisi SO₂ dan NO₂ dalam pengukuran 1 jam tertinggi, 24 jam tertinggi, dan *rata-rata tahunan* terhadap lingkungan disekitar PLTU Tembilahan, pemukiman penduduk, area perkantoran, perkebunan serta reseptor sensitif lainnya. Data konsentrasi gas SO₂ dan NO₂ dari sebaran cerobong PLTU dalam bentuk peta

yang nilai konsentrasinya akan dibandingkan dengan baku mutu udara ambien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Elevasi Wilayah Studi

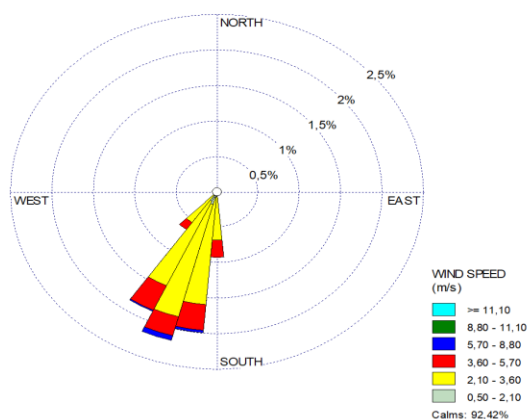
Data elevasi merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemodelan dispersi udara pada AERMOD. Menurut (Khoirunissa, 2011) konsentrasi polusi udara level permukaan yang diemisikan oleh cerobong secara signifikan dapat dipengaruhi oleh keberadaan topografi yang kompleks seperti pegunungan, bukit, dan lembah. Elevasi pada wilayah studi dikategorikan sebagai *flat and elevated terrain* karena wilayah studi yang memiliki elevasi yang bervariasi, oleh karena itu diperlukan input data elevasi. Secara keseluruhan, wilayah studi memiliki kontur yang berkisar antara 0,2 – 17,6 m. Menurut (Sasmita *et al.*, 2019) dengan adanya kontur yang memiliki perbedaan ketinggian di lokasi penelitian, dapat berpengaruh dispersi dari polutan yang diemisikan.

3.2. Kondisi Meteorologi Wilayah Studi

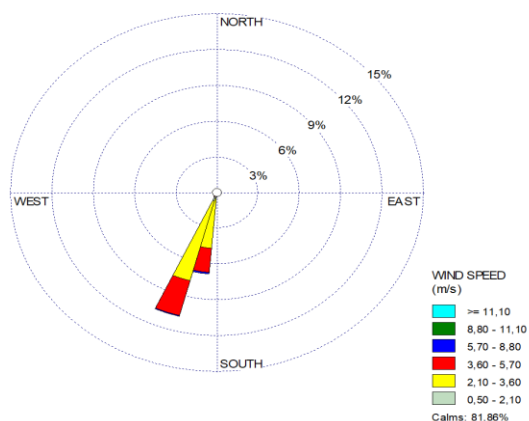
Polutan yang diemisikan dari berbagai sumber baik dari sumber titik, area, dan garis akan berpindah, menyebar terkonsentrasi disuatu tempat diakibatkan karena adanya pengaruh meteorologi dan topografi (Wark & Warner, 1998). Arah angin digunakan untuk mengetahui jarak dispersi gas polutan dari sumber pencemar ke titik penerima dan menentukan titik koordinat sumber pencemar (Handriyono, 2017). Kecepatan angin berpengaruh terhadap persebaran polutan. Semakin kencang angin yang bertiup maka semakin rendah konsentrasi sebaran polutan disuatu titik. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi berbanding terbalik dengan kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatannya penyebaran polutan akan semakin jauh dari sumbernya sehingga konsentrasi polutan akan berkurang karena terjadi pengenceran polutan yang semakin besar (Ramadhan *et al.*, 2017). Dari data kecepatan angin rata-rata yang diperoleh pada bulan September 2019 - Agustus 2020 diperoleh nilai minimum terjadi pada bulan Oktober 2019 sebesar 5,06 Knot pada musim hujan dan nilai maksimum terjadi pada bulan Januari 2020 sebesar 6,39 Knot pada musim hujan. Perbedaan arah dan

kecepatan angin dominan pada musim hujan dan musim kemarau dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari *windrose* tersebut dapat diketahui bahwa pada musim hujan arah angin dominan bertiup dari arah timur laut menuju arah barat daya dengan kejadian sebanyak 95 kali atau sebesar 2,16 %, dengan kecepatan angin dominan terjadi antara rentang 2,10 – 3,60 m/s. Kecepatan angin rata-rata untuk musim hujan sebesar 0,22 m/s, dan nilai *calm wind* dengan frekuensi 92,42 % dan kejadian 5.390 kali. Pada musim kemarau arah angin dominan bertiup dari arah timur laut menuju arah barat daya dengan kejadian sebanyak 201 kali atau sebesar 10,72 %, dengan kecepatan angin dominan terjadi antara rentang 2,10 – 3,60 m/s. Kecepatan angin rata-rata untuk musim kemarau sebesar 0,55 m/s, dan nilai *calm wind* dengan frekuensi 81,86 % dan kejadian 2.397 kali.



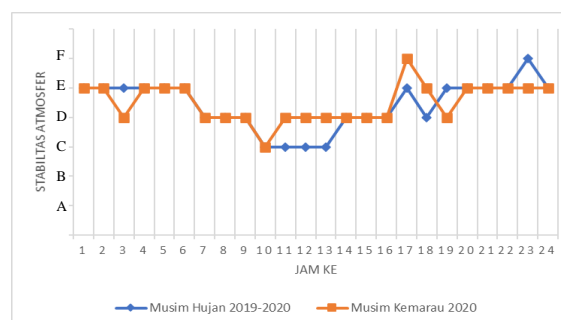
Gambar-2(a) : *Windrose* Musim Hujan



Gambar-2(b) : *Windrose* Musim Kemarau

3.3. Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer menunjukkan tingkat turbulensi udara di arah vertikal. Stabilitas atmosfer mempengaruhi kemampuan atmosfer untuk memungkinkan terjadinya vertikal *mixing*. Tingkat stabilitas atmosfer terjadi pada malam hari lebih stabil dibandingkan pada siang hari. Perbedaan tingkat stabilitas atmosfer dapat terjadi berdasarkan intensitas perbedaan temperatur antara parcel udara dan udara disekitarnya. Berdasarkan data meteorologi dari BMKG Japura, Rengat pada tahun 2019-2020, nilai stabilitas atmosfer untuk kondisi pagi, siang, sore hari, dan malam hari selama 1 tahun dapat ditentukan. Gambar 3 berikut menampilkan kelas stabilitas atmosfer tahunan di kota Tembilahan (bulan September 2019 - Agustus 2020).



Gambar-3 : Kelas Stabilitas Atmosfer Tahunan di lokasi penelitian (September 2019 – Agustus 2020)

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa stabilitas atmosfer pada pagi hari cenderung sedikit stabil (E), hingga pada saat matahari terbit sampai siang hari kelas stabilitas atmosfer berubah ke arah tidak stabil (C). Dari siang hari menuju sore hari kelas stabilitas atmosfer mengalami perubahan menjadi sedikit stabil kembali (E). Pada malam hari hingga matahari terbit kelas stabilitas atmosfer tetap sedikit stabil (E). Assegaf (2018) mengatakan menentukan kelas kestabilan perlu dilakukan dengan penuh kehati-hatian karena akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap puncak dispersi yang terjadi. Pada kelas kestabilan A memiliki puncak dispersi di dekat sumber dan relatif lebih besar dibandingkan kelas lain, tetapi cepat meluruh, sedangkan kestabilan F yang mempunyai puncak terjauh dari sumber tetapi mempunyai laju peluruhan yang terkecil.

3.4. Laju emisi PLTU

PLTU ini menggunakan 1 boiler untuk beroperasi. Pada tabel 2 menunjukkan spesifikasi dari boiler tersebut yang digunakan untuk menghitung laju emisi boiler untuk masing-masing polutan. Nilai laju emisi ini akan menjadi data input untuk AERMOD menghitung konsentrasi polutan.

Tabel-2 : Spesifikasi Boiler PLTU

Nama Alat	Satuan	Boiler
Diameter	Meter	0,8
Temperatur keluaran	°C	134
Tinggi	Meter	40
Kecepatan gas	m/s	25
Laju aliran	m ³ /s	122,75
Jumlah batubara yang dibakar	Kg	145.416.000
Total lama operasi	s/detik	31.536.000

Menggunakan persamaan (1) maka dapat dihitung nilai laju emisi SO₂ dan NO₂, yaitu sebagai berikut

Jumlah Batubara yang dibakar

$$A = \frac{\text{Total Lama Operasi}}$$

$$= \frac{145.416.000 \text{ kg}}{31.536.000} = 4,611 \text{ Kg/s}$$

Maka :

a. Laju Emisi Boiler (Polutan SO₂)

$$\begin{aligned} Q &= EF \times A \\ &= 19 \text{ g/Kg} \times 4,611 \text{ Kg/s} \\ &= 87,609 \text{ g/s} \end{aligned}$$

b. Laju Emisi Boiler (Polutan NO₂)

$$\begin{aligned} Q &= EF \times A \\ &= 11 \text{ g/Kg} \times 4,611 \text{ Kg/s} \\ &= 50,721 \text{ g/s} \end{aligned}$$

3.5. Tutupan lahan

Nilai *albedo*, *bowen ratio*, dan *surface roughness* pada AERMOD digunakan untuk penentuan nilai keadaan permukaan tanah pada wilayah studi. Dari hasil masukan tersebut didapatkan nilai tutupan lahan di lokasi studi pada tahun 2020 yang dapat dilihat pada tabel 3.

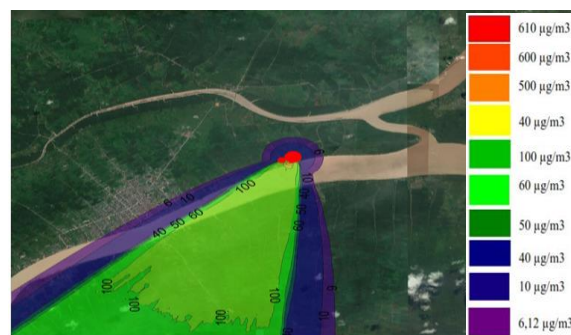
Tabel-3 : Nilai Tutupan Lahan di lokasi studi

Jenis Tutupan Lahan	Luas (%)
Open Water	17,37
Low Intensity Residential	1,38
High Intensity Residential	5,66
Comercial/Industri/Transportation	3,63
Evergreen Forest	7,37
Mixed Forest	2,61
Shrubland	12,02
Orchards/Vineyards/Other	49,32
Fallow	0,43
Urban/Recreational Grasses	0,23

Dari tabel 3, diketahui bahwa sebagian besar wilayah studi adalah *Orchards/Vineyards/ Other* yang diartikan sebagai perkebunan, kemudian disusul dengan perairan yaitu sungai Indragiri dan shrubland atau lahan gambut. Berdasarkan data dari (BPS Provinsi Riau, 2021), menyebutkan Kabupaten Indragiri Hilir memiliki luas perkebunan kelapa terbesar di provinsi Riau. Selain itu Kabupaten Indragiri Hilir juga memiliki lahan perkebunan Kelapa sawit yang cukup luas.

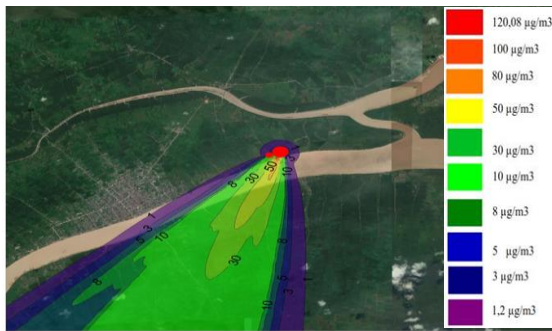
3.6. Analisis Simulasi Model Polutan SO₂

Polutan SO₂ yang dihasilkan dari model ini merupakan hasil emisi yang dilepaskan oleh sumber titik. Hasil model untuk polutan SO₂ dari sumber titik dengan simulasi 1 jam, 24 jam, dan 1 tahun dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 berikut.



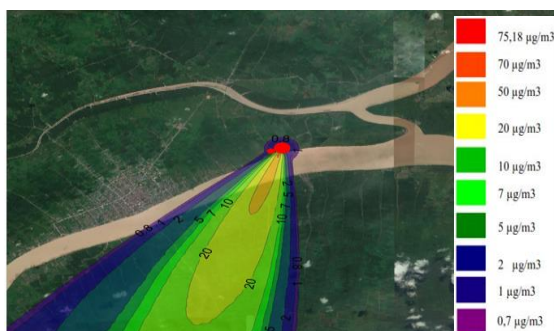
Gambar-4 : Simulasi dispersi SO₂ rata-rata 1 jam

Berdasarkan Gambar 4 hasil simulasi menunjukkan konsentrasi maksimum yang terjadi sebesar 610,70 µg/m³, masih berada dibawah baku mutu udara ambien yang ditetapkan yaitu sebesar 900 µg/m³ untuk simulasi waktu rata-rata 1 jam. Pada simulasi ini konsentrasi tersebar ke sekitar sumber dengan sebaran ke arah barat daya. Terlihat pada gambar di arah sekitaran PLTU sebaran SO₂ yang lebih besar konsentrasinya (ditandai dengan warna *orange* pada peta). Konsentrasi tertinggi terjadi ± 238 m ke arah barat daya dari sumber. Hal ini menggambarkan karakteristik pola kejadian angin tahunan yang bertiup dari arah timur laut ke arah barat daya.



Gambar-5 : Simulasi dispersi SO₂ rata-rata 24 jam

Pada Gambar 5 hasil simulasi menunjukkan konsentrasi maksimum yang terjadi sebesar 120,08 µg/m³. Konsentrasi tersebut masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan sebesar 365 µg/m³ untuk simulasi rata-rata 24 jam. Perbedaan pola sebaran pada waktu rata-rata 24 jam dengan pola sebaran pada waktu rata-rata 1 jam adalah luas cakupan dengan konsentrasi lebih besar dibandingkan pada waktu rata-rata 1 jam. Konsentrasi terbesar terjadi pada ± 290 m ke arah barat daya dari sumber (di sekitar PLTU Tembilahan) menuju Sungai Perak. Daerah dengan konsentrasi tinggi terlihat lebih pekat warnanya dibandingkan dari daerah lain. Polutan SO₂ lebih tersebar ke arah barat daya dibandingkan arah timur laut.



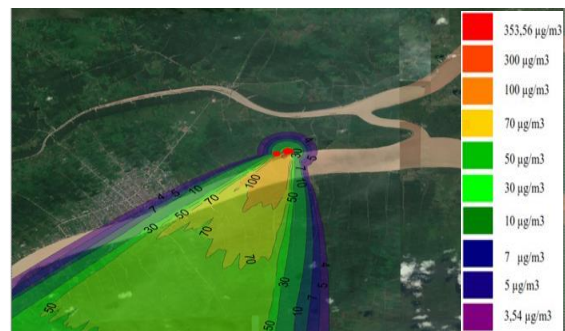
Gambar-6 : Simulasi dispersi SO₂ 1 tahun

Berdasarkan Gambar 6 hasil simulasi menunjukkan konsentrasi maksimum yang terjadi sebesar 75,18 µg/m³. Konsentrasi yang dihasilkan melebihi baku mutu yang ditetapkan sebesar 60 µg/m³ untuk simulasi waktu 1 tahun (*annual*). Pola sebaran polutan pada waktu 1 tahun sedikit berbeda dengan pola sebaran polutan pada waktu rata-rata 24 jam, hal yang membedakan pada pola sebaran ini terlihat lebih jelas dan lebih luas dispersi konsentrasi tingginya. Terlihat pada Gambar 6 Sebaran

polutan mengarah ke barat daya. Hal ini menggambarkan pola kejadian angin tahunan. Konsentrasi tertinggi terjadi ± 397 m (di Sungai Indragiri, Kecamatan Sungai Perak) ke arah barat daya dari sumber.

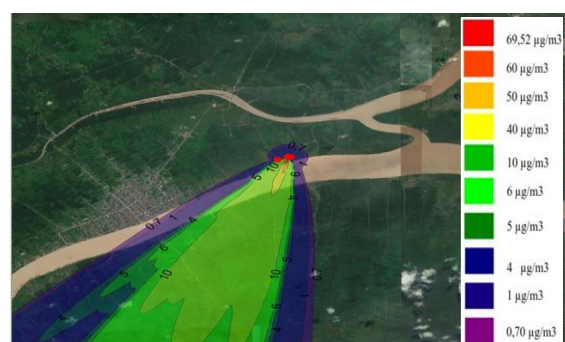
3.7. Analisis Simulasi Model Polutan NO₂

Polutan NO₂ yang dihasilkan dari model ini juga merupakan hasil emisi yang dilepaskan oleh sumber titik. Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9 menampilkan hasil model untuk polutan NO₂ dari sumber dengan simulasi 1 jam, 24 jam, dan 1 tahun.



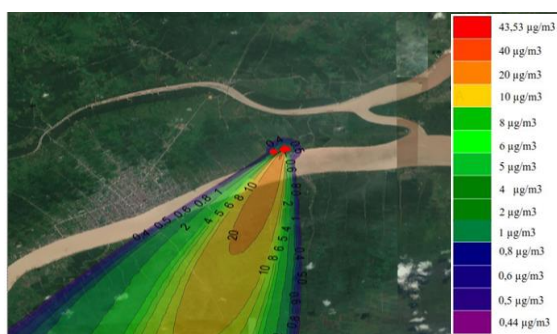
Gambar-7: Simulasi dispersi NO₂ rata-rata 1 jam

Hasil simulasi pada Gambar 7 tersebut menunjukkan konsentrasi maksimum yang terjadi sebesar 353,56 µg/m³, masih berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan untuk waktu simulasi 1 jam, yaitu sebesar 400 µg/m³. Pada simulasi NO₂ konsentrasi lebih tersebar ke berbagai arah di bagian barat daya dengan pola sebaran polutan terbagi seperti bercabang. Pada simulasi polutan NO₂ konsentrasi maksimumnya berada di daerah sekitar sumber ± 238 m dari cerobong (di sekitar PLTU Tembilahan).



Gambar-8 : Simulasi dispersi NO₂ rata-rata 24 jam

Pada Gambar 8 hasil simulasi tersebut menunjukkan konsentrasi maksimum yang terjadi sebesar 69,52 µg/m³, konsentrasi polutan masih berada dibawah baku mutu udara ambien sebesar 150 µg/m³ untuk waktu pengukuran 24 jam. Pola sebaran pada waktu 24 jam tertinggi ini lebih mengarah ke arah barat daya. Sebaran konsentrasi maksimum berada pada wilayah sumber. Konsentrasi terbesar terjadi pada wilayah PLTU Tembilahan dengan jarak ± 290 m ke arah barat daya dari sumber.

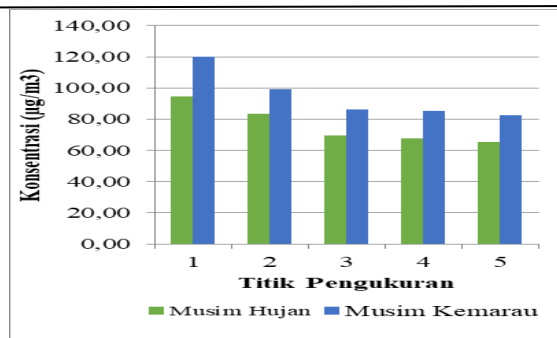


Gambar-9 : Simulasi dispersi NO₂ rata-rata 1 tahun

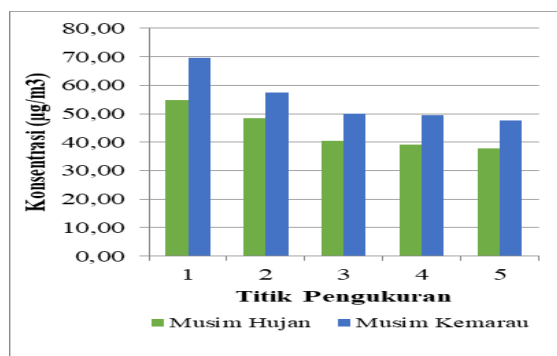
Pada Gambar 9 dapat diketahui konsentrasi maksimum yang terjadi sebesar 43,53 µg/m³. Baku mutu NO₂ untuk periode 1 tahun adalah 100 µg/m³, maka konsentrasi hasil simulasi tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Arah sebaran polutan NO₂ mengarah ke arah barat daya dan ke arah timur. Konsentrasi tertinggi terjadi pada ± 397 m ke arah barat daya dari sumber (di Sungai Indragiri, Kecamatan Sungai Perak).

3.8. Analisis Simulasi Model Musim Hujan dan Musim Kemarau

Bagian ini membahas tentang hasil analisis perbandingan konsentrasi SO₂ dan NO₂ hasil simulasi model berdasarkan kondisi musim di Indonesia, yaitu musim hujan yang terjadi pada bulan Oktober 2019 - Mei 2020 dan musim kemarau terjadi Juni 2020 - Agustus 2020. Analisis simulasi model terhadap musim ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan kondisi meteorologi pada tiap musim terhadap konsentrasi polutan SO₂ dan NO₂ yang di emisikan dari cerobong PLTU Tembilahan tersebut.



Gambar-10 : Konsentrasi SO₂ 24 Jam terbesar



Gambar-11 : Konsentrasi NO₂ 24 Jam terbesar

Dari gambar 10 dan 11 dapat dilihat konsentrasi tertinggi hasil simulasi model polutan SO₂ dan NO₂ terjadi pada musim kemarau. Kondisi ini terjadi disebabkan oleh faktor meteorologi yang berbeda antara musim hujan dan musim kemarau baik dari segi fluktuasi kecepatan angin, temperatur, dan stabilitas atmosfer yang dapat mempengaruhi pola penyebaran polutan dan tingkat konsentrasinya. Kecepatan angin dapat mempengaruhi proses pengenceran secara terus-menerus terhadap polutan yang diemisikan dari sumber (Hasibuan *et al.*, 2015). Kecepatan dan arah angin akan menyebarkan polutan secara horizontal terhadap permukaan bumi, semakin tinggi kecepatannya maka penyebaran polutan akan semakin jauh dari sumbernya sehingga konsentrasi polutan akan semakin rendah akibat adanya pengenceran polutan yang terjadi (Abidin & Hasibuan, 2019). Hal tersebut membuat musim hujan dengan kecepatan angin yang tinggi akan membuat konsentrasi di wilayah studi menjadi lebih rendah bila dibandingkan dengan musim kemarau dengan kecepatan angin yang lebih rendah.

Dari Gambar 4 diketahui bahwa kondisi atmosfer yang terjadi pada jam 9.00 untuk musim hujan berada pada stabilitas netral (D), pada kondisi ini radiasi matahari dan kecepatan angin memiliki nilai yang tergolong sedang. Musim kemarau terjadi pada jam 10.00 berada pada stabilitas sedikit tidak stabil (C). Perbedaan stabilitas atmosfer mempengaruhi ketinggian lapisan pencampuran (*mixing layer*) yang mempengaruhi konsentrasi pencemar di udara (Puspa Dewi *et al.*, 2018). Pada musim hujan kecepatan angin pada jam 9.00 sebesar 2,9 m/s, sedangkan pada musim kemarau pada jam 10.00 kecepatan angin nya sebesar 2,5 m/s.

Selain faktor meteorologi, aktivitas pada sumber polutan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi terhadap besarnya konsentrasi polutan di atmosfer. Berdasarkan pembagian musim, musim hujan berada pada delapan bulan (Oktober, November, Desember, Januari, Februari, Maret, April, dan Mei), sedangkan musim kemarau berada pada empat bulan (September, Juni, Juli, dan Agustus). Hal ini dapat menyebabkan jumlah emisi yang dilepaskan dari sumber pada musim kemarau lebih besar karena rata-rata yang diperoleh hanya dari empat bulan, sedangkan pada musim hujan terdiri dari delapan bulan. Hal ini menunjukkan bahwa musim kemarau memiliki konsentrasi tertinggi polutan SO₂ dan NO₂ yang disebabkan fluktuasi faktor meteorologi dan aktivitas sumber polutan. Dari jumlah nilai konsentrasi tertinggi bahwa pada musim kemarau rata-rata konsentrasinya lebih tinggi dibandingkan musim hujan, sesuai dengan penelitian (Amru *et al.*, 2018) yang juga mendapatkan hasil yang sama.

3.9. Rekomendasi Upaya Mitigasi Pemantauan dan Pengendalian Terhadap Polutan SO₂ yang Melebihi Baku Mutu

Dari hasil simulasi dispersi polutan SO₂ pada pengukuran 1 tahun tertinggi pada Gambar 6 di atas diperoleh sebesar 75,18 µg/m³. Konsentrasi yang dihasilkan melebihi baku mutu yang ditetapkan sebesar 60 µg/m³ untuk simulasi waktu 1 tahun (*annual*) sehingga pemantauan kualitas udara harus lebih intensif saat kondisi atmosfer stabil untuk menanggulangi dampak terburuk dari

pencemaran udara yang bersumber dari cerobong PLTU Tembilahan.

Lokasi terjadinya konsentrasi polutan maksimum bisa dijadikan acuan dalam melaksanakan pemantauan kualitas udara baik pada kondisi atmosfer stabil, netral maupun tidak stabil. Lokasi paparan SO₂ yang tinggi cenderung terjadi di sungai Indragiri, Kecamatan Sungai Perak. Sebaiknya titik pengambilan sampel juga dilakukan di daerah tersebut, oleh karena paparan tertinggi terletak pada daerah sungai, maka sampling dapat dilakukan disekitar aliran sungai atau wilayah daratan yang terdekat dengan sungai tersebut sesuai dengan arah angin dominan yang terjadi pada lokasi PLTU (± 4.657 m dari sumber).

PLTU yang menjadi obyek penelitian ini memiliki pengelolaan emisi TSP yang sudah bagus, pada cerobong PLTU telah terpasang *fabric filter* namun *fabric filter* hanya efisien terhadap polutan berupa partikulat (PM_{2,5} dan PM₁₀) dengan efisiensi sebesar 99,8% (Bhargava, 2016). Oleh karena itu diperlukan alat pengendali emisi udara untuk polutan gas terkhusus polutan SO₂ yang melebihi baku mutu pada pengukuran 1 tahun pada simulasi. Jika perusahaan dan pemerintah ingin melakukan pengendalian pencemaran udara dengan menerapkan teknologi *Flue Gas Desulphurisation* (FGD) dengan efisiensi sebesar 70%-90% (Purwanta, 2018) dan pengendalian berdasarkan kondisi meteorologi bisa dilakukan dengan membatasi (mengurangi) kegiatan pembakaran batubara pada cerobong saat kondisi atmosfer stabil (E dan F) yang terjadi pada malam hari sampai matahari terbit untuk mengurangi masuknya pencemar ke udara ambien (Puspa Dewi *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah arah sebaran emisi untuk polutan SO₂ dan NO₂ dari hasil simulasi model cenderung mengarah ke arah barat daya dari PLTU Tembilahan. Nilai konsentrasi SO₂ hasil simulasi untuk 1 jam tertinggi diperoleh sebesar 610,70 µg/m³, untuk 24 jam tertinggi diperoleh sebesar 120,08 µg/m³, dan untuk 1 tahun tertinggi diperoleh sebesar 75,18 µg/m³. Nilai konsentrasi NO₂ hasil simulasi untuk 1 jam tertinggi diperoleh

sebesar 353,56 µg/m³, untuk 24 jam tertinggi diperoleh sebesar 69,52 µg/m³, dan untuk 1 tahun tertinggi diperoleh sebesar 43,53 µg/m³. Hasil simulasi tersebut menunjukkan konsentrasi polutan SO₂ dan NO₂ yang berasal dari boiler PLTU Tembilahan masih berada dibawah baku mutu masing-masing polutan berdasarkan pada PP No.41 Tahun 1999, kecuali pada simulasi polutan SO₂ pada pengukuran 1 tahun tertinggi. Hasil simulasi menunjukkan konsentrasi polutan SO₂ dan NO₂ pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan pada musim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Penyebaran Konsentrasi Polutan Dengan Pemodelan Dispersi Gauss Menggunakan Matlab. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 5(2), 227. <https://doi.org/10.29303/jpft.v5i2.1341>
- Amru, M. S., Huboyo, H. S., & Samadikun, B. P. (2018). Pemodelan Sebaran Emisi Suspended Particulate Matter ukuran ≤ 10 µm dari Cerobong PLTU Tanjung Jati B Jepara dengan Software AERMOD VIEW. *Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP*, 1–8.
- Assegaf, A. H. (2018). Gas Dispersion Modeling from the Chimney Power Plant Pasquill-Gaussian Model. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(3), 414–419. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.3.414-419>
- Bhargava, A. (2016). Design of Bag Filter for the Control of Dust Emissions for a Cement Plant. *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)*, 1(2), 249–251.
- Bijaksana, A. M. A., Syahrul, M., Nadjamuddin, H., & Rudy, D. (2012). The effects of Gas Emission Steam Power Plant On The Surrounding Residential Area. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, 12(3), 41–47.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Indragiri Hilir. (2021). *Kabupaten Indragiri Hilir Dalam Angka 2020*.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Riau. (2021). *Provinsi Riau Dalam Angka 2020*.
- Hamid, S. A., Muralia, H., Rusdiana, Z., & Ika, R. R. (2018). Aplikasi Model AERMOD dalam Memprediksi Sebaran Emisi Cerobong Asap PLTD Tello, Makassar. *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains Dan Teknologi*, 4, 461–468.
- Handriyono, R. E. (2017). Pembentukan Fungsi Pengaruh Meteorologi Pada Persamaan Gauss Menggunakan Software R. *Jurnal Iptek*, 21(2), 8. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2017.v21i2.91>
- Hasibuan, F., Warsito, W., & Suciwati, S. W. (2015). Simulasi Model Dispersi Polutan Gas dan Partikulat Molekul Pada Pabrik Semen Dengan Menggunakan Software Matlab 7.12. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 4, 142–150.
- Kementrian Lingkungan Hidup. (2007). *Memperkirakan Dampak Lingkungan: Kualitas Udara*.
- Khoirunissa, I. (2011). *Hydrogen Sulphide Dispersion for Hellisheidi And Nesjavellir Geothermal Power Plants, SW-Iceland Using AERMOD* (No. 14; pp. 249–280). Geothermal Training Programme.
- Kusman, K., & Utomo, M. S. K. T. S. (2017). Simulasi Persebaran Gas Buang Dan Partikulat Dari Cerobong Asap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Di Jepara Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD) Dengan Variasi Kecepatan Udara. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 106–114.
- Muhaimin, M., Sugiharto, E., & Suratman, A. (2015). Air Pollution Simulation From Cirebon Power Plant Activity. *Jurnal Eksakta*, 15(1–2), 14–22. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol15.iss1-2.art2>
- Natsir, T. A., Windrianto P, Y., Susetyaningsih, R., Setyanto, K., & Dewi, R. (2018). Simulasi Dampak Pencemaran Udara Karbon Monoksida Di Kota Yogyakarta Akibat Emisis Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 24(1), 11. <https://doi.org/10.22146/jml.23631>
- PLN (Perusahaan Listrik Negara) Wilayah Riau dan Kepri. (2010). *Laporan UKL dan UPL Pembangunan PLTU Tembilahan 2x7 MW di Parit 22 Kelurahan Tembilahan Hilir, Kecamatan Tembilahan, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau*.
- Purwanta, W. (2018). Pemenuhan Baku Mutu Udara Emisi dan Penanganannya; Tinjauan Atas Polutan Partikulat, NO_x, dan SO₂. *Prosiding Seminar Nasional*

- Dan Konsultasi Teknologi Lingkungan Pusat Teknologi Lingkungan*, 32–41.
- Puspa Dewi, N. W. S., June, T., Yani, M., & Mujito, M. (2018). Estimasi Pola Dispersi Debu, SO₂ dan NO_x dari Industri Semen Menggunakan Model Gauss Yang Diintegrasikan Dengan SCREEN3. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(1), 109–119. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.109-119>
- Ramadhan, W. M., Soemirat, J., & Handayani, D. A. (2017). Kajian design cerobong asap terhadap emisi PM₁₀ dan SO₂ akibat pembakaran batubara di PLTU X. *Jurnal Rekayasa Lngkungan*, 1(5), 1–14. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v5i1.%25p>
- Sasmita, A., Andrio, D., & Hasibuan, P. (2019). Pemetaan Sebaran Partikulat Dari Pembakaran Limbah Padat Industri Pengolahan Sawit, Di Kabupaten Kampar, Riau. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 18(2), 57–67.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). (1995). *Compilation of air pollution emission factor volume I: Stationary point and area sources*. Office of air quality planning and standard, office of air radiation.
- Wark, K., & Warner, F. C. (1998). *Air Pollution: Its Origin and Control* (3rd ed.). Harper & Row.
- WHO (World Health Organisation). (2016). *Ambient (Outdoor) Air Quality and Health*.
- Wu, Y.-L., Rahmaningrum, D. G., Lai, Y.-C., Tu, L.-K., Lee, S.-J., Wang, L.-C., & Chang-Chien, G.-P. (2012). Mercury Emissions from a Coal-Fired Power Plant and Their Impact on the Nearby Environment. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(4), 643–650. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.04.0080>