

# ANALISIS SEBARAN *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE* (TSP), SULFUR DIOKSIDA (SO<sub>2</sub>), DAN NITROGEN DIOKSIDA (NO<sub>2</sub>) DI UDARA AMBIEN DARI EMISI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) BANTEN 3 LONTAR DENGAN MODEL GAUSSIAN

Maria Katherina Gnadia Liandy, Endro Suswantoro, Hernani Yulinawati

Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti, Jl Kyai Tapa No.1, Jakarta 11440, Indonesia

hernani@trisakti.ac.id

## Abstrak

Keberadaan PLTU Banten 3 Lontar mempengaruhi kualitas udara ambien di Kabupaten Tangerang terutama pada parameter pencemar TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, dilakukan permodelan sebaran emisi di udara ambien. Analisa sebaran ini menggunakan rumus model Gaussian dengan memperhatikan faktor meteorologi seperti kelas stabilitas atmosfer. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi teoritis, konsentrasi maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> yang diemisikan oleh cerobong terjadi pada kelas stabilitas A, B, C, D, E dan F secara berturut-turut ialah 34,4 µg/m<sup>3</sup>, 24,5 µg/m<sup>3</sup>, 19,5 µg/m<sup>3</sup>, 9,5 µg/m<sup>3</sup>, 4,4 µg/m<sup>3</sup>, 1,3 µg/m<sup>3</sup>, 714,4 µg/m<sup>3</sup>, 508,0 µg/m<sup>3</sup>, 405,1 µg/m<sup>3</sup>, 196,7 µg/m<sup>3</sup>, 91,3 µg/m<sup>3</sup>, 26,1 µg/m<sup>3</sup>, 528,0 µg/m<sup>3</sup>, 375,5 µg/m<sup>3</sup>, 299,4 µg/m<sup>3</sup>, 145,4 µg/m<sup>3</sup>, 67,4 µg/m<sup>3</sup>, dan 19,3 µg/m<sup>3</sup>. Secara berturut-turut, jarak tempuh konsentrasi polutan pada kadar maksimum dengan kelas stabilitas A, B, C, D, E dan F ialah 500 m, 900 m, 1600 m, 4600 m, 9900 m, dan 39000 m. Pada musim hujan, sebaran polutan menyebar ke arah selatan, timur laut, dan timur. Sedangkan pada musim kemarau, sebaran polutan dapat menyebar ke arah barat daya, selatan, dan utara.

## Abstract

**Dispersion Analysis of Total Suspended Particulate (TSP), Sulfure Dioxide (SO<sub>2</sub>), and Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>), of Lontar Power Plant-Banten 3 Ambient using Gaussian Model.** Power Plant 3 Banten affects ambient air quality in Tangerang district, especially on pollutant parameters TSP, SO<sub>2</sub>, and NO<sub>2</sub>. Air quality modelling of these pollutants become important in predicting ambient air quality in locations around the plant. This modelling uses Gaussian model formula and the meteorological factors such as atmospheric stability classes. The maximum concentration of TSP, SO<sub>2</sub>, and NO<sub>2</sub> which were emitted by the chimney occurred on the stability class A, B, C, D, E and F respectively was 34,4 ug/m<sup>3</sup>, 24,5 ug/m<sup>3</sup>, 19,5 ug/m<sup>3</sup>, 9,5 ug/m<sup>3</sup>, 4,4 ug/m<sup>3</sup>, 1.3 ug/m<sup>3</sup>, 714.4 ug/m<sup>3</sup>, 508.0 ug/m<sup>3</sup>, 405, 1 ug/m<sup>3</sup>, 196.7 ug/m<sup>3</sup>, 91.3 ug/m<sup>3</sup>, 26.1 ug/m<sup>3</sup>, 528.0 ug/m<sup>3</sup>, 375.5 ug/m<sup>3</sup>, 299.4 ug/m<sup>3</sup>, 145.4 ug/m<sup>3</sup>, 67.4 ug / m<sup>3</sup>, and 19.3 ug / m<sup>3</sup>. In a row, the distances of the maximum concentration of pollutants with stability class A, B, C, D, E and F are 500 m, 900 m, 1600 m, 4600 m, 9900 m, and 39000 m. In the rainy season, the dispersion of pollutants spread to the south, northeast, and east. Whereas in the dry season, the distribution of pollutants can spread to the southwest, south, and northern.

*Keywords : TSP, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Gaussian, BMUA*

## 1. Pendahuluan

PT PLN (Persero) Pembangkitan Lontar, yang selanjutnya disebut PLTU Banten 3 Lontar, merupakan salah satu unit PLN pembangkit pada direktorat operasi Jawa-Bali yang bertugas untuk mengelola pembangunan dan perusahaan

sebagian proyek percepatan 10.000 MW di Jawa-Bali. PLTU Banten 3 Lontar yang menggunakan bahan bakar batubara memiliki kapasitas terpasang 3 x 315 Mega Watt (MW). Besarnya kapasitas produksi yang dimiliki oleh PLTU tersebut, tentunya akan mendatangkan lapangan kerja dan sumber pendapatan yang sangat besar bagi negara

serta dapat menjadi sumber pencemar yang potensial bagi udara. Berdasarkan Status Lingkungan Hidup Indonesia [1], proporsi kegiatan PLTU terhadap pencemar udara berupa gas NO<sub>2</sub> sebesar 169.041,99 ton/tahun, gas SO<sub>2</sub> sebesar 245.759,95 ton/tahun, dan TSP sebesar 174.112,93 ton/tahun.

Apabila konsentrasi polutan TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> yang berada pada udara ambien di sekitar lokasi PLTU dalam jangka waktu yang panjang, maka akan terjadi dampak negatif bagi lingkungan yang terpapar polutan tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menghitung konsentrasi, membandingkan konsentrasi yang diemisikan dengan baku mutu udara ambien, serta memperkirakan dispersi sebaran TSP, gas SO<sub>2</sub>, dan gas NO<sub>2</sub> dari masing-masing cerobong di udara ambien.

## 2. Metode

Permodelan sebaran emisi pada penelitian ini menggunakan rumus Model Gaussian sebagai metode perhitungan konsentrasi polutan yang diemisikan oleh PLTU. Tahap penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu studi literatur, pengumpulan data primer dan seunder, pengolahan data, analisis data, pembahasan hasil pengolahan dan analisis data, dan kesimpulan. Secara umum, tahapan penelitian dirangkum dalam satu diagram tahapan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Secara keseluruhan, pengolahan data sekunder dan data primer menggunakan beberapa perangkat lunak yaitu *Microsoft Excel 2010* untuk perhitungan koefisien dispersi Gauss serta konsentrasi teoritis tiap polutan dengan model Gauss, *Lakes Environmental WRPLOT (Wind Rose Plots for Meteorological Data) View* versi 7.0.0 untuk pembuatan mawar angin dan grafik distribusi frekuensi kelas angin, dan *ArcMap 10,1* untuk pembuatan peta daerah administratif sebagai dasar peta *isopleth* semburan tiap polutan yang dikerjakan secara manual. Pada pengolahan data yang bertujuan untuk menentukan musim, metode yang digunakan ialah metode Mohr. Menurut Mohr, pembagian iklim didasarkan atas banyaknya bulan basah dan bulan kering suatu tempat. Kriteria penetapan bulan basah dan bulan kering menurut metode Mohr ialah:

- Bulan basah adalah suatu bulan yang curah hujannya lebih besar dari 100 mm.
- Bulan kering adalah suatu bulan yang curah hujannya lebih kecil dari 60 mm.
- Bulan kering adalah suatu bulan yang curah hujannya lebih besar dari 60 mm tetapi lebih kecil dari 100 mm.

Setelah ditentukan musim basah dan musim kering, langkah selanjutnya ialah pembuatan mawar angin atau *windrose* yang dibuat berdasarkan kecepatan dan arah angin selama minimal 5 tahun terakhir pada lokasi penelitian dengan pembagian 8 cabang arah mata angin. Untuk penentuan laju emisi, penelitian ini menggunakan dua cara yaitu pendekatan analisis dimensi dan faktor emisi. Faktor emisi yang digunakan pada penelitian ini berasal dari dokumen AP 42 *Compilation of Air Pollutant Emission Factors (Fifth Edition)* yang diterbitkan USEPA (*the United States Environmental Protection Agency*). Berikut persamaan laju emisi berdasarkan analisis dimensi (1) dan persamaan laju emisi berdasarkan faktor emisi (2):

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

Keterangan:

Q = Laju emisi (µg/dtk)

A = Luas lingkaran cerobong (m<sup>2</sup>)

C = konsentrasi polutan yang keluar dari cerobong (µg/m<sup>3</sup>)

V = kecepatan gas yang keluar dari cerobong (m/detik)

$$Q = E \times A \times (1-ER/100) \quad (2)$$

Keterangan:

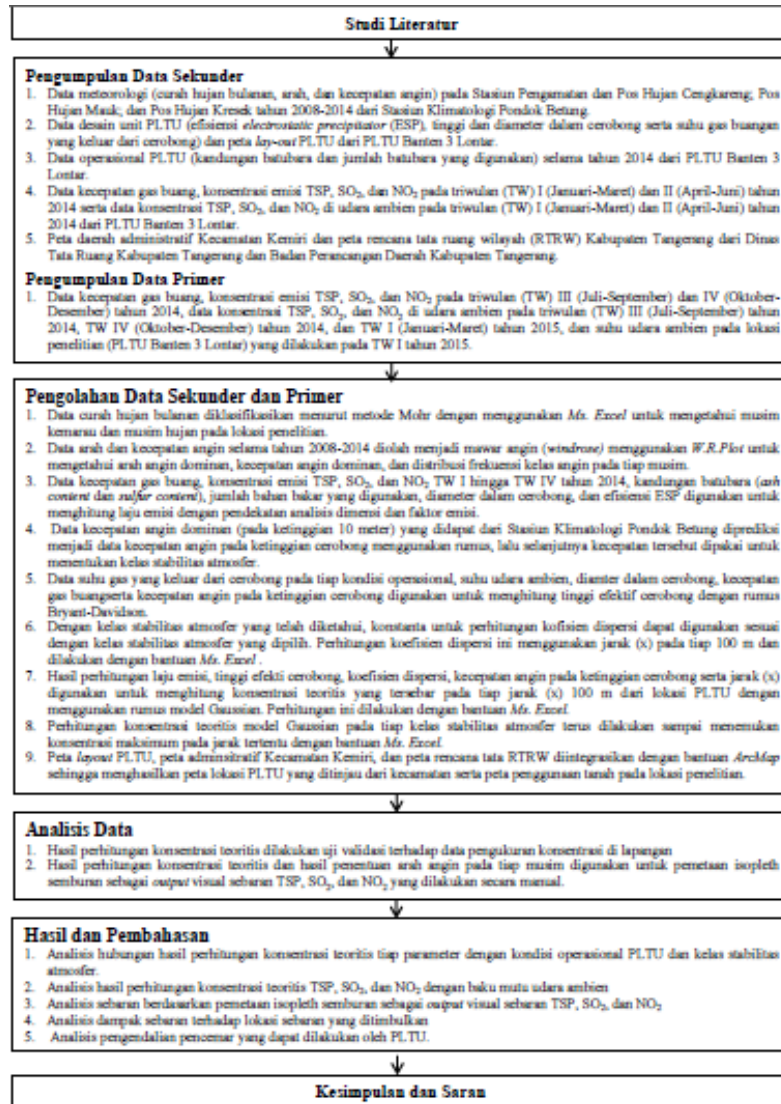
Q = Laju emisi (µg/dtk)

EF = Faktor emisi

A = Intensitas kegiatan PLTU per satuan waktu (ton/hari)

ER = efisiensi pengurangan polutan dari sistem pengendali emisi yang digunakan (dalam satuan persen)

Penentuan kelas stabilitas dilakukan dengan mencocokkan nilai kecepatan angin permukaan yang didapat dari data meteorologi stasiun BMKG dengan tabel klasifikasi atmosfer yang ditunjukkan pada Tabel 1. Kelas stabilitas atmosfer diperlukan untuk menentukan koefisien dispersi yaitu  $\sigma_y$  dan  $\sigma_z$  serta menentukan koefisien eksponen (p) pada persamaan kecepatan angin pada ketinggian cerobong yang ditunjukkan persamaan (3). Koefisien eksponen yang dipakai pada penelitian ini ialah koefisien eksponen untuk permukaan datar (pedesaan). Secara berturut-turut, koefisien eksponen untuk permukaan datar pada kelas atmosfer A, B, C, D, E, dan F ialah 0,09; 0,09; 0,12; 0,15; 0,24; dan 0,36 (Perkins [2]). Pada penelitian ini, cara perhitungan  $\sigma_y$  dan  $\sigma_z$  ialah cara perhitungan dengan persamaan (4) dan (5) serta menggunakan harga konstanta a, b, c, d, dan f yang berasal dari Tabel 2.



Gambar 1. Diagram tahapan penelitian

Tabel 1 Klasifikasi stabilitas atmosfer

Kecepatan Angin Permukaan (m/detik)	Siang			Malam	
	Intensitas Sinar Matahari			Tutupan Awan	
	Kuat	Sedang	Lemah	>4/8 berawan	<3/8 cerah
<2	A	A-B	B	F	F
2 -3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Keterangan:

A = Sangat Tidak Stabil

B = Tidak Stabil

C = Sedikit Tidak Stabil

D = Netral

E = Agak sedikit stabil

F = Stabil

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, 2007

**Tabel 2 Konstanta koefisien dispersi Gauss**

Kelas stabilitas	A	B	X < 1 km			X > 1 km		
			C	D	F	C	D	F
A	213	0,894	440,8	7,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	0,894	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2,0
C	104	0,894	61,0	0,911	0	61,0	0,911	0
D	68	0,894	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13,0
E	50,5	0,894	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34,0
F	34	0,894	14,4	0,740	-0,35	62,6	0,180	-48,6

Sumber: Perkins [2]

$$U_z = U_d \times \left(\frac{h_z}{h_d}\right)^p \quad (3)$$

Keterangan:

U<sub>z</sub> = Kecepatan angin di atas cerobong (m/detik)

U<sub>d</sub> = Kecepatan angin rata-rata (m/dtk)

h<sub>z</sub> = Tinggi alat pengukuran kecepatan angin permukaan (m)

h<sub>d</sub> = Tinggi pengukuran angin di atas permukaan tanah (m)

p = eksponen dari profil angin pada topologi permukaan datar dan tidak rata

$$\sigma_y = a \cdot X^b \quad (4)$$

$$\sigma_z = c \cdot X^d + f \quad (5)$$

Keterangan:

σ<sub>y</sub> = Koefisien dispersi horizontal (m)

σ<sub>z</sub> = Koefisien dispersi vertikal (m)

a, b, c, d, f = konstanta yang didapat dari Tabel 2

Dalam perhitungan konsntrasi dengan model Gaussian, ada satu variabel yang dibutuhkan yaitu tinggi efektif cerobong yang dihitung dengan persamaan (6) dan tinggi semburan cerobong dengan persamaan Bryant-Davidson yang ditunjukkan pada persamaan (7).

$$H_e = H + dH \quad (6)$$

Keterangan:

H<sub>e</sub> = Tinggi cerobong efektif (m)

H = Tinggi cerobong fisik (m)

dH = Tinggi semburan atau *plume rise* (m)

$$dH = D \left(\frac{V_s}{U}\right)^{1/4} \left[1 + \frac{T_s - T_a}{T_s}\right] \quad (7)$$

Keterangan:

dH = *Plume rise* (m)

V<sub>s</sub> = kecepatan gas keluar cerobong (m/det)

D = diameter cerobong (m)

U = kecepatan angin pada ketinggian cerobong (m/s)

T<sub>s</sub> = suhu gas keluar cerobong (°K)

T<sub>a</sub> = suhu udara (°K)

Setelah variabel perhitungan itu semua diketahui, maka selanjutnya konsentrasi teoritis dapat ditentukan dengan persamaan Model Gaussian yang ditunjukkan pada persamaan (8).

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi U_z \sigma_z \sigma_y} \exp\left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\right] x \left\{ \exp - \left[\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp - \left[\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (8)$$

Keterangan:

C = Konsentrasi pencemar (µg/Nm<sup>3</sup>)

Q = Laju emisi pencemar (µg/dtk)

U<sub>z</sub> = Kecepatan angin rata-rata di atas cerobong (m/detik)

x = jarak titik pada sumbu x (m)

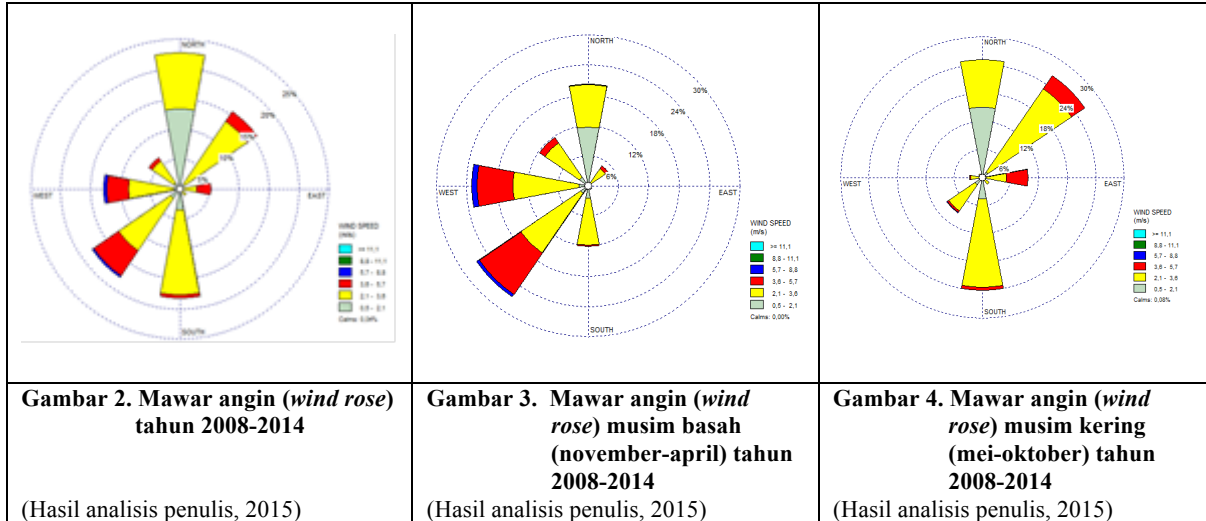
y = jarak titik pada sumbu y (m)

z = jarak titik pada sumbu z (m)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penentuan musim dengan metode Mohr, data curah hujan bulanan yang didapat dari Stasiun Klimatologi Pondok Betung, musim hujan dan musim kemarau yang dipilih untuk penelitian ini ialah November-April sebagai musim hujan dan Mei-Oktober sebagai musim kemarau. Berdasarkan hasil penentuan musim tersebut dan data meteorologi seperti arah dan kecepatan angin di Stasiun Pengamatan Cengkareng selama tahun 2008-2014, mawar angin tahunan (Gambar 2) menunjukkan arah angin dominan selama kurun waktu 6 tahun terakhir ialah utara, barat daya, timur laut, dan selatan. Kecepatan angin dominan dalam kurun waktu tersebut ialah 2,1-3,6 m/detik (warna kuning) dengan kecepatan angin rata-rata ialah 2,72 m/detik.

Untuk musim hujan, mawar angin musim hujan (Gambar 3) menunjukkan barat daya, barat, dan utara dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 2,85 m/detik. Sedangkan, arah angin dominan pada musim kering yang ditunjukkan Gambar 4 ialah timur laut, utara, dan selatan dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 2,58 m/detik.



**Tabel 3. Hasil perhitungan laju emisi dengan analisis dimensi dan faktor emisi**

Unit	Laju emisi Partikulat (mg/s) berdasarkan		Laju emisi SO <sub>2</sub> (mg/s) berdasarkan		Laju emisi NO <sub>2</sub> (mg/s) berdasarkan	
	Analisis dimensi	Faktor emisi	Analisis dimensi	Faktor emisi	Analisis dimensi	Faktor emisi
1	5.703,9	43.265,80	82.386,40	168.568,10	51.459,60	134.854,40
2	3.836	36.911,90	115.917,20	143.812,60	95.128,50	115.050,10
3	7.975,5	59.803,90	125.856,30	233.002,30	54.082,30	186.401,80

Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2015

**Tabel 4. Persentase error (validasi) model Gaussian**

Parameter	Pendekatan Laju Emisi dengan	Persentase Error (±)		
		A	B	D
TSP	Analisis Dimensi	0,724	0,865	0,724
	Faktor Emisi	1,204	0,077	1,204
SO <sub>2</sub>	Analisis Dimensi	3,206	1,651	3,276
	Faktor Emisi	3,276	2,015	3,206
NO <sub>2</sub>	Analisis Dimensi	1,425	9,210	1,425
	Faktor Emisi	4,350	2,198	4,350

Sumber: Hasil perhitungan penulis, 2015

PLTU Banten 3 Lontar mengemisikan tiga polutan utama yaitu TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> dengan laju emisi tiap parameter polutan yang ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, laju emisi polutan tertinggi ialah laju emisi polutan SO<sub>2</sub> daripada laju emisi polutan TSP dan NO<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan bahan bakar batubara yang digunakan mengandung kadar sulfur tinggi serta penggunaan nilai faktor emisi untuk penentuan SO<sub>2</sub> yang tinggi untuk jenis *boiler* PLTU Banten 3 Lontar.

Pada penentuan kelas stabilitas atmosfer, kecepatan rata-rata yang didapat dari mawar angin menunjukkan bahwa kondisi stabilitas atmosfer di lokasi penelitian dapat berada di sangat tidak stabil

(A), tidak stabil (B), sedikit tidak stabil (C), netral (D), sedikit stabil (E), dan stabil (F). Dengan diketahuinya kelas stabilitas atmosfer, maka variabel seperti kecepatan angin di atas cerobong dan tinggi efektif cerobong dapat diketahui dan selanjutnya konsentrasi teoritis dapat dihitung dengan Model Gaussian.

Hasil perhitungan konsentrasi secara Model Gaussian ini selanjutnya divalidasi terhadap data pengukuran di lapangan. Hasil validasi yang dilakukan menunjukkan persen kesalahan yang ditunjukkan pada Tabel 4. Persen kesalahan terkecil terdapat di perhitungan konsentrasi polutan pada kelas B secara analisis dimensi.

Presentase *error* tersebut dikalkulasikan dengan hasil perhitungan konsentrasi dan ditunjukkan pada Tabel 5 hingga Tabel 7. Tabel 5 menunjukkan konsentrasi maksimum tahunan pada lokasi penelitian secara umum (tahunan), Tabel 6 menunjukkan konsentrasi maksimum tahunan pada lokasi penelitian saat musim hujan, Tabel 7 menunjukkan konsentrasi maksimum tahunan pada lokasi penelitian saat musim kemarau.

Hasil perhitungan konsentrasi yang ditunjukkan pada Tabel 5 hingga Tabel 7 ini selanjutnya dibandingkan dengan dengan baku mutu udara ambien yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 [3]. Baku mutu udara ambien yang menjadi acuan ialah baku mutu untuk waktu pengukuran 24 jam untuk TSP (*total suspended particulate*), NO<sub>2</sub>, dan SO<sub>2</sub>.

Baku mutu untuk SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> serta TSP untuk waktu pengukuran 24 jam secara berturut-turut ialah 365 µg/Nm<sup>3</sup>, 150 µg/Nm<sup>3</sup>, dan 230 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi maksimum tiap polutan yang terarsir pada Tabel 5 hingga Tabel 7 merupakan konsentrasi polutan yang melebihi baku mutu udara ambien nasional.

Konsentrasi maksimum yang dijabarkan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 secara berturut-turut jatuh pada lokasi titik 500 m untuk kondisi atmosfer kelas A, 700 m untuk kondisi atmosfer kelas B, 900 m untuk kondisi atmosfer kelas C, 4700 m untuk kondisi atmosfer kelas D, 9900 m untuk kelas E, 3700 m (pada polutan yang diemisikan oleh cerobong unit 1-2) untuk kelas F, dan 3900 m (pada polutan yang diemisikan oleh cerobong unit 3) untuk kelas F.

**Tabel 5. Konsentrasi maksimum tiap polutan (tahunan)**

Kelas stabilitas atmosfer (A/B/C/D/E/F)		TSP (µg/m <sup>3</sup> )						SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )						NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Unit 1 & 2	Analisis dimensi	34,4	24,5	19,5	9,5	4,4	1,3	714,4	508,0	405,1	196,7	91,3	26,1	528,0	375,5	299,4	145,4	67,4	19,3
	Faktor emisi	288,9	205,5	163,9	79,6	36,9	10,5	1125,7	800,7	638,5	310,1	143,9	41,1	900,6	640,5	510,8	248,0	115,1	32,9
Unit 3	Analisis dimensi	28,7	20,4	16,2	7,9	3,7	1,0	452,3	321,2	256,2	124,3	57,6	16,4	194,4	138,0	110,1	53,4	24,8	7,1
	Faktor emisi	155,5	94,2	75,1	36,4	16,9	1,0	516,9	367,0	292,7	142,0	65,8	18,8	413,5	293,6	234,2	113,6	52,7	15,0

Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2015

Keterangan : Konsentrasi polutan yang terarsir merupakan konsentrasi yang melebihi baku mutu

**Tabel 6. Konsentrasi maksimum tiap polutan (musim hujan)**

Kelas stabilitas atmosfer (A/B/C/D/E/F)		TSP (µg/m <sup>3</sup> )						SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )						NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Unit 1 & 2	Analisis dimensi	32,8	23,4	18,6	9,1	4,2	1,2	682,4	485,6	387,2	188,1	87,3	24,9	504,4	358,8	286,1	139,0	64,5	18,4
	Faktor emisi	276,0	196,4	156,6	76,1	35,3	10,1	1075,3	765,2	610,2	296,4	137,6	39,3	860,2	612,2	488,1	237,1	110,1	31,4
Unit 3	Analisis dimensi	27,4	19,5	15,5	7,5	3,5	1,0	432,1	307,0	244,8	118,8	55,1	15,7	185,7	131,9	105,2	51,1	23,7	6,8
	Faktor emisi	148,5	90,0	71,8	34,8	16,2	1,0	493,7	350,8	279,8	135,8	63,0	18,0	395,0	280,6	223,8	108,6	50,4	14,4

Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2015

Keterangan : Konsentrasi polutan yang terarsir merupakan konsentrasi yang melebihi baku mutu

**Tabel 7. Konsentrasi maksimum tiap polutan (musim kering)**

Kelas stabilitas atmosfer (A/B/C/D/E/F)		TSP (µg/m <sup>3</sup> )						SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )						NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Unit 1 & 2	Analisis dimensi	36,2	25,7	20,5	10,0	4,6	1,3	752,4	534,7	426,4	207	96,0	27,4	556,1	395,2	315,2	152,9	70,9	20,2
	Faktor emisi	304,3	207,2	172,5	80,2	38,8	11,1	1185,6	807,1	672,1	312,5	151,3	43,2	948,5	645,7	537,7	250,0	121,0	34,5
Unit 3	Analisis dimensi	30,2	21,4	17,1	8,3	3,8	1,1	476,4	338,1	269,6	130,7	60,6	17,3	204,7	145,3	115,9	56,2	26,0	7,4
	Faktor emisi	163,8	99,1	79,1	38,3	17,8	1,1	544,3	386,3	308,1	149,4	69,2	19,7	435,5	309,0	246,5	119,5	55,4	15,8

Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2015

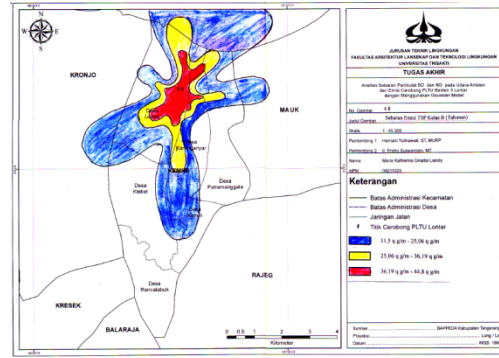
Keterangan : Konsentrasi polutan yang terarsir merupakan konsentrasi yang melebihi baku mutu

Berdasarkan hasil tersebut, maka terlihat bahwa semakin stabil kondisi atmosfer maka semakin jauh polutan mencapai titik maksimum. Hal ini dikarenakan bahwa atmosfer yang stabil memiliki tingkat turbulensi vertikal yang rendah. Artinya, polutan tidak akan banyak terdispersi ke arah vertikal sehingga polutan akan jatuh lebih jauh dari cerobong. Berbeda dengan halnya kondisi atmosfer tidak stabil, atmosfer yang tidak stabil akan mendispersikan lebih banyak polutan ke arah vertikal sehingga polutan pada konsentrasi maksimum akan jatuh lebih dekat dengan cerobong.

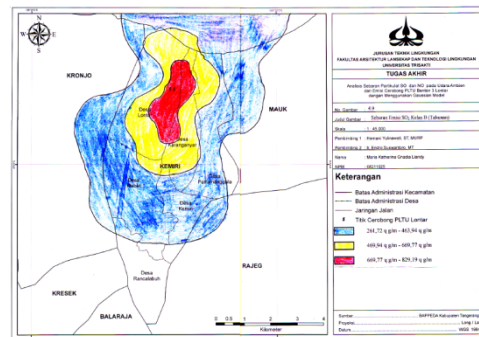
Selain lokasi konsentrasi maksimum, kondisi stabilitas atmosfer juga mempengaruhi besarnya konsentrasi maksimum. Semakin stabil atmosfer akan menyebabkan menurunnya konsentrasi maksimum polutan tersebut. Hal itu dikarenakan semakin jauh polutan jatuh pada jarak tertentu dengan kondisi konsentrasi maksimum akan terdispersi (tersebar) akan akibatnya dorongan angin. Selain itu, polutan tersebut di udara ambien juga bisa terdeposisi (mengendap), tersuspensi di udara, dan bisa mengalami reaksi fisik dan kimia akibat faktor meteorologi.

Pada penelitian ini, pemetaan sebaran polutan dilakukan pada kelas B. Gambar 5 hingga Gambar 7 merupakan pemetaan sebaran emisi TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> secara tahunan. Berdasarkan pola sebaran polutan (tahunan) pada kelas stabilitas atmosfer B yang ditunjukkan pada Gambar 5 hingga Gambar 7, kadar maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> pada kelas B yang diemisikan cerobong *common stack* (unit 1-2) dan *single stack* (unit 3) terjadi di radius 700 m -1300 m dari sumber pencemar. Radius 700 m-1300 m dengan arah barat daya dari sumber pencemar merupakan letak pemukiman penduduk terdekat. Secara berturut-turut, konsentrasi maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> yang diemisikan cerobong *common stack* dan *single stack* pada radius 700 m - 1300 m dari sumber ialah 36,19 µg/m<sup>3</sup> - 44,8 µg/m<sup>3</sup>, 669,77 µg/m<sup>3</sup> - 829,19 µg/m<sup>3</sup>, dan 414,81 µg/m<sup>3</sup> - 513,47 µg/m<sup>3</sup>. Pada radius tersebut dengan arah sebaran polutan menuju arah barat daya, konsentrasi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> melebihi baku mutu udara ambien sehingga berpotensi memaparkan SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> terhadap penduduk setempat.

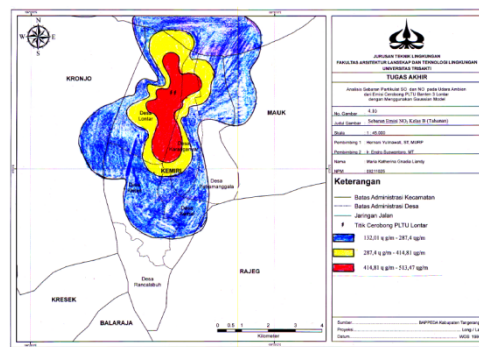
Pada musim hujan seperti yang digambarkan pada Gambar 8 hingga Gambar 10, sebaran polutan menyebar ke arah selatan (pengaruh arah angin utara), timur laut (pengaruh arah angin barat daya), dan timur (pengaruh arah angin barat). Arah angin barat daya dan barat yang terjadi pada musim ini merupakan pengaruh dari angin Muson yang berperan besar dalam terjadinya aliran massa udara



Gambar 5. Sebaran TSP pada kelas B (tahunan) (Hasil analisis penulis, 2015)



Gambar 6. Sebaran SO<sub>2</sub> pada kelas B (tahunan) (Hasil analisis penulis, 2015)



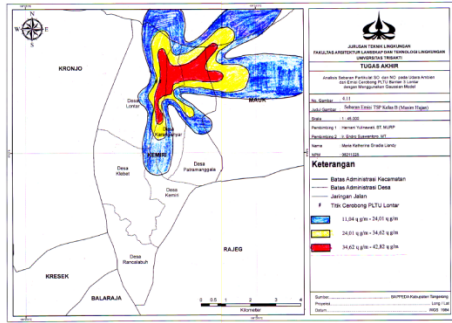
Gambar 7. Sebaran NO<sub>2</sub> pada kelas B (tahunan) (Hasil analisis penulis, 2015)

basah dari Asia ke Australia sehingga terjadilah musim hujan. Arah angin utara yang terjadi merupakan pengaruh dari angin darat dan angin laut yang terjadi di lokasi penelitian. Kadar maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> pada kelas B yang diemisikan cerobong *common stack* (unit 1-2) dan *single stack* (unit 3) secara berturut-turut ialah 34,62 µg/m<sup>3</sup> - 42,82 µg/m<sup>3</sup>, 640,82 µg/m<sup>3</sup> - 791,55

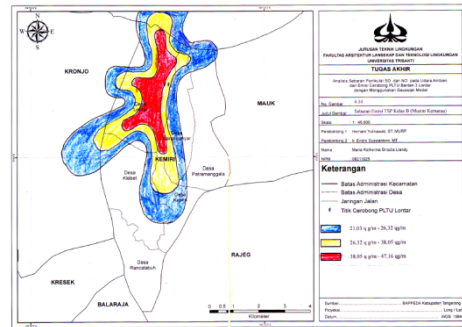


$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan  $369,89 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 490,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan kisaran radius 700 m – 1350 m. Pada radius tersebut dengan arah sebaran polutan menuju arah selatan, konsentrasi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> melebihi baku mutu udara ambien sehingga berpotensi memaparkan SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> terhadap penduduk setempat.

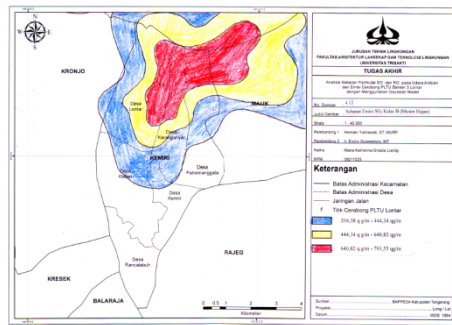
Pada musim kemarau seperti yang digambarkan pada Gambar 11 hingga Gambar 13, sebaran polutan menyebar ke arah barat daya (pengaruh arah angin timur laut), selatan (pengaruh arah angin utara), dan utara (pengaruh arah angin selatan).



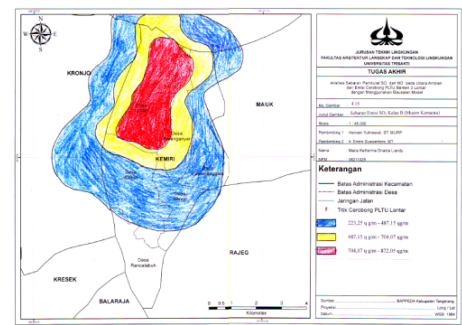
Gambar 8. Sebaran TSP pada kelas B (musim hujan) (Hasil analisis penulis, 2015)



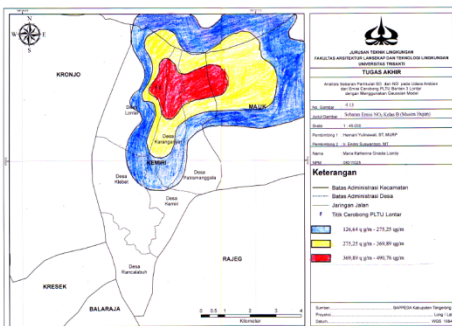
Gambar 11. Sebaran TSP pada kelas B (musim kemarau) (Hasil analisis penulis, 2015)



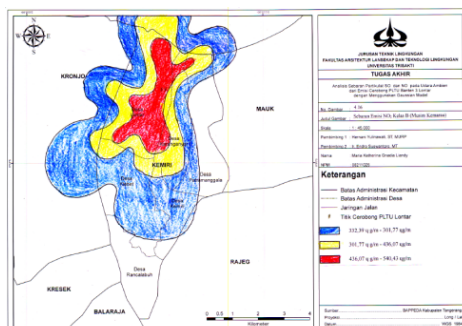
Gambar 9. Sebaran SO<sub>2</sub> pada kelas B (musim hujan) (Hasil analisis penulis, 2015)



Gambar 12. Sebaran SO<sub>2</sub> pada kelas B (musim kemarau) (Hasil analisis penulis, 2015)



Gambar 10. Sebaran NO<sub>2</sub> pada kelas B (musim hujan) (Hasil analisis penulis, 2015)



Gambar 13. Sebaran NO<sub>2</sub> pada kelas B (musim kemarau) (Hasil analisis penulis, 2015)



Arah angin timur laut yang terjadi pada musim ini merupakan pengaruh dari angin Muson yang berperan besar dalam terjadinya aliran massa udara kering dari Australia ke Asia sehingga terjadilah musim kemarau. Arah angin selatan yang terjadi merupakan pengaruh dari angin darat dan angin laut yang terjadi di lokasi penelitian. Kadar maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> pada kelas B yang diemisikan cerobong *common stack* (unit 1-2) dan *single stack* (unit 3) secara berturut-turut ialah 38,05 µg/m<sup>3</sup> – 47,16 µg/m<sup>3</sup>, 704,07 µg/m<sup>3</sup> - 872,05 µg/m<sup>3</sup>, dan 436,07 µg/m<sup>3</sup> – 540,43 µg/m<sup>3</sup> dengan kisaran 700 m – 1450 m. Pada radius tersebut dengan arah sebaran polutan menuju arah barat daya, konsentrasi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> melebihi baku mutu udara ambien sehingga berpotensi memaparkan SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> terhadap penduduk setempat.

Berdasarkan analisis sebaran emisi PLTU Banten 3 Lontar, usaha pengendalian yang digunakan PLTU ialah substitusi bahan baku batubara yang mengandung kadar sulfur rendah dan pengaturan masa simpan batubara pada *stockpile* untuk mencegah kenaikan kadar sulfur akibat penyimpanan batubara yang lama. Selain itu, usaha lainnya yang dapat dilakukan ialah proses pencampuran (*blending*) antara batubara dengan kualitas rendah dengan kualitas tinggi pada proses penggilingan batubara. Peningkatan proses operasional PLTU juga perlu ditingkatkan dengan meningkatkan efisiensi pembakaran boiler agar konsentrasi polutan yang dihasilkan menurun.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini ialah:

1. Konsentrasi maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> yang diemisikan oleh cerobong unit 1-2 terjadi pada kelas stabilitas A, B, C, D, E dan F secara berturut-turut ialah 34,4 µg/m<sup>3</sup>, 24,5 µg/m<sup>3</sup>, 19,5 µg/m<sup>3</sup>, 9,5 µg/m<sup>3</sup>, 4,4 µg/m<sup>3</sup>, 1,3 µg/m<sup>3</sup>, 714,4 µg/m<sup>3</sup>, 508,0 µg/m<sup>3</sup>, 405,1 µg/m<sup>3</sup>, 196,7 µg/m<sup>3</sup>, 91,3 µg/m<sup>3</sup>, 26,1 µg/m<sup>3</sup>, 528,0 µg/m<sup>3</sup>, 375,5 µg/m<sup>3</sup>, 299,4 µg/m<sup>3</sup>, 145,4 µg/m<sup>3</sup>, 67,4 µg/m<sup>3</sup>, dan 19,3 µg/m<sup>3</sup>.
2. Konsentrasi maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> yang diemisikan oleh cerobong unit 3 terjadi pada kelas stabilitas A, B, C, D, E dan F secara berturut-turut ialah 28,7 µg/m<sup>3</sup>, 20,4 µg/m<sup>3</sup>, 16,2 µg/m<sup>3</sup>, 7,9 µg/m<sup>3</sup>, 3,7 µg/m<sup>3</sup>, 1,0 µg/m<sup>3</sup>, 452,3 µg/m<sup>3</sup>, 321,2 µg/m<sup>3</sup>, 256,2 µg/m<sup>3</sup>, 124,3 µg/m<sup>3</sup>, 57,6 µg/m<sup>3</sup>, 16,4 µg/m<sup>3</sup>, 194,4 µg/m<sup>3</sup>, 138,0 µg/m<sup>3</sup>, 110,1 µg/m<sup>3</sup>, 53,4 µg/m<sup>3</sup>, 24,8 µg/m<sup>3</sup>, dan 7,1 µg/m<sup>3</sup>.
3. Secara berturut-turut, titik lokasi jatuhnya polutan dengan konsentrasi maksimum terjadi

pada kelas stabilitas A, B, C, D, E dan F ialah 500 m, 900 m, 1700 m, 4700 m, 9900 m, dan 3900 m dari cerobong PLTU.

4. Secara umum (tahunan) pada kelas stabilitas atmosfer B, polutan yang melebihi baku mutu ialah SO<sub>2</sub> dengan nilai sebesar 829,19 µg/m<sup>3</sup> dan NO<sub>2</sub> dengan nilai sebesar 513,47 µg/m<sup>3</sup>.
5. Secara umum (tahunan) pada kelas stabilitas atmosfer B, konsentrasi maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> yang diemisikan terjadi pada radius 700 m -1300 m dari sumber dengan nilai sebesar 36,19 µg/m<sup>3</sup> - 44,8 µg/m<sup>3</sup>, 669,77 µg/m<sup>3</sup>-829,19 µg/m<sup>3</sup>, dan 414,81 µg/m<sup>3</sup>-513,47 µg/m<sup>3</sup>.
6. Pada musim hujan, kadar maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> pada kelas B yang diemisikan cerobong *common stack* (unit 1-2) dan *single stack* (unit 3) secara berturut-turut ialah 34,62 µg/m<sup>3</sup> - 42,82 µg/m<sup>3</sup>, 640,82 µg/m<sup>3</sup> -791,55 µg/m<sup>3</sup>, dan 369,89 µg/m<sup>3</sup> - 490,76 µg/m<sup>3</sup> di radius 700 m – 1350 m.
7. Pada musim kemarau, kadar maksimum TSP, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> pada kelas B yang diemisikan cerobong *common stack* (unit 1-2) dan *single stack* (unit 3) secara berturut-turut ialah 38,05 µg/m<sup>3</sup> – 47,16 µg/m<sup>3</sup>, 704,07 µg/m<sup>3</sup> - 872,05 µg/m<sup>3</sup>, dan 436,07 µg/m<sup>3</sup> – 540,43 µg/m<sup>3</sup> dengan kisaran 700 m – 1450 m.
8. Pada musim hujan, sebaran polutan menyebar ke arah selatan, timur laut, dan timur. Pada musim kemarau, sebaran polutan menyebar ke arah barat daya, selatan, dan utara.

#### Daftar Acuan

- [1] Deputi Bidang Tata Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup, Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, Jakarta, 2010.
- [2] Perkins, H.C., Air Pollution, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, 1974.
- [3] Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.