

**ANALISIS DISPERSI POLUTAN DARI *MULTIPLE SOURCES*
OPERASIONAL PLTU BATUBARA X
SEBAGAI MEDIA PERHITUNGAN VALUASI EKONOMI**

***DISPERSION ANALYSIS OF POLLUTANT FROM MULTIPLE
SOURCES COAL FIRED POWER PLANT AS ECONOMIC
VALUATION CALCULATIONS***

^{1*}Mardhika Lunaria Jenned, dan ²Kania Dewi

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

*¹mardhikalunaria@yahoo.com dan ²kaniadewi_itb@yahoo.com

Abstrak: Dalam kegiatan operasional nya PLTU menghasilkan polutan yang berasal dari gas buang hasil pembakaran kegiatan industri, pembakaran bahan bakar dari transportasi operasional dan tumpukan batu bara yang tertiuip oleh angin. Hasil model menunjukkan keadaan udara ambien di sekitar lokasi penelitian terjadi beberapa kejadian dimana konsentrasi polutan menjadi sangat besar melebihi baku mutu, CO pada periode tahunan dengan waktu *running* 1 jam mencapai 91.489,31 ug/m³, 24 jam mencapai 7.380,355 ug/m³ dan *annual* sebesar 2.580,604 ug/m³, konsentrasi NO_x untuk waktu simulasi 1 jam, 24 jam dan *annual* sebesar 67.276,63 ug/m³, 4.373,796 ug/m³ dan 183,1157 ug/m³. Konsentrasi SO₂ pada lokasi penelitian mencapai 32.840,63 ug/m³ untuk 1 jam, 2.089,144 ug/m³ untuk 24 jam dan 51.887 untuk waktu simulasi *annual*, sedangkan konsentrasi TSP yang terjadi untuk 24 jam sebesar 937,7436 ug/m³ dan 43.4765 ug/m³ untuk waktu simulasi *annual*. Jika dibandingkan dengan jumlah kejadian dalam setiap waktu simulasi, kondisi konsentrasi yang melebihi baku mutu untuk simulasi 1 jam dan 24 jam tidak ada yang mencapai 0.1 % dari keseluruhan data, bisa di anggap kejadian konsentrasi yang sangat ekstrim terjadi sangat jarang pada setiap waktu simulasi. Beban emisi per tahun yang dihasilkan oleh PLTU menyebabkan biaya tanggung jawab sebesar Rp. 5.766.491.487,23 sebagai biaya pengganti udara yang tercemar dan Rp. 12.060.026.700 untuk pergantian nilai ekonomi *change of productivity*, sedangkan untuk nilai ekonomi *prevention cost* untuk menanggulangi penurunan produktivitas tanaman sebesar Rp. 592.703.800 sehingga nilai TEV yang terhasikan sebesar Rp. 18.419.221.987,23 / Tahun.

Kata kunci: AERMOD, *Gaussian*, Pemodelan Dispersi, Valuasi Ekonomi

Abstract : *In its operational activities coal-fired power station produces pollutants derived from the exhaust gases the results of combustion industrial activity , the combustion of fuel of transport operating and a pile of stones coals that blew by the wind. The results of the model showed the state of the air ambient around the location research happened instances where concentration pollutants be huge exceeds of quality standard, CO in the period annual with time running 1 hour reached 91.489,31 ug/m³, 24 hours reached 7.380,355 ug/m³ and annual of 2.580,604 ug/m³, concentration of NO_x to the simulation time 1 hour, 24 hours and annual of 67.276,63 ug/m³, 4.373,796 ug/m³ and 183,1157 ug/m³. Concentration SO₂ on the site of research reached 32.840,63 ug/m³ for 1 hou, 2.089,144 ug/m³ for 24 hours and 51.887 ug/m³ to the simulation time annual, while concentration the TSP that happens to 24 hour is 937,7436 ug/m³ and 43.4765 ug/m³ for the simulation time annual. Compared to the number of occurrences in any the simulation time , the condition of concentration exceeds of quality standard for the simulations 1 hour and 24 hours of no at 0.1% of the overall data, can be consider scene concentration very extreme happen very rarely in every the simulation time. Burden emission per year produced by coal-fired power to cause the cost responsibility Rp. 5.766.491.487,23 as a charge a substitute for air tainted and Rp. 12.060.026.700 to the economic value change of productivity, while for economic value prevention cost to address the decline in productivity plants Rp. 592.703.800 so that the TEV is Rp. 18.419.221.987,23 / year*

Key words: AERMOD, Dispersion model, Economic valuation, *Gaussian*

PENDAHULUAN

Partikulat dan gas (SO₂, NO_x, CO dan TSP) merupakan emisi dari PLTU yang berkontribusi tinggi terhadap *global warming* (Mokhtar, Hassim, Taib., 2014) dan berdampak nyata terhadap lahan pertanian (Avnery, Mauzerall, Liu, Horowitz., 2011). Partikulat terhasilkan dapat berbentuk abu dan debu dan asap hasil pembakaran bahan bakar merupakan sumber utamanya (Currie, Neidell, Schmieder., 2009). Mokhtar, Hassim dan Taib pada tahun 2014 telah melakukan penelitian pada PLTU di Klang, Malaysia dan hasil dari penelitiannya menggambarkan bahwa keberadaan PLTU menyebabkan tingginya konsentrasi SO_x, NO_x, dan Debu pada daerah sekitar wilayah operasional PLTU.

Pencemaran udara akan mengakibatkan kerusakan terhadap lingkungan dan terhadap ekosistem didalamnya salah satunya adalah kesehatan manusia kasus di Nigeria (Nwachuku, Chukwuocha, Igbudu., 2012) dan terhadap tanaman pada kota Leicester (Jeanjean, Monks, Leigh., 2016).

Pengendalian pencemaran udara dilakukan dengan memperkirakan tingkat konsentrasi dari polutan yang berbahaya di atmosfer, salah satu metode yang dapat digunakan adalah pemodelan kualitas udara. Penggunaan simulasi model komputer dapat dilakukan dengan biaya yang rendah dan juga dapat melakukan perhitungan dalam berbagai kondisi kombinasi (Ashrafi, Orkomi, Motlagh., 2016). Pemodelan kualitas udara pada dasarnya menghubungkan antara beberapa sumber emisi polutan pada suatu daerah dengan konsentrasi polutan di atmosfer (Dewi F., 2013). Salah satu jenis pemodelan kualitas udara adalah model dispersi. Kecepatan dispersi dipengaruhi langsung oleh faktor meteorologi seperti kecepatan angin, turbulensi udara dan stabilitas atmosfer (Putut, Basuki., 2011).

Model dispersi pada kasus ini menggunakan model *AERMOD*. *Departement Of Environment (DOE)* sudah menerima *AERMOD* sebagai alat bantu standart dalam melakukan prediksi proses transport polutan untuk kepentingan evaluasi *Environmental Impact Assessment (EIA)* (Mokhtar, Hassim, Taib., 2014). *AERMOD* telah digunakan untuk melakukan prediksi dispersi polutan SO₂ dan NO₂ dari PLTU di Ningbo China oleh Ding tahun 2012 dan NO_x, SO₂, PM_{2.5} pada sumber garis di Canada oleh Gibson, Kundu dan Satish pada tahun 2013.

Penurunan kualitas udara yang disebabkan oleh kegiatan operasional industri merupakan suatu kerugian yang bersifat kualitatif (kerusakan yang tidak dapat dinilai). Salah satu akibat yang terjadi dari penurunan kualitas udara adalah produktivitas pertanian yang menurun (Robertson, Bruulsema, Gehl, Kanter, Mauzerall, Rotz, Williams., 2012). Dalam memperbaiki dan menilai kerusakan yang terjadi perlu dilakukan suatu proses yang merubah nilai kualitatif menjadi suatu nilai kuantitatif, salah satu metode yang dapat diterapkan adalah valuasi ekonomi.

Valuasi ekonomi merupakan metode yang memberikan sejumlah nilai (uang) terhadap suatu kejadian yang berhubungan dengan lingkungan. Dalam valuasi ekonomi tidak hanya manfaat *tangible* (kasat mata) dari sumber daya alam yang terkuantifikasi dengan nilai rupiah, tetapi nilai guna *intangible* juga diupayakan di rupiahkan (Mubarok, Udisubakti., 2012). Valuasi ekonomi dalam penelitian ini bertujuan menghitung jumlah nilai kerugian yang harus dibayarkan oleh perusahaan terhadap hilangnya jasa lingkungan dengan fokus pada udara bersih yang terjadi pada lingkungan sekitar PLTU. Penetapan nilai valuasi setiap parameter menggunakan metode *change of productivity* dan *prevention cost* sebagai *direct use value* yang mengacu pada Permen LH Nomor 15 Tahun 2012 dan nilai ekonomi pengganti beban emisi dikeluarkan perusahaan sebagai *direct use value*.

METODOLOGI

Secara umum rencana tahapan penelitian ini terdiri dari pengumpulan data, inventarisasi emisi, simulasi model, validasi model, perhitungan valuasi, analisis data dan kesimpulan.

1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder yang berfungsi untuk keperluan bagian simulasi model maupun bagian valuasi.

2. Inventarisasi Emisi

Inventarisasi emisi dilakukan untuk mengetahui emisi yang dikeluarkan dari setiap sumber untuk setiap parameter pencemar yang berbeda. Secara umum perhitungan emisi dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada **Persamaan 1**.

$$E_i = A_i \times EF_i \times \left(1 - \frac{ER_i}{100}\right) \quad (1)$$

Dimana :

E_i = Emisi

A_i = Data Aktivitas

EF_i = Faktor Emisi

ER_i = Efisiensi Pengurangan Emisi Keseluruhan %

a. Sumber Titik

Perhitungan yang dilakukan pada sumber titik adalah proses konversi satuan dari mg/Nm^3 ke g/s . Rumus yang digunakan adalah.

$$\text{Laju Emisi (g/s)} = \frac{\text{Laju Emisi } \left(\frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3}\right)}{1000} \times \text{Debit Alir } \left(\frac{\text{M}^3}{\text{s}}\right) \quad (2)$$

b. Sumber Area

Emisi pada sumber area dibedakan menjadi dua (*coal pile* dan *disposal area*). dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 3** (EPA 42 – Table 11.9-1) dan **Persamaan 4** (EPA 42-Table 8.24-4).

$$EF \text{ Coal Pile} = 0.72 * u \quad (3)$$

Dimana :

EF = Emission Factor $\left(\frac{\text{lb}}{(\text{acre})(\text{hour})}\right)$

u = Kecepatan Angin

$$EF \text{ Disposal Area} = 0.85 \left(\frac{\text{mg}}{\text{ha.year}}\right) \quad (4)$$

c. Sumber Garis

Emisi yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor di dapatkan dengan menggunakan rumus pada **Persamaan 5**.

$$\text{Emisi} = \sum(\text{VKT } b, c * FE \text{ a, b} * 10^{-6}) \quad (5)$$

Dimana :

VKT b,c = Total panjang perjalanan tahunan kendaraan bermotor kategori b yang menggunakan bahan bakar jenis c (km/tahun).

FE a,b = Faktor emisi untuk jenis polutan a dari kendaraan bermotor kategori b (g/km).

3. Simulasi Model

Pemodelan simulasi udara berbasis persamaan *gausian* dapat diterapkan untuk mengestimasi banyak jenis polutan (Seangkiatiyuth, Surapipith, Tantrakarnapa, Lothongkum., 2011). Rumus yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi untuk setiap titik dapat dilihat pada **Persamaan 6**.

$$C_{(x,y,z)} = \frac{QV}{2\pi U_s \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-0.5 \left(\frac{y}{\sigma_y} + \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2} \right)^2 \right] \quad (6)$$

Dimana,

- C = Konsentrasi pada arah x, y, z (m³ / ppb / ppm atau unit lainnya)
 Q = Kecepatan emisi polutan (m³ N/S)²
 V = Distribusi *gaussian plume* arah vertikal
 U_s = Kecepatan angin rata-rata pada ketinggian polutan yang dilepaskan (m/s)
 σ_yσ_z = Parameter dispersi pada arah lateral dan vertikal (m)

Dalam melakukan perhitungan parameter disperse arah lateral dan vertikal AERMOD menggunakan teori persamaan Monin-Obukhov (Tartakovsky, Stern, Broday., 2016).

4. Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk menilai seberapa besar tingkat kesalahan antara hasil model dan kondisi sebenarnya. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dan data hasil pengukuran di lapangan. Perhitungan nilai presentase error dalam perbandingan hasil pengukuran dan hasil model menggunakan rumus pada **Persamaan 7**.

$$\%E = \frac{|a-b|}{a} \times 100 \% \quad (7)$$

Dimana :

- a : Data Hasil Pengukuran
 b : Data Hasil Simulasi Model

5. Penilaian Nilai Ekonomi

Nilai ekonomi akan ditampilkan dalam satuan mata uang, dimana itu merupakan jumlah satuan nilai yang harus dibayarkan oleh pengada jasa yang membuat kondisi lingkungan berubah. Metode yang digunakan dalam valuasi ekonomi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Metode Penilaian Valuasi Ekonomi Setiap Parameter

No	Parameter	Jenis Fungsi	Metode Valuasi
1	Beban Emisi	<i>Indirect Use Value</i>	<i>Market Place</i>
2	Tanaman	<i>Direct Use Value</i>	<i>Change Of Productivity</i>
			<i>Prevention Cost</i>

6. Analisis Data

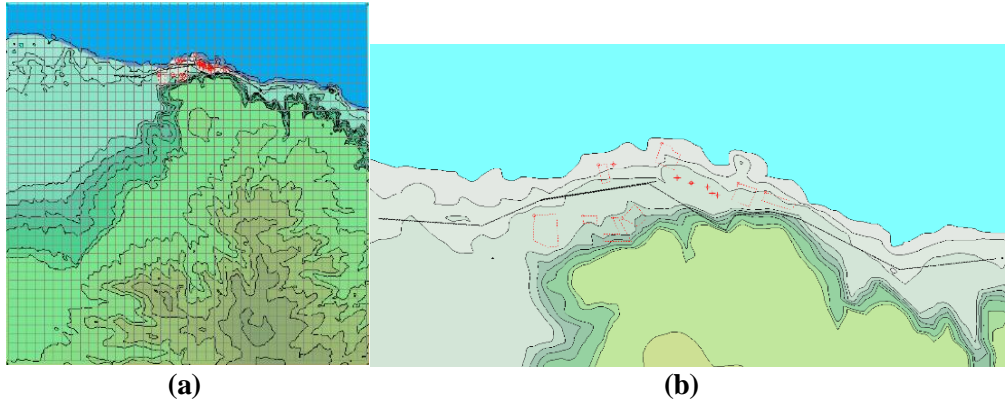
Analisis data dilakukan untuk hasil modeling. Pengolahan data dilakukan dengan uji/metode statistika yaitu Uji Analisis Deskriptif, yang diperuntukkan untuk memberikan gambaran mengenai data yang telah dikumpulkan dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar yang memberikan informasi meliputi beberapa hal, antara lain.

- Kapan konsentrasi yang melebihi baku mutu (keadaan maksimal) terjadi.
 - Membandingkan konsentrasi maksimal dengan baku mutu yang ditetapkan.
 - Frekuensi terjadinya konsentrasi yang melebihi baku mutu (keadaan maksimal).
- Sedangkan dari penilaian valuasi, *total economic value* yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada **Persamaan 8**.

$$TEV = \sum(\text{Direct Use Value}) + \sum(\text{Indirect Use Value}) \quad (8)$$

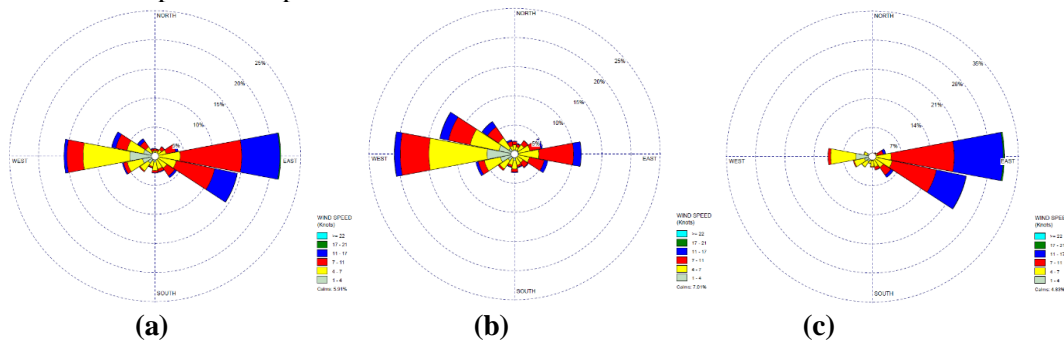
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan peta sebaran polutan pada periode tahunan dan musiman dengan polutan yang diamati adalah CO, SO₂, NO_x dan TSP. Domain model penelitian dilengkapi dengan konturnya dapat dilihat pada **Gambar 1**.



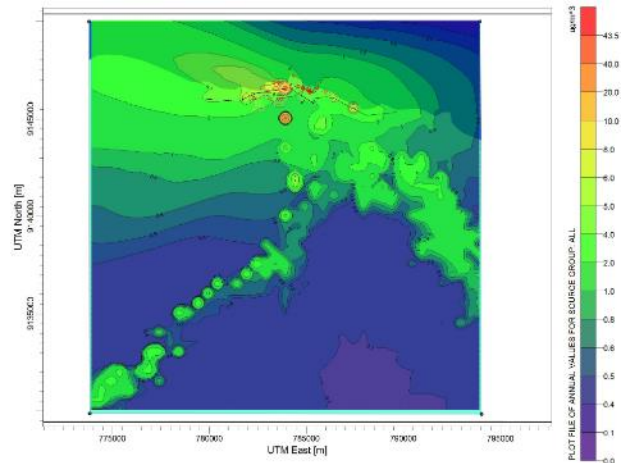
Gambar 1. Peta (a) Domain Model dan (b) Posisi Setiap Sumber Pencemar

Dalam studi pemodelan disperse hal yang paling berpengaruh dalam sebaran disperse adalah arah dan kecepatan mata angin atau yang biasa di gambarkan dalam bentuk *wind rose*. *wind rose* dalam penelitian ini dibedakan menjadi 3 jenis, tahunan, musim hujan dan musim kemarau. *Wind rose* dapat dilihat pada **Gambar 2**.

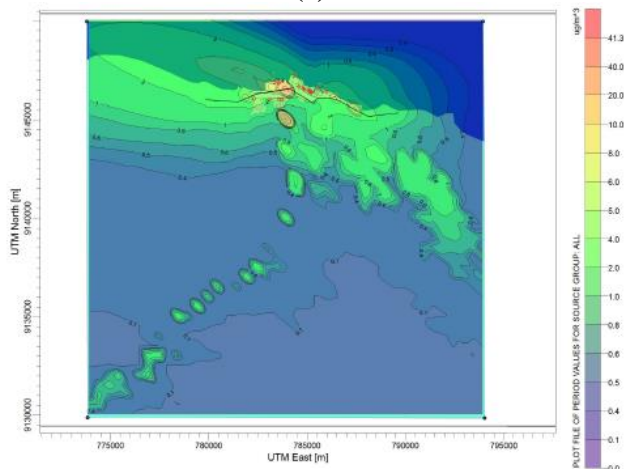


Gambar 2. *Wind Rose* (a) Tahunan, (b) Musim Hujan dan (c) Musim Kemarau

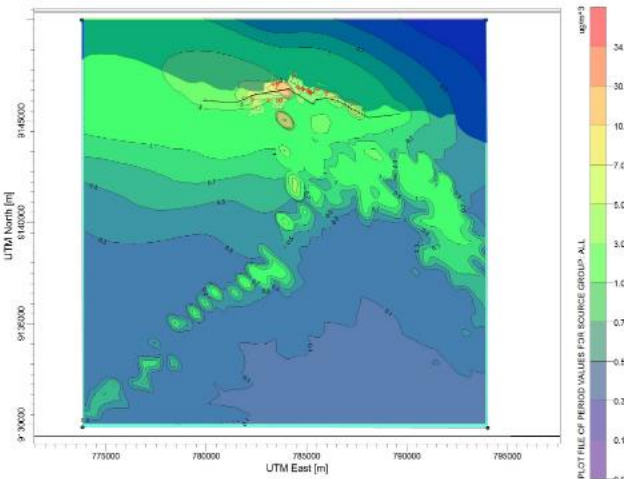
Pada **Gambar 2**. Terlihat bahwa pada rata – rata tahunan kejadian angin terjadi seragam antara dari arah barat maupun dari arah timur, sedangkan pada musim hujan kejadian angin didominasi dari arah barat ke arah timur, sebaliknya pada musim kemarau kejadian angin didominasi oleh kejadian dari arah timur ke arah barat. Model disperse yang digunakan pada studi ini meliputi kombinasi musim, waktu dan parameter seperti yang ditetapkan oleh PP No. 41 tahun 1999. Hasil *running* model akan menampilkan peta berbentuk *isopleth*, yaitu peta dengan tampilan garis yang menyambungkan daerah dengan konsentrasi yang sama. Hasil *running* model dapat dilihat pada **Gambar 3**.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Hasil *Running* Polutan TSP Periode (a) Tahunan, (b) Musim Hujan, (c) Musim Kemarau

Hasil simulasi dari masing – masing periode menunjukkan pola yang hampir sama dengan sebaran polutan melebar ke daerah bagian barat (Desa Bhinor). Hal itu sesuai dengan kondisi pola kejadian angin yang di dominasi oleh angin yang bertiup dari timur ke barat. Adapun angin yang bertiup dari utara keselatan menjadikan polutan ter-dispersi ke selatan, namun menjadi

terbagi ke arah tenggara dan barat laut, hal ini dikarenakan pada bagian selatan kontur lokasi sangat tinggi hingga mencapai 1900 meter, sedangkan pelepasan emisi maksimal hanya di ketinggian 220 meter (sumber titik).

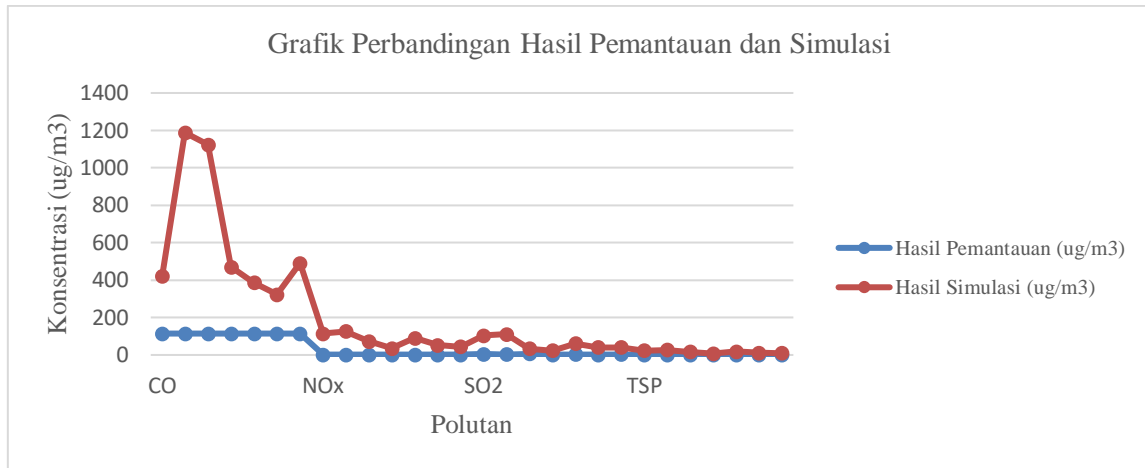
Keadaan profile angin memberikan efek pada bentuk sebaran polutan (dari cerobong asap) terutama pada keadaan kecepatan angin yang rendah (Ashrafi, Orkomi, Motlagh., 2016). Dispersi dari sebuah polutan dipengaruhi oleh beberapa aspek selain dari meteorologi, yaitu kondisi tata guna lahan sekitar seperti keberadaan gedung, gunung, pohon dan perairan (Seangkiatiyuth, Surapipith, Tantrakarnapa, Lothongkum., 2011). Pada penelitian ini *boundary* model dibagi menjadi 3 jenis tata guna lahan yaitu, hutan, laut dan pemukiman (masukan dilakukan pada AERMET). Untuk perbandingan konsentrasi maksimum setiap polutan pada periode *annual* dapat dilihat di **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Lokasi Kejadian Konsentrasi Maksimum Setiap Periode

No	Jenis Polutan	Periode	Konsentrasi (ug/m ³)	Lokasi Konsentrasi Maksimum (m)	
				X	Y
1	CO	Tahunan	2580.604	783917.3	9146552
2		Musim Hujan	2341.765	783917.3	9146552
3		Musim Kemarau	2646.306	783917.3	9146552
4	NO _x	Tahunan	183.1157	783917.3	9145052
5		Musim Hujan	216.1338	783917.3	9145052
6		Musim Kemarau	148.8816	783917.3	9145052
7	SO ₂	Tahunan	51.887	783917.3	9143552
8		Musim Hujan	43.94354	783917.3	9145052
9		Musim Kemarau	60.12302	783917.3	9145052
10	TSP	Tahunan	43.4765	783917.3	9145052
11		Musim Hujan	48.12328	783917.3	9145052
12		Musim Kemarau	38.65859	783917.3	9145052

Validasi hasil model dilakukan dengan membandingkan konsentrasi model dengan hasil pengukuran langsung di lapangan yang dilakukan oleh PT. X sebagai kegiatan monitoring. Validasi dilakukan pada 7 titik, yaitu desa bhinor, desa banyuglugur dan lokasi PLTU untuk ke 4 jenis polutan dengan waktu pengukuran 24 jam. Hasil perbandingan konsentrasi dari model dan pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Nilai konsentrasi hasil pengukuran dan simulasi memiliki selisih yang sangat besar dan semua hasil simulasi berada pada kondisi *over estimated* atau jauh melebihi keadaan di lapangan, dapat dikatakan tingkat akuransi dari model sangat rendah. Faktor yang paling mempengaruhi perbedaan hasil simulasi dan pemantauan adalah bahwa pada *AERMOD* emisi yang dilepaskan oleh sumber untuk simulasi diasumsikan konstan sepanjang waktu dengan konsentrasi maksimum setiap sumber nya. Artinya, konsentrasi, debit gas keluar, temperature dianggap tidak berubah sepanjang waktu.



Gambar 4. Perbandingan Konsentrasi Hasil Pemantauan dan Simulasi

Hasil model menunjukkan banyak data konsentrasi maksimum yang terjadi jauh melebihi baku mutu, seperti untuk polutan CO untuk waktu *running* 1 jam konsentrasinya mencapai 91.489,31 ug/m³, sedangkan baku mutu untuk CO dalam 1 jam adalah sebesar 30.000 ug/m³. **Tabel 4.** Menampilkan jumlah dan presentase jumlah data melewati baku mutu.

Tabel 4. Jumlah dan Presentase Jumlah Data Melewati Baku Mutu

No	Parameter	Periode	Waktu Running	Jumlah Data Melewati BM	Persentase Data Melewati BM
1	CO	Tahunan	1 Jam	49	0.00000341 %
2			24 Jam	-	-
3		Musim Hujan	1 Jam	14	0.00000192 %
4			24 Jam	-	-
5		Musim Kemarau	1 Jam	30	0.00000412 %
6			24 Jam	-	-
7	NO _x	Tahunan	1 Jam	6144	0.00042226 %
8			24 Jam	545	0.00007491 %
9		Musim Hujan	1 Jam	2524	0.00017347 %
10			24 Jam	242	0.00080942 %
11		Musim Kemarau	1 Jam	3620	0.00025225 %
12			24 Jam	303	0.00101345 %
13	SO ₂	Tahunan	1 Jam	1517	0.00010571 %
14			24 Jam	85	0.00014215 %
15		Musim Hujan	1 Jam	678	0.00009449 %
16			24 Jam	32	0.00010703 %
17		Musim Kemarau	1 Jam	839	0.00005846 %
18			24 Jam	53	0.00017727 %
19	TSP	Tahunan	24 Jam	39	0.00006522 %
20		Musim Hujan	24 Jam	20	0.00006689 %
21		Musim Kemarau	1 Jam	19	0.00006355 %

Dari **Tabel 4.** Dapat terlihat bahwa keseluruhan kejadian melewati tidak ada yang mencapai angka kejadian sebanyak 0,1% dari keseluruhan data, sehingga dapat dikatakan bahwa kejadian ekstrim dimana konsentrasi sebuah polutan sangat tinggi sangat jarang terjadi.

Operasional PLTU setiap tahun menghasilkan beban emisi untuk setiap polutan, dalam penentuan nilai ekonomi beban emisi polutan setiap tahun akan dikonversikan menjadi satuan nilai uang sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh EPA, 2016 sesuai CSPAR (*Cross-State Air Pollution Rule*). Dalam kasus ini penilaian beban emisi adalah polutan SO₂ dan NO_x karena kedua polutan ini memiliki nilai jual per ton per tahun. Jumlah beban emisi dan nilai ekonomi untuk keberadaan operasional PLTU dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Perhitungan Nilai Ekonomi Beban Emisi

	Polutan	Harga/Ton	Harga Total
SO ₂	1.074,925097 ton	\$ 175	\$ 188.111,892
NO _x	1.404,49 ton	\$ 225	\$ 243.835,0358
Total (\$)			\$ 431.946,9
Total (Rp) Rate = 1\$ = 13.350			Rp. 5.766.491.487,23

Selain perhitungan nilai ekonomi dari sisi beban emisi, dilakukan juga perhitungan nilai ekonomi dari sisi produktivitas tanaman yang terbagi menjadi dua metode, *change of productivity* dan *prevention cost*, kedua metode ini akan menjadi nilai ekonomi dari sisi *direct use value*, sedangkan nilai ekonomi beban emisi merupakan *indirect use value*. Penurunan jumlah produktivitas yang dirasakan oleh petani dan kerugian yang dirasakan akibat kehilangan penurunan produktivitas panen tersebut dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Nilai Ekonomi *Chang of Productivity* Per Tahun

Desa	Produktivitas Hilang / Ha		Nilai COP Padi		Nilai COP Jagung	
	Padi	Jagung	Per Panen	Per Tahun	Per Panen	Per Tahun
Banyuglugur	1 Ton	0.9 Ton	442.040.000	1.768.160.000	154.980.000	619.920.000
Bhinor	1.5 Ton	0.9 Ton	1.005.750.000	4.023.000.000	315.000.000	1.260.000.000
Selobanteng	1.5 Ton	0.9 Ton	163.624.500	654.498.000	1.938.614.400	7.754.457.600
Total	-	-	-	6.445.658.000	-	9.634.377.600
Total Akhir (Rupiah)						16.080.035.600

Sedangkan untuk *prevention cost* dibagi menjadi 4 bagian pencegahan yang mungkin dilaksanakan pada daerah pertanian tersebut. Kegiatan yang mungkin dilaksanakan dan nilai ekonomi yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Nilai Ekonomi *Prevention Cost* Per Tahun

Desa	Nilai Ekonomi <i>Prevention Cost</i> Per Tahun				Total
	Shading Net	Sewa Pompa	Solar	Fungisida	
Banyuglugur	38.000.000	3.420.000	7.045.200	32.832.000	81.297.200
Bhinor	63.000.000	5.760.000	11.680.200	54.432.000	134.872.200
Selobanteng	176.000.000	15.840.000	32.630.400	152.064.000	376.534.400
Total	277.000.000	25.020.000	51.355.800	239.328.000	592.703.800

Dari hasil *direct use value* dan *indirect use value* didapat nilai *total ekonomi value* adalah sebesar **Rp. 18.419.221.987,23 / Tahun**. Nilai TEV yang dikeluarkan untuk perbaikan jasa

lingkungan dari sisi pertanian sebesar **Rp. 12.652.730.500** yang ditunjukkan untuk mengembalikan kembali nilai produktivitas pertanian masyarakat sekitar dan menutup kerugian yang terjadi akibat penurunan produktivitas pada tahun tersebut. Untuk nilai tev sisanya sebesar **Rp. 5.766.491.487** dapat digunakan untuk kepentingan sektor lain yang juga terkena dampak dari perubahan kualitas udara, seperti kesehatan masyarakat, pendidikan warga sekitar, perbaikan fasilitas umum atau pun dijadikan biaya untuk pengadaan pelatihan bagi para petani.

KESIMPULAN

Konsentrasi yang dihasilkan dari waktu simulasi *annual* untuk CO adalah sebesar 2.580,604 ug/m³, NO_x sebesar 183,115 ug/m³, SO₂ sebesar 51,887 ug/m³ dan TSP sebesar 43,476 ug/m³. Jika dibandingkan dengan baku, konsentrasi NO_x melebihi baku mutu yang ditetapkan sebesar 100 ug/m³ untuk waktu rata – rata simulasi 1 tahun. Dalam simulasi waktu 1 jam semua polutan yang dimodelkan dengan waktu *running* 1 jam dengan periode tahunan menghasilkan konsentrasi maksimum melewati batas baku mutu yang telah di tetapkan oleh PP 41 Tahun 1999. Konsentrasi maksimum untuk polutan CO adalah sebesar 91.489,31 ug/m³ yang bernilai 3,0496 kali lipat dari baku mutu. Konsentrasi maksimum untuk polutan NO_x adalah sebesar 67.277 ug/m³ yang bernilai 168,1925 kali lipat dari baku mutu. Konsentrasi maksimum untuk polutan SO₂ adalah sebesar 32.840,63 ug/m³ yang bernilai 36,4895 kali lipat dari baku mutu. Konsentrasi maksimum untuk polutan TSP adalah sebesar 937,74 ug/m³ yang bernilai 4,0771 kali lipat dari baku mutu untuk waktu pengamatan 1 jam. Akan tetapi jumlah kejadian konsentrasai melebihi baku mutu sangat sedikit, untuk masing – masing polutan kejadian tidak mencapai 0.1 % dari total data.

Konsentrasi maksimum CO terjadi pada daerah jalur kendaraan, sedangkan untuk polutan NO_x, SO₂ dan TSP konsentrasi maksimum terjadi pada jarak sekitar 2km ke arah selatan dari sumber.

Proses validasi hasil simulasi menunjukkan perbedaan yang *over estimated* dibandingkan dengan data hasil pemantauan. Selisih data tersebut dapat disebabkan oleh banyak hal, hal yang paling utama adalah proses modeling menggunakan data aktivitas sumber secara konstan untuk 1 tahun simulasi.

Total economic value dalam satuan uang untuk kasus ini sebesar Rp. 18.419.221.987,23 / Tahun, dimana Rp. Rp. 12.652.732.500 merupakan penggantian akan kerugian dari sisi pertanian sebagai *direct use value* dan Rp. 5.766.491.487 sebagai pengganti dari sisi keberadaan beban emisi di udara (*indirect use value*).

DAFTAR PUSTAKA

- Ashrafi Khosro, Orkomi Ali Ahmadi, Motlagh Majid Shafipour. 2017. *Direct Effect Turbulence on Plume Rise in a Neutral Atmosphere*. Journal Atmospheric Pollution Research Volume xx Hal 1 – 12.
- Avnery Shiri, Mauzerall Denise L, Liu Junfeng, Horowitz Larry W. 2011. *Global crop yield reductions due to surface ozone exposure: 2. Year 2030 potential crop production losses and economic damage under two scenarios of O₃ Pollution*. Journal Atmospheric Environment Vol 45 Hal 2297 – 2309. USA.
- Currie Janet, Neidell Matthew, Schmieder Johannes. 2009. *Air Pollution and Infant Health: Lessons From New Jersey*. Journal Of Health Economics 28 Page 688-703. United States
- Dewi Fitria, 2013. *Modelling On Distribution Pattern Of Main Pollutans (SO₂, NO_x, and Dust) Of PLTU Cilacap Smoke Stack Using Gaussian Plume*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ding F. 2012. *Analysis of Upper Air Environmental Impact of Pollutants Discharged by Power Plant*. Procedia Environmental Sciences Volume 13. Pages 1145 – 1154. China.

- Environmental Protection Agency. 2004. AERMOD: Description Of Model Formulaion. United States.
- Gibson Mark D, Kundu Soumita, Satish Mysore. 2013. *Dispersion Model Evaluation of PM_{2.5}, NO_x and SO₂ from Point and Major Line Sources in Nova Scotia, Canada using AERMOD Gaussian Plume Air Dispersion Model*. Journal Atmospheric Pollution Research Vol 4 Pages 157 – 167
- Jeanjean APR, Monks PS, Leigh RJ. 2016. *Modelling the Effectiveness of Urban Trees and Grass on PM_{2.5} Reduction via Dispersion and Deposition at a City Scale*. Journal Atmospheric Environment Vol 147 Hal 1 – 10. Inggris.
- Mokhtar Mutahharah, Hassim Mimi, Taib Rozainee. 2014. Health Risk Assessment of Emissions From a Coal-Fired Power Plant Using AERMOD Model. Journal Process Safety and Environmental Protection 92 Page 476-485. Malaysia.
- Mubarok Ahmad, Ciptomulyono Udisubakti. 2012. Valuasi Ekonomi Dampak Lingkungan Tambang Marmer di Kabupaten Tulungagung dengan Pendekatan Willingness to pay dan Fuzzy MCDM. Jurnal Teknik ITS Vol. 1 No.1. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Nwachukwu A. N., Chukwuocha E. O., Igbudu O. 2012. A Survey On The Effects Of Air Pollution On Diseases Of The People Of River State Nigeria. Afriacan Journal Of Environmental Science and Technologu Vol 6 Page 371-379. Nigeria.
- Putut Endrayana, Widodo Basuki. 2011. Simulasi Model Dispersi Polutan Karbon Monoksida di Pintu Masuk Tol. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Yogyakarta.
- Robertson G Philip, Bruulsema Tom W, Gehl Ron J, Kanter David, Mauzerall Denise L, Rotz Alan, Williams Candiss O. 2012. *Nitrogen-Climate Intercations in US Agriculture*. Journal Biogeochemistry October. America.
- Seangkiatiyuth Kanyanee., Surapipith Vanisa., Tantrakarnapa Kraichat., Lothongkum Anchaleeporn. 2011. *Application of the AERMOD modeling system for environmental impact assessment of NO₂ emissions from a cement complex*. Journal Of Environmental Sciences. Thailand.
- Tartakovsky Dmitry, Stern Elim Borday David M. 2016. Comparison of Dry Deposition Estimates of AERMOD and CALPUFF from area sources in flat terrain. Journal Atmospheric Environment 142 Hal 430 – 432. Elsevier