

Pengaruh Tinggi dan Diameter Cerobong Pltu Terhadap Dispersi SO₂ Di Udara Menggunakan Model *Gaussian Plume*

Nur Jannah Baturante^{*1}, Nurbaiti Kumendong²

^{1,2}Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Khairun, Kota Ternate, Maluku Utara, Indonesia.

Email: jannahbaturante.ch@gmail.com

Abstract

Informasi Jurnal

Kata Kunci :

Gaussian Plume, Coal
power plant,
Dispersion model,
SO₂ concentration

Gaussian plume model was used to model the SO₂ dispersion of 1000 MW coal power plant. This study used two scenarios to figure out the effect of pollutant source physical condition height and diameter of stack to SO₂ dispersion which result from coal burning in power plant. The result showed that the increase of sulfur in coal increase ground level concentration of SO₂. Decreased of atmospheric stability, caused the increase of SO₂ ground level concentration that closer to the pollutant source. Height and diameter of stack, showed similar effect. Sulfur dioxide ground level concentration decrease and occurred closer to the pollutant source, caused by the increase of those parameters. The lowest SO₂ ground level concentration resulted from high stack 275 m, with MGLCs 106,55 µg/m³, and diameter 8,75 m; with MGLCs 112,15 µg/m³, which has exceeded the threshold and gave negative effects on human and the environment.

Keywords:

.

1. Pendahuluan

Udara sebagai salah satu faktor penting penunjang kehidupan telah menjadi perhatian dunia karena kualitasnya yang semakin menurun. Salah satu penyebab menurunnya kualitas udara adalah banyaknya emisi gas pencemar yang dihasilkan oleh berbagai industri, diantaranya yaitu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Meski demikian, keberadaan PLTU sangat dibutuhkan sebagai upaya pemenuhan kebutuhan energi yang semakin meningkat. Indonesia sedang merencanakan pembangunan PLTU dengan kapasitas daya 1000 Megawatt (MW). Operasional PLTU tersebut sangat dinantikan untuk memenuhi kebutuhan listrik Indonesia. Akan tetapi, dibalik aspek manfaatnya perlu dipertimbangkan dampak terhadap kesehatan manusia dan lingkungan yang akan ditimbulkannya.

Bahan bakar fosil khususnya batubara, digunakan sebagai bahan bakar utama PLTU karena harganya yang murah dan ketersediaannya yang banyak. Untuk memanfaatkan energi bahan bakar fosil, cara yang diterapkan adalah dengan melakukan pembakaran (Bueno-Lopez dan Garcia-Garcia, 2005). Namun, emisi pembakaran batubara menghasilkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Bueno-Lopez dan Garcia-Garcia, 2005; Andreasen dan Mayer, 2007; Wang dkk., 2007). Sulfur dioksida (SO_2) adalah salah satu emisi yang dihasilkan dari pembakaran batubara (Vardar dan Yumurtaci, 2010; Nazari dkk., 2010). Paparan SO_2 dengan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan

kesulitan bernapas dan gangguan pernapasan. Selain itu, hujan asam yang terbentuk karena deposisi asam oleh SO_2 mengakibatkan pengasaman danau dan sungai serta kerusakan pada tanaman pertanian. Deposisi asam juga mempercepat pelapukan tugu dan bangunan (Endresen dkk., 2005; Andreassen dan Mayer, 2007). Menyadari dampak negatif yang ditimbulkan, sangat penting untuk mengkaji dispersi (penyebaran) SO_2 di udara yang akan dihasilkan oleh PLTU 1000 MW.

Pemodelan pencemaran udara adalah satu-satunya metode yang dapat menggambarkan kualitas udara di masa yang akan datang (Daly dan Zanetti, 2007; Aggarwal dkk., 2014). Informasi mengenai kualitas udara dimasa yang akan datang memungkinkan pengatur kebijakan untuk menyusun strategi manajemen pengendalian pencemaran udara (Afshar dan Delavar, 2007). Model *Gaussian Plume* adalah salah satu pemodelan matematis yang paling umum digunakan dalam menggambarkan dispersi polutan di udara. Model *Gaussian Plume* telah lazim digunakan karena berbagai keunggulannya, diantaranya yaitu mudah dimengerti, mudah dalam aplikasinya, dan telah disepakati secara internasional (Anonim, 2004; Awasthi dkk., 2006; Abdel-Rahman, 2008). Berdasarkan pertimbangan tersebut, model *Gaussian plume* dipilih untuk memodelkan dispersi SO_2 yang akan dihasilkan dari pembakaran batubara PLTU 1000 MW. Model *Gaussian Plume* menggabungkan kondisi meteorologi, *terrain*, sifat fisik dan kimia dari *effluent*, dan kondisi fisik sumber pencemar untuk mensimulasikan pembentukan *plume* dan

transpor polutan di dalamnya (Abdel-Rahman, 2008). Kecepatan angin, stabilitas atmosfer, tinggi cerobong, *stack exhaust velocity* dan konsentrasi awal polutan merupakan beberapa parameter yang mempengaruhi dispersi polutan di udara (Sharma dkk., 2005; Lateb dkk., 2011). Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut, dalam kajian ini dilaporkan hasil pemodelan pengaruh tinggi dan diameter cerobong terhadap dispersi SO₂ di udara. Konsentrasi *ground level* yang diperoleh dalam penelitian ini selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai baku mutu udara ambien nasional (NAAQS) yang ditetapkan oleh EPA. Untuk mengetahui pengaruh terhadap kesehatan manusia, hasil pemodelan yang diperoleh diinterpretasi dengan *Air Quality Index* (AQI).

2. Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan

Dalam penelitian ini digunakan data kecepatan dan arah angin selama 1 (satu) tahun, data kandungan sulfur (% w/w) batubara, kondisi fisik cerobong, dan kondisi operasional PLTU. *Software* yang digunakan adalah *software WRPLOT View* dan *software MATLAB R2013a*.

Prosedur Penelitian

Untuk mengetahui bagaimana dispersi SO₂ di udara, penelitian ini menggunakan model *Gaussian Plume* yang diaplikasikan pada *software MATLAB R2013a*. Parameter-parameter yang dibutuhkan adalah laju emisi, kecepatan dan arah angin yang merupakan hasil dari *software WRPLOT View*, tinggi dan

diameter cerobong, *gas exit velocity*, *gas exit temperature*, temperatur ambien, dan tinggi reseptor. Parameter-parameter yang akan ditentukan nilainya meliputi kecepatan angin pada tinggi Z (U_z), koefisien dispersi (σ_y dan σ_z), *plume rise* (Δh), tinggi efektif cerobong (H) dan konsentrasi SO₂ pada koordinat tertentu. Hasil dari *software* ini berupa grafik *plume* dengan berbagai tingkatan warna untuk memudahkan dalam penentuan area dispersi pada konsentrasi dan koordinat tertentu. Data parameter pemodelan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Dalam penelitian ini, skenario skenario tinggi cerobong (h), skenario diameter cerobong (D) dengan nilai beban emisi 852,25 g/s; kecepatan angin 4 m/s; Temperatur ambien 298 K; dan tinggi reseptor 1,5 m. Skenario tinggi cerobong dimodelkan dengan menggunakan variasi tinggi cerobong 215 m, 240 m dan 275 m. Skenario diameter cerobong dimodelkan dengan menggunakan diameter 8,50 m, 8,65 m dan 8,75 m. Dampaknya terhadap manusia diinterpretasi dengan *Air Quality Index* (AQI).

3. Hasil dan Pembahasan

Tinggi cerobong (h_s) merupakan kondisi fisik sumber pencemar yang dimodelkan pada penelitian ini. Untuk mengetahui pengaruh tinggi cerobong terhadap dispersi SO₂ di udara, dimodelkan 3 (tiga) tinggi cerobong yaitu tinggi 215 m, 240 m dan 275 m. Pengaruh tinggi cerobong terhadap dispersi SO₂ di udara disajikan dalam Tabel 1. Hubungan antara tinggi cerobong dan *maximum ground level*

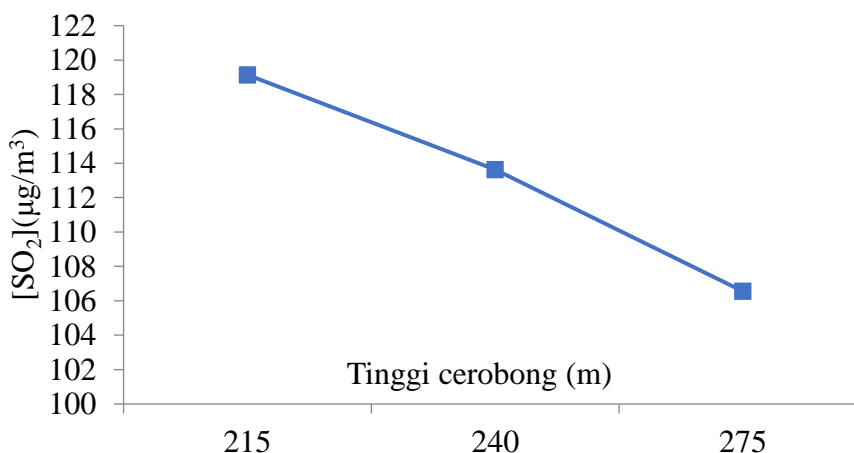
concentration (MGLCs) SO₂ ditampilkan dilihat pada Gambar 2.
pada Gambar 1, dan dispersinya dapat

Tabel 1. Data hasil pemodelan dispersi SO₂ berdasarkan tinggi cerobong

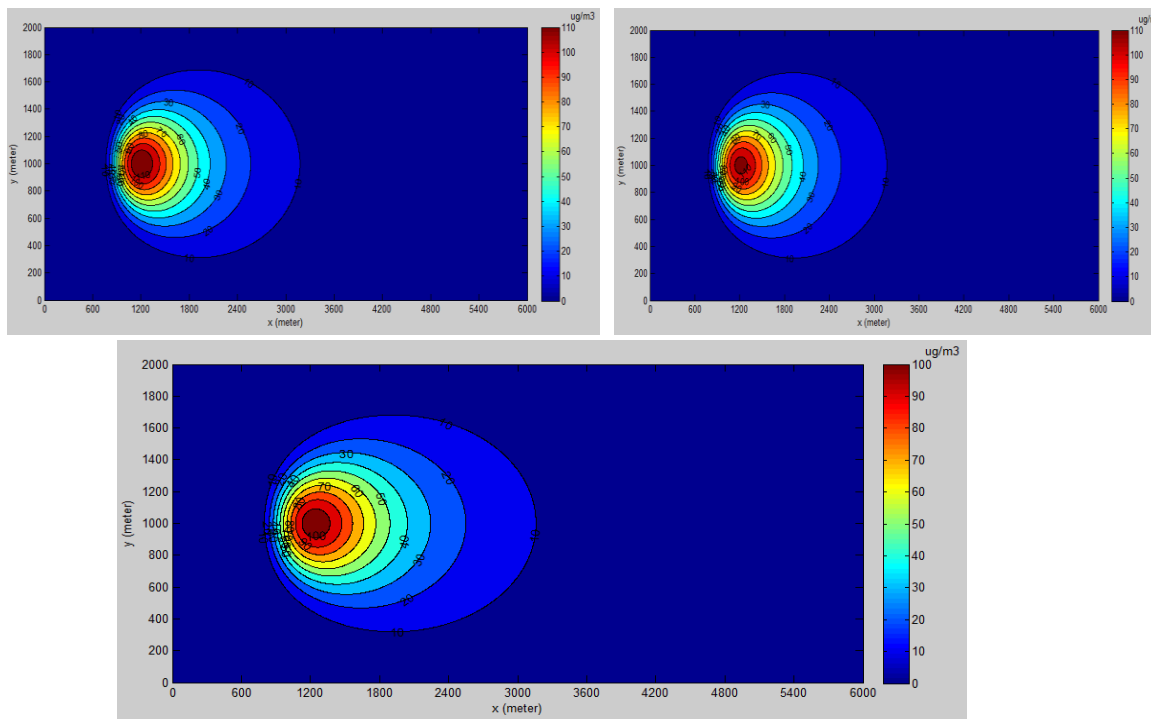
Laju emisi (g/s)	h_s (m)	<i>Plume rise</i> (m)	Koordinat (m)		MGLCs SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
			x	y	
$Q_3 = 852,25$	215	514,19	1195,19	0	119,14
	240	510,25	1213,21	0	113,63
	275	505,41	1237,24	0	106,55

Hasil pemodelan menunjukkan semakin tinggi cerobong, *plume rise* semakin kecil, MGLCs semakin kecil dengan jarak yang semakin jauh dari sumber. Untuk tinggi cerobong 215 m, MGLCs 119,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jarak 1195,19 m dari sumber dengan *plume rise* 514,19 m. Tinggi cerobong 240 m, MGLCs 113,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jarak 1213,21 m dari sumber dengan *plume rise* 510,25 m, dan tinggi cerobong 275 m dengan MGLCs 106,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jarak 1237,24 m dari sumber, *plume rise* 505,41 m.

Pada skenario ini, meskipun *plume rise* berkurang dengan bertambahnya tinggi cerobong, akan tetapi tinggi efektif cerobong semakin bertambah yaitu untuk tinggi cerobong 215 m, tinggi efektif cerobongnya adalah 729,90 m, tinggi cerobong 240 m adalah 750,25 m dan untuk tinggi cerobong 275 m adalah 780,41 m. Semakin tinggi cerobong, *plume* akan lebih terdispersi, MGLCs akan semakin kecil dan jarak terbentuknya semakin jauh dari sumber (Godish, 2004).



Gambar 3. Pengaruh tinggi cerobong terhadap MGLCs SO_2



Gambar 3. Dispersi SO_2 pada tinggi cerobong 215 m (a), 240 m (b), dan 275 m (c)

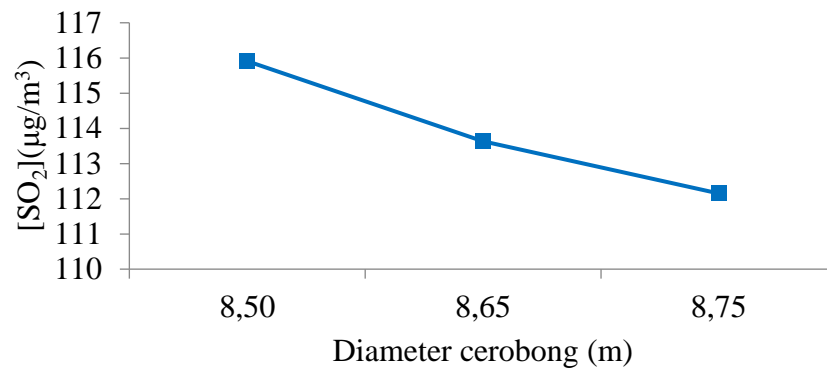
Hal yang sama dinyatakan oleh Ilaboya dkk. (2011) yaitu cerobong yang lebih tinggi mendispersikan polutan lebih baik daripada cerobong yang lebih rendah karena polutan akan berada pada ketinggian yang lebih di atas atmosfer sebelum mencapai permukaan tanah. Sabri (2011) menyatakan bahwa menambah tinggi cerobong akan mengurangi dampak negatif dari polutan yang diemisikan terhadap lingkungan.

Pengaruh diameter cerobong terhadap dispersi SO_2 di udara

Selain tinggi cerobong, diameter cerobong (D) juga merupakan kondisi fisik sumber pencemar yang dimodelkan. Dalam menjalankan skenario diameter cerobong, digunakan 3 (tiga) variasi ukuran diameter yaitu 8,50 m, 8,65 m, dan 8,75 m. Pengaruh diameter cerobong terhadap dispersi SO_2 di udara disajikan dalam Tabel 2., hubungan antara diameter cerobong dan MGLCs SO_2 ditampilkan pada Gambar 3. Dispersi SO_2 berdasarkan perbedaan ukuran diameter cerobong dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2 Data hasil pemodelan dispersi SO₂ berdasarkan diameter cerobong

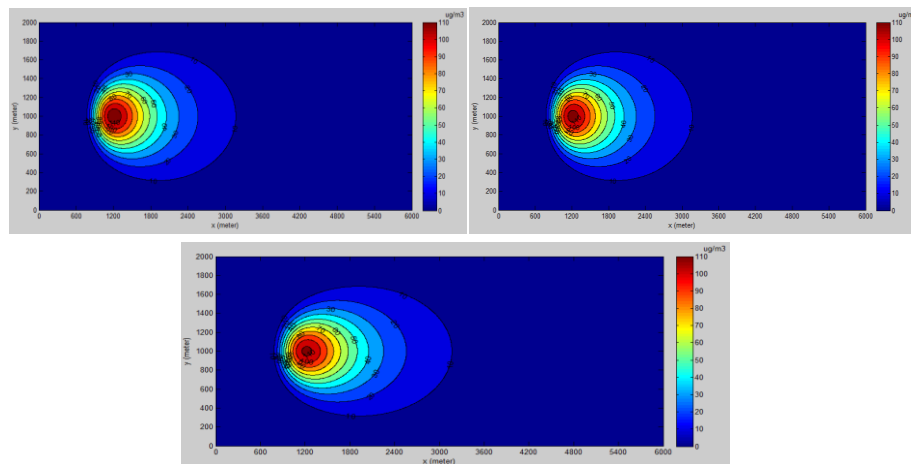
Laju emisi (g/s)	D (m)	Plume rise (m)	Koordinat (m)		MGLCs SO ₂ (µg/m ³)
			x	y	
852,25	8,50	499,65	1207,21	0	115,91
	8,65	510,25	1213,21	0	113,63
	8,75	517,33	1219,22	0	112,15



Gambar 3. Pengaruh diameter cerobong terhadap MGLCs SO₂

Untuk diameter 8,50 m diperoleh *plume rise* 499,65 m, 510,25 m untuk diameter 8,65 m dan 517,33 m untuk diameter 8,75 m. Data ini menunjukkan semakin besar diameter cerobong, *plume rise* juga semakin tinggi. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa semakin

tinggi *plume rise*, MGLCs akan semakin kecil dan jarak terbentuknya semakin jauh dari sumber. Oleh sebab itu, semakin besar diameter cerobong maka MGLCs semakin kecil dan terbentuk pada jarak yang semakin jauh dari sumber.



Gambar 4. Dispersi SO₂ pada diameter cerobong 8,50 m (a), 8,65 m (b), dan 8,75 m (c)

4. Kesimpulan

1. Tinggi dan diameter cerobong berpengaruh terhadap pola sebaran dan MGLCs SO₂. Konsentrasi *ground level* SO₂ terendah ditunjukkan oleh tinggi cerobong 275 m, dengan MGLCs 106,55 µg/m³ (pada jarak 1237,24 m dari sumber pencemar)
2. Konsentrasi *ground level* SO₂ terendah diameter ditunjukkan oleh cerobong 8,75 m; dengan MGLCs 112,15 µg/m³ (pada jarak 1219,22 m dari sumber pencemar).

Referensi

- Abdel-Rahman, A.A., 2008, On the Atmospheric Dispersion and Gaussian Plume Model, *2nd International Conference on Waste Management, Water Pollution, Air Pollution, Indoor Climate*, October 26-28, Corfu, Greece.
- Afshar, H., and Delavar, M.R., 2007, A GIS-based Air Pollution Modeling in Tehran, *Environ. Info. Archives*, 5, 557-566.
- Aggarwal, A., Haritash, A.K., and Kansal, G., 2014, Air Pollution Modelling – A Review, *Int. J. Adv. Technol. Eng. Sci*, 2, 355-364.
- Andreasen, A., and Mayer, S., 2007, Use of Seawater Scrubbing for SO₂ Removal from Marine Engine Exhaust Gas, *Energy Fuels*, 21, 3274-3279.
- Anonim, 2004, *Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling*, The Ministry for the Environment Manatū Mō Te Taiao, Wellington, New Zealand.
- Awasthi, S., Khare, M., and Gargava, P., 2006, General Plume Dispersion Model for Point Source Emission, *Environ. Mod. Assess.*, 11, 267-276.
- Bueno-Lopez, A., and Garcia-Garcia, A., 2005, Influence of SO₂ in the Reduction of NO_x by Potassium Containing Coal Pellets, *Energy Fuels*, 19, 94-100.
- Daly, A., and Zannetti, P., 2007, *Ambient Air Pollution*, The EnviroComp Institute, Fremont, CA, USA.
- Endresen, O., Bakke, J., Sorgard, E., Berglen, T.F., and Holmvang, P., 2005, Improved Modeling of Ship SO₂ Emissions – a Fuel-Based Approach, *Atmos. Environ.*, 39, 3621-3628.
- Godish, T., 2004, *Air Quality*, 4th Ed., A CRC Press Company Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Ilaboya, I.R., Atikpo, E., Omukoro, L., Omofuma, F.E., and Ezugwu, M.O., 2011, Analysis of the Effects of Mixing Height and Other Associated Factors on the Effective Dispersion of Plume, *Iranica J. Energy Environ.*, 2, 153-160.
- Lateb, M., Masson, C., Stathopoulos, T., and Bedard, C., 2011, Effect of Stack Height and Exhaust Velocity on Pollutant Dispersion Modeling in the Wake of a Building, *Atmos. Environ.*, 45, 5150-5163.
- Nazari, S., Shahoseini, O., Sohrabi-Kashani, A., Davari, S., Paydar, S., and

- Delavar-Moghadam, 2010, Experimental Determination and Analysis of CO₂, SO₂ and NO_x Emission Factors in Iran's Thermal Power plants, *Energy*, 35, 2992-2998.
- Sabri, A.A., 2011, Mathematical Model for the Study Effects of Meteorological Conditions on Dispersion of Pollutants in Air, *Diyala J. Eng. Sci.*, 04, 150-165.
- Sharma, N., Chaudhry, K.K., and Rao, C.V.C., 2005, Air Pollution Dispersion Studies Through Environmental Wind Tunnel (EWT) Investigation: A Review, *J. Sci. Ind. Res.*, 64, 549-559.
- Vardar, N., and Yumurtaci, Z., 2010, Emissions Estimation for Lignite-Fired Power Plants in Turkey, *Energy Policy*, 38, 243-252.
- Wang, C., Liu, H., Xiang-zhoung, L., Shi, J., Ouyang, G., Peng, M., Jiang, C., and Cui, H., 2008, A New Concept of Desulfurization: The Electrochemically Driven and Green Conversion of SO₂ to NaHSO₄ in Aqueous Solution, *Environ. Sci. Technol.* 42, 8585-8590.