

## Pemodelan Pola Sebaran NO<sub>2</sub> Pada Musim Hujan Dari Cerobong PT. PJB UP Gresik

**Ikka Widyasari<sup>1</sup>, Ahmad Erlan Afiuddin<sup>2</sup>, Novi Eka Mayangsari<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: ikkawidyasari24@gmail.com

### Abstrak

PT. PJB UP Gresik sebagai salah satu industri pembangkit listrik telah menghasilkan gas buang berupa NO<sub>2</sub>. Gas NO<sub>2</sub> ini dikeluarkan melalui cerobong dan nantinya akan menyebar menuju daerah di sekitarnya, sehingga perlu adanya penelitian mengenai sebaran gas NO<sub>2</sub> tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pola sebaran NO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh cerobong pada musim hujan. Pada penelitian ini dipilih model *Dispersi* Gauss untuk memodelkan sebaran gas NO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh cerobong dan *software* Golden Surfer untuk membantu proses penyelesaian penggambaran pola sebaran emisi NO<sub>2</sub>. Hasil penelitian menunjukkan semakin jauh jarak titik penerima dari sumber emisi maka semakin kecil konsentrasi yang diterima. Konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi berdasarkan hasil simulasi menghasilkan nilai 405,42 µg/m<sup>3</sup> pada koordinat 683593,91 m ; 9207119,41 m. Hasil konsentrasi tersebut dapat digolongkan kedalam range baik berdasarkan Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997 tentang Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).

**Kata Kunci:** Cerobong, Model *Dispersi* Gauss, Musim dan NO<sub>2</sub>.

### 1. PENDAHULUAN

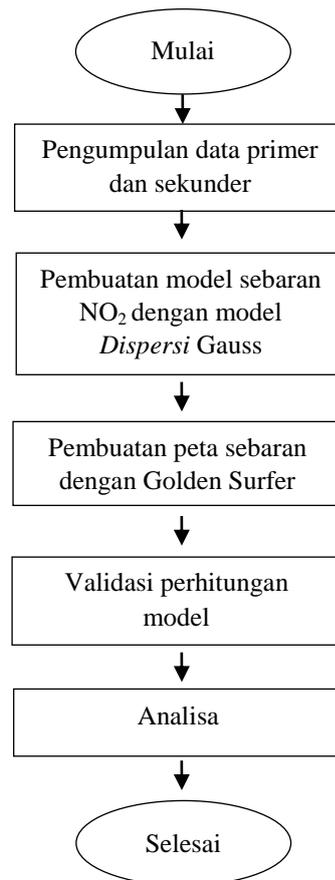
Pencemaran udara adalah menurunnya kualitas udara ambien akibat masuknya komponen lain baik secara sengaja ataupun tidak sengaja yang disebabkan karena aktivitas manusia (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010). Pencemaran udara dapat membawa dampak negatif bagi makhluk hidup khususnya manusia. Seperti contoh, kasus pencemaran udara di Kabupaten Gresik yang baru-baru ini terjadi. Kasus pencemaran udara ini telah menyebabkan banyak anak-anak terserang penyakit ISPA. Kasus pencemaran udara ini kemungkinan salah satunya disebabkan karena aktivitas dari industri yang berada di Kabupaten Gresik (Jawa Pos, 2017).

PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik adalah salah satu industri yang berada di Kabupaten Gresik. Industri ini bergerak dalam bidang penghasil energi listrik. Proses produksi di PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik menggunakan mesin pembangkit utama dengan jenis PLTU dan PLTGU yang berbahan bakar gas. Akibat aktivitas produksi energi listrik yang dilakukan oleh PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik, industri ini menghasilkan emisi gas buang dominan berupa NO<sub>2</sub>. Gas NO<sub>2</sub> ini dikeluarkan melalui cerobong sebagai media penyalur gas buang dan sumber emisi tidak bergerak. Gas NO<sub>2</sub> yang keluar dari cerobong nantinya akan menyebar menuju daerah di sekitarnya.

Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian pencemaran dan pemantauan kualitas udara akibat dari adanya aktivitas industri tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu melalui pembuatan pola sebaran emisi. Pembuatan pola sebaran emisi dalam penelitian ini menggunakan model *Dispersi* Gauss yang mana model Gauss merupakan model matematis paling tepat dalam menggambarkan pola semburan emisi dari sumber pencemar (Anita, 2011 dalam Hasibuan dkk., 2015). Pemodelan pola sebaran emisi dengan menggunakan model *Dispersi* Gauss pernah dilakukan oleh Muhaimin, dkk (2015) yang mana Muhaimin melakukan pemodelan emisi SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> dari aktivitas di PLTU Cirebon. Proses penyelesaian penggambaran pola sebaran emisi NO<sub>2</sub> ini menggunakan *software* Golden Surfer.

Keluaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pola penyebaran emisi NO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh cerobong PT. PJB UP Gresik pada saat musim hujan berdasarkan persamaan model *Dispersi* Gauss.

## 2. METODOLOGI



Gambar 1 Kerangka Penelitian

### Pembuatan model sebaran

Pembuatan model *dispersi* ini menggunakan model Gauss, meliputi penentuan konsentrasi emisi NO<sub>2</sub> pada beberapa titik penerima yang disusun dalam grid berjarak 200 m. Tahapan dalam pembuatan model :

- a. Penentuan beban emisi
- b. Penentuan musim

Penentuan musim didasarkan pada banyaknya curah hujan yang terjadi di setiap bulannya (rata-rata curah hujan bulanan) selama 10 tahun.

- c. Penentuan arah dan kecepatan angin dominan

Penentuan arah dan kecepatan angin menggunakan *software* WRPLOT View. Hasil keluaran dengan menggunakan *software* ini berupa *Wind Rose* yang digunakan untuk memperoleh gambaran umum mengenai arah serta kecepatan angin dominan yang terjadi.

- d. Penentuan Stabilitas Atmosfer, didasarkan pada kecepatan angin dan intensitas penyinaran matahari.

Tabel Klasifikasi kelas stabilitas atmosfer bersumber dari Koehn, A. dkk. 2013

- e. Menghitung kecepatan angin pada ketinggian cerobong (Visscher.2014)

$$u_2 = u_1 \left( \frac{Z_2}{Z_1} \right)^p$$

(1)

Dimana :

$u_2$  = Kecepatan angin pada ketinggian  $Z_2$  (m/s)

$u_1$  = Kecepatan angin yang diukur dengan anemometer (m/s)

$Z_2$  = Tinggi lokasi  $Z_2$  (m)

$Z_1$  = Tinggi lokasi pengambilan data kecepatan angin dari permukaan tanah (m)

P = Nilai eksponen berdasarkan stabilitas atmosfer

- f. Menghitung nilai plume rise (Dr. Akshey. 2016)

$$\Delta h = \frac{V_s \cdot d_s}{U} [1,5 + 2,68(10)^{-3} Pa \frac{T_s - T_a}{T_s}] d_s \quad (2)$$

Dimana :

- $\Delta h$  = Plume rise (m)
- $V_s$  = Kecepatan emisi keluar dari cerobong (m/s)
- $d_s$  = Diameter cerobong (m)
- $Pa$  = Tekanan atmosfer (milibar)
- $T_s$  = Temperatur gas di cerobong (K)
- $T_a$  = Temperatur atmosfer (K)
- $2,68 \times 10^{-3}$  = Konstanta ( $m^{-1}mbar^{-1}$ )

g. Menghitung ketinggian efektif (h)

$$h = h_s + \Delta h \quad (3)$$

Dimana :

- $h$  = Tinggi efektif cerobong (m)
- $h_s$  = Tinggi cerobong (m)
- $\Delta h$  = Plume rise (m)

h. Menghitung konsentrasi zat pencemar (Visscher.2014)

$$C(x, y, z, h) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z-h)^2}{\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z+h)^2}{\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (4)$$

Dimana :

- $C$  = Konsentrasi polutan di titik (x,y,z) dengan satuan  $g/m^3$
- $Q$  = Laju emisi dari polutan dengan satuan g/s
- $\sigma_y$  = Koefisien dispersi horizontal (y), dalam satuan meter
- $\sigma_z$  = Koefisien dispersi vertikal (z), dalam satuan meter
- $u$  = Kecepatan angin pada ketinggian cerobong, satuan m/s
- $h$  = Ketinggian efektif cerobong, dalam satuan meter
- $x$  = Kepulan horizontal dari sumber pencemar searah dengan arah angin, dalam satuan meter (downwind)
- $y$  = Kepulan horizontal tegak lurus dengan arah angin, dalam satuan meter (crosswind)
- $z$  = Kepulan vertikal dari permukaan, dalam satuan meter.

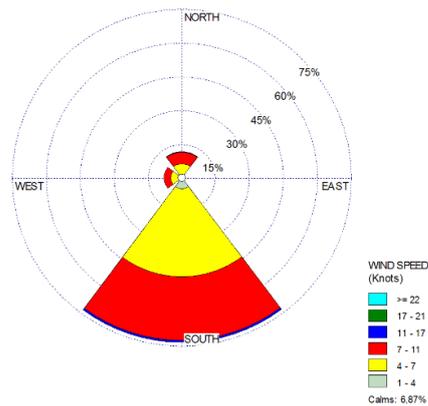
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Penentuan Musim

Penentuan waktu musim hujan untuk tahun 2018 didasarkan pada data curah hujan dari periode Januari 2007 sampai dengan Januari 2017 atau kurun waktu 10 tahun. Berdasarkan hasil pengolahan data, diketahui bahwa musim hujan terjadi pada bulan Desember, Januari, Februari dan Maret. Pemilihan ini didasarkan pada criteria musim hujan yang memiliki nilai rata-rata curah hujan bulanan sebesar >150 mm/bulan.

#### b. Penentuan Arah, Kecepatan Angin dan Stabilitas Atmosfer

Berdasarkan hasil olahan data dengan menggunakan *software* WRPLOT View, diketahui bahwa pada saat musim hujan angin berhembus dari arah utara menuju arah selatan dengan kecepatan rata-rata 3,07 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa daerah penerimaan polutan berada di selatan dari sumber emisi. Gambar windrose dari musim hujan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Windrose Musim Hujan

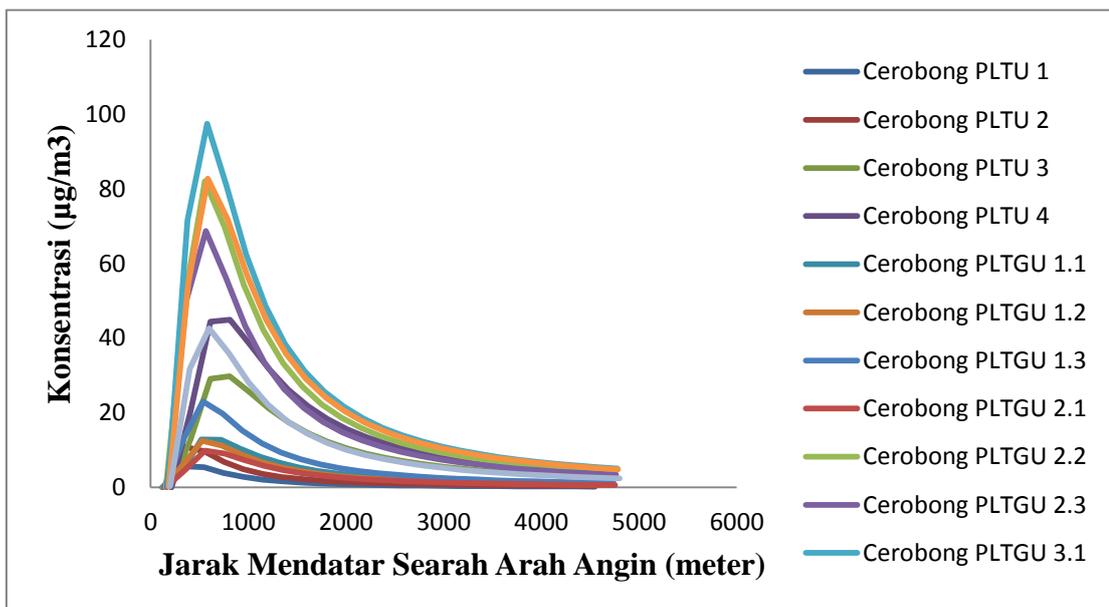
Dengan kecepatan angin rata-rata 3,07 m/s dan nilai instensitas penyinaran matahari 186,15 watt/m<sup>2</sup> maka kelas stabilitas atmosfer pada musim hujan menunjukkan kelas C yang artinya sedikit tidak stabil.

**c. Perhitungan Nilai Konsentrasi NO<sub>2</sub> Di Titik Penerima**

Sumber emisi yang dimodelkan dalam penelitian ini berjumlah 13 cerobong meliputi 4 cerobong PLTU dan 9 cerobong PLTGU. Perhitungan nilai konsentrasi dilakukan di titik penerima sebaran yang sebelumnya telah disusun dalam grid berjarak 200 m. Perhitungan ini dilakukan pada setiap masing-masing cerobong terhadap titik penerima yang nantinya nilai konsentrasi di titik penerima tersebut akan diakumulasikan dari semua sumber emisi. Berikut contoh perhitungan nilai konsentrasi di salah satu titik penerima dari satu sumber emisi :

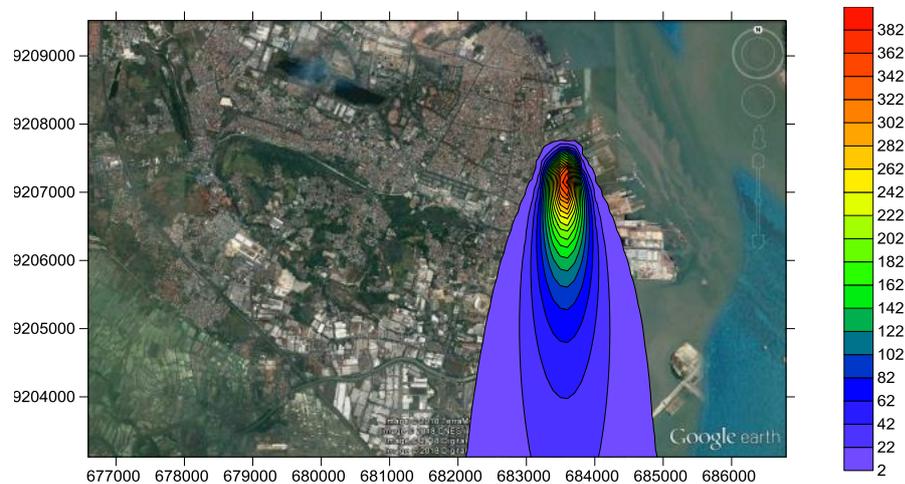
Sumber Cerobong PLTGU 3.3 (Beban emisi (Q) = 20,04 gr/detik, Kecepatan angin di ketinggian cerobong (U<sub>2</sub>) = 4,46 m/s, Jarak downwind (x) = 600 m, Jarak crosswind (y) = 200 m, σ<sub>y</sub> = 118,54 m, σ<sub>z</sub> = 120 m, Tinggi penerima dari permukaan tanah (z) = 1,5 m, Plume rise (Δh) = 92,26 m, Tinggi cerobong (h<sub>s</sub>) = 65 m, Tinggi efektif cerobong (h) = Δh + h<sub>s</sub> = 92,26 m + 65 m = 157,26 m. maka jika data tersebut dimasukkan dalam rumus maka akan menghasilkan konsentrasi sebesar 1,02693E-05gr/m<sup>3</sup> atau 10,26929175 μgr/m<sup>3</sup>.

Hasil sebaran konsentrasi NO<sub>2</sub> pada jarak y = 0 meter dan sepanjang jarak x (downwind) pada musim hujan menunjukkan nilai yang tertinggi. Hasil tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Sebaran NO<sub>2</sub> Pada Musim Hujan (y=0)

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak titik penerima dari sumber emisi, maka semakin kecil konsentrasi yang dihasilkan. Konsentrasi tertinggi berada dekat dengan sumber emisi, dan akan terus menurun seiring titik penerima menjauhi sumber emisi. Langkah selanjutnya adalah penggambaran pola sebaran  $\text{NO}_2$  dari akumulasi sumber emisi di titik penerima. Hasil pola sebaran  $\text{NO}_2$  dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pola Dispersi Emisi  $\text{NO}_2$  Di Musim Hujan Dari Akumulasi Cerobong

Peta sebaran diperoleh dari Google Earth. Garis X dan Y pada peta menunjukkan koordinat dari titik penerima. Besarnya konsentrasi ditunjukkan dengan skala warna. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa saat sumber emisi beroperasi secara bersamaan maka menghasilkan konsentrasi  $\text{NO}_2$  tertinggi sebesar  $405,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada koordinat  $683593,91 \text{ m}$  ;  $9207119,41 \text{ m}$ . Hasil konsentrasi tersebut jika dibandingkan dengan Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997 tentang Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), maka konsentrasi  $\text{NO}_2$  ambien pada saat musim hujan dapat digolongkan ke dalam kategori baik. Hal ini dikarenakan pada hasil perhitungan ISPU berdasarkan konsentrasi  $\text{NO}_2$  musim hujan menghasilkan indeks ISPU terhitung sebesar 35,51.

#### 4. KESIMPULAN

Semakin jauh jarak titik penerima dari sumber emisi maka semakin kecil konsentrasi yang diterima. Hasil konsentrasi maksimum persebaran  $\text{NO}_2$  dimusim hujan menunjukkan nilai  $405,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada koordinat  $683593,91 \text{ m}$  ;  $9207119,41 \text{ m}$ . Hasil konsentrasi persebaran menunjukkan kondisi yang baik berdasarkan Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PT. PJB UP Gresik dan BMKG Maritim Perak II yang telah membantu dalam proses perolehan data.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Dr. Akshey. (2016). *Effect of Wind Speed and Stack Height on Plume Rise Using Different Equations*. Global Institute of Engineering and Technology, ISSN 2321 3361.
- Hasibuan, F. Warsito dan Sri. (2015). *Simulasi Model Dispersi Polutan Gas dan Partikulat Molekul Pada Pabrik Semen Dengan Menggunakan Software Matlab 7.12*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, Vol. 03, No. 02.
- Koehn A.C. 2013. *“Comparison of Atmospheric Stability Method for Calculating Ammonia and Methane Emission Rates with Windtrax”*. American Society of Agriculture and Biological Engineer, ISSN 2151-0032 EPA. 1992.
- Manik, Samuel Novan. dkk (2017). *Analisis Curah Hujan, Tipe Iklim dan Evapotranspirasi Potensial Untuk Kota Medan*. Universitas Negeri Medan. Medan.
- Muhaimin.Sugiharto, E. dan Suratman, A. (2015). *Air Pollution Simulation From Cirebon Power Plant Activity*. Jurnal Ilmu MIPA, ISSN : 1411-1047.

Republik Indonesia. 2010. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010*. Jakarta.

Republik Indonesia. 1997. *Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997*. Jakarta.

Sugiarti. (2009). *Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia*. Jurnal *Chemica*, Vol. 10, No.1.

Ulfah, Afriyas. dkk (2015). *Penentuan Kriteria Awal Musim Alternatif Di Wilayah Jawa Timur*. Sekolah Tinggi Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.

Visscher, A. (2014). *Air Dispersion Modelling*. New Jersey : John Willwy & Sons Inc.