

SEBARAN DEBU JUBUNG PABRIK KAPUR DENGAN *GAUSSIAN PLUME*

Ahmad Zaenal Arifin^{1*}, Kresna Oktafianto¹, Ridho Awanda¹, Nazilatul Fatimah¹
Universitas PGRI Ronggolawe Tuban, Prodi Matematika, Indonesia¹
az_arifin@unirow.ac.id*

Abstrak – Pabrik Kapur di daerah Tuban berkembang pesat, hal ini didukung oleh wilayah geografisnya yang mayoritas berupa pegunungan kapur. Aktifitas pabrik kapur tersebut sangat mengganggu kesehatan masyarakat karena polusi yang ditimbulkan oleh pabrik tersebut sangat mengganggu masyarakat sekitar pabrik. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang seberapa jauh dampak dari polusi tersebut. Model *Gaussian Plume* merupakan model matematika yang mampu menggambarkan penyebaran distribusi polutan. Model *Gaussian Plume* dikombinasikan dengan metode beda hingga sehingga diperoleh jarak area terdampak sebesar 72,5 m dari jubung dan konsentrasi polutan sangat pekat.

Kata Kunci – Pabrik Kapur, Model *Gaussian Plume*, Metode Beda Hingga

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara industri, banyak pabrik-pabrik berdiri di wilayah Indonesia. Berbagai provinsi memiliki industri-industri sudah berkembang begitu pesat. Di Kabupaten Tuban terdapat beberapa industri besar diantaranya pabrik Semen Indonesia, TPPI, Exxon Mobile serta beberapa pabrik kecil yang berada di wilayah Tuban. Salah satu industri pabrik kecil adalah pabrik kapur. Pabrik kapur di daerah Tuban sangat berkembang pesat. Hal ini karena didukung oleh daerah wilayah Tuban yang mayoritas merupakan pegunungan kapur. Daerah kecamatan Plumpang dan Rengel mendominasi jumlah pabrik kapur yang bergerak dalam pengolahan batu gamping dan kapur. Menurut Meliana [1] Adanya pabrik kapur di daerah tersebut

memiliki dua dampak yaitu mampu mengurangi jumlah pengangguran secara signifikan karena pekerjaannya mengambil dari masyarakat sekitar tetapi dampak negatif dari keberadaan pabrik kapur ini adalah pada kesehatan masyarakat. Polusi dari pabrik kapur ini sangat mengganggu masyarakat dan lingkungan menjadi tak sehat[2].

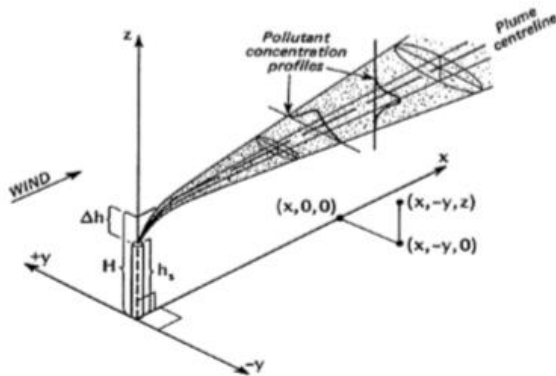
Polusi yang dihasilkan oleh jubung pabrik kapur ini sangat meresahkan warga. Hal ini lantaran jubung beroperasi setiap hari dan mengeluarkan polutan yang pekat. Dampak yang terlihat dari adanya pabrik ini adalah rumah-rumah warga, jalan raya, serta tumbuhan tertutupi oleh debu berwarna putih dan tebal. Polutan yang dihasilkan mengandung gas dan juga zat kimia yang berbahaya yaitu NO_2 , SO_2 , pasir, dan lain-lain[2]

Dampak yang timbul akibat pabrik kapur meskipun masih skala daerah kecamatan, hal ini perlu dilakukan upaya mitigasi agar dapat mengurangi dampak pada masyarakat. Sebagai langkah awal, dapat dilakukan perhitungan luas area terdampak serta memperhitungkan kadar kandungan polutan yang ditimbulkan oleh jubung pabrik kapur yang beroperasi setiap hari. Model matematika *Gasussian Plume*[3] adalah model yang mampu menggambarkan penyebaran distribusi polutan dari sumber[3]–[5]. Sedangkan untuk mendapatkan kadar kandungan polutan dapat digunakan metode beda hingga. Metode beda hingga adalah metode yang di menekankan pada diskritisasi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Muthoillah [6], pada

penelitian yang dilakukan menggunakan metode beda hingga untuk menyelesaikan masalah persamaan diferensial parsial, serta penelitian yang dilakukan oleh Wiryanto [7] yang berhasil memberikan solusi untuk persamaan KDV.

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model penyebaran polutan yang diakibatkan oleh jubung pabrik kapur dapat digambarkan dengan model disperse Gauss[8][9]



Gambar 1: Model Dispersi Gauss[8]

Sedangkan Model Dispersi Gaussian Plume adalah salah satu model Gaussian yang dikembangkan oleh Pasquill yang berasumsi bahwa gas terdispersi di atmosfer dan mengikuti sifat gas ideal.

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{z-H}{\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{z+H}{\sigma_z^2}\right) \right\} \quad (1)$$

dengan Q adalah laju emisi ($\mu g/s$), y adalah jarak dari sumbu plume ke arah yang berlawanan dengan arah angin, H adalah tinggi cerobong efektif (m); $H = h_s + \Delta h$, dimana Δh adalah tinggi plume, u adalah kecepatan efektif angin (m/s), (σ_y, σ_z) menyatakan koefisien dispersi dalam arah y dan z (m), z adalah ketinggian reseptor (m). C adalah konsentrasi polutan di permukaan (Ground Level Concentration, GLC) dalam ($\mu g/m^2$) (Assegaf, 2019).

Sedangkan untuk mendapatkan koefisien disperse menggunakan persamaan (2)

$$\begin{aligned} \sigma_y &= ax^b \\ \sigma_z &= ax^b x^f \end{aligned} \quad (2)$$

Dengan σ_y = koefisien dispersi horizontal (m), σ_z = koefisien dispersi vertikal (m), x = jarak sumber pencemar ke receptor (m), a,b,f = konstanta koefisien dispersi yang didasarkan pada kelas stabilitas atmosfer. Untuk kelas stabilitas B, konstanta koefisien terdapat pada Tabel 1

Tabel 1: Konstanta Koefisien Dispersi

Stabilitas	a	b	X<100m			X>100m		
			c	d	f	c	d	f
B	156	0.89	106,6	1.149	3.3	108.2	1.098	2

Kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horizontal yang dipengaruhi oleh gradien barometris letak tempat, tinggi tempat, dan keadaan topografi suatu tempat. Satuan kecepatan angin adalah meter per detik (m/s), kilometer per jam (km/jam) atau knot[10]. Untuk mengetahui kecepatan angin pada ketinggian tertentu, maka dapat dilakukan perhitungan koreksi kecepatan angin dengan rumus :

$$U_z = U_0 \times \left(\frac{z}{z_0}\right)^p$$

- Dimana,
- U_z = Kecepatan angin pada ketinggian tertentu
- U_0 = Kecepatan angin maksimum
- Z = Tinggi yang diukur
- Z_0 = Ketinggian pengukuran anemometer
- p = Koefisien eksponensial (0,07)

Tabel 2: Klasifikasi Kelas Stabilitas Atmosfir

Kec. angin	siang			malam	
	Radiasi sinar matahari			Tutupan awan	
	kuat	sedang	rendah	<3/8	>4/8
<2	A	A-B	B	E	F
2 – 3	A-B	B	C	D	E
3 – 5	B	B-C	C	D	D
>6	C	D	D	D	D

Keterangan :

- A: sangat labil B: labil sedang
- C: sedikit labil D: netral
- E: sedikit stabil F: stabil

Kecepatan jatuhnya partikel adalah suatu variabel yang menghotong pergerakan partikel ke arah bawah atau jatuhnya. Kecepatan jatuhnya

ini dihitung berdasarkan karakteristik partikel dan percepatan gravitasi.

$$V_t = \frac{gd\rho^2}{18\mu g} \tag{3}$$

Keterangan:

V_t = Kecepatan jatuhnya partikel

dp^2 = Percepatan gravitasi

ρ = Densitas partikel

g = Percepatan gravitasi

μ = Viskositas dinamik

Persamaan (4) berikut adalah persamaan konservasi massa dan volume kontrol

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial(Cv)}{\partial y} + \frac{\partial(Cw)}{\partial z} = 0 \tag{4}$$

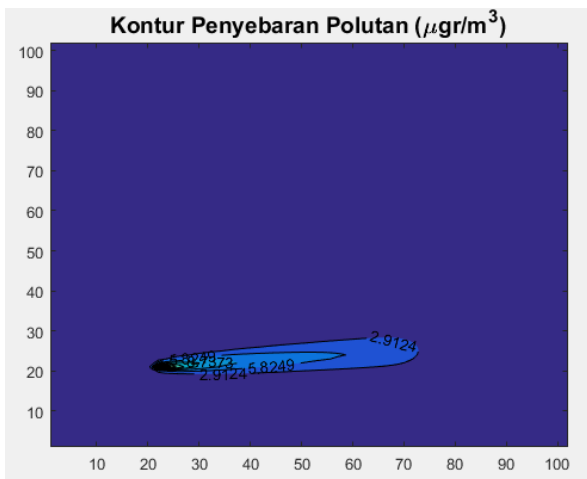
Deskripsi analisis pada Model Gaussian Plume, yaitu sebagai berikut:

$$C = kx^{-1} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{Y^2}{\epsilon_x} \right) + \left(\frac{Y^2}{\epsilon_y} \right) + \left(\frac{Z^2}{\epsilon_z} \right) \right] \left(\frac{U}{4x} \right) \right\} \tag{5}$$

Persamaan (5) dinyatakan kembali dengan distribusi Gauss menjadi

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi U)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{x^2}{\sigma_x} \right) + \left(\frac{y^2}{\sigma_y} \right) + \left(\frac{(z - (H - \frac{v_t x}{u}))^2}{\sigma_z} \right) \right] \left(\frac{1}{2} \right) \right\} \tag{6}$$

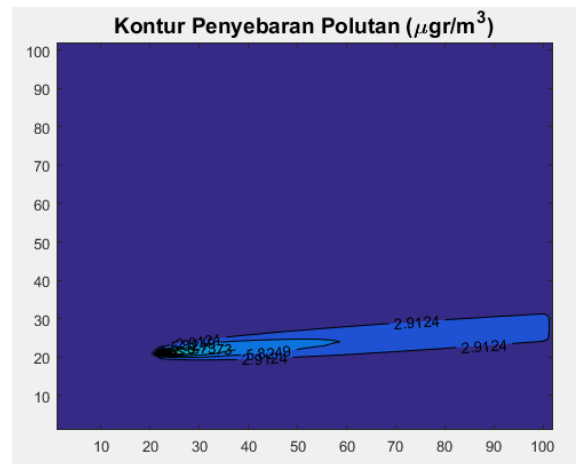
Dengan v_t adalah kecepatan kejatuhan partikelnya.



Gambar 2: Penyebaran Polutan saat t= 15 detik

konsentrasi emisi abu dengan kecepatan angin 0,5 m/s sangat pekat sampai jarak 70 m dari pusat semburan. Konsentrasi sangat pekat jika berada pada rentang 0,1-0,08 µg /m³. Konsentrasi emisi pekat menyebar sampai

jarak > 20 m dari pusat semburan, yang berada pada rentang 0,07-0,05 µg /m³. Konsentrasi emisi akan semakin pekat jika semakin mendekati sumber emisi, juga sejajar dengan sumber emisi. Konsentrasi emisi yang kurang pekat menyebar hingga jarak > 50 m dari pusat semburan, konsentrasi dikatakan kurang pekat jika bernilai 0,04-0,02 µg /m³. Semakin jauh jarak dengan sumber emisi, maka konsentrasi semakin berkurang karena emisi semakin menyebar yang ditandai dengan warna kuning dalam rentang 0,02-0,001 µg /m³.



Gambar 3: Penyebaran Polutan saat t= 40 detik

Selanjutnya dilakukan simulasi penyebaran abu jubung pabrik kapur dengan kecepatan angin 2,1 m/s pada Gambar 3 Konsentrasi emisi abu dengan kecepatan tersebut sangat pekat hanya berjarak 50 m dari pusat semburan. Konsentrasi sangat pekat jika berada pada rentang 0,1-0,08 µg /m³. Konsentrasi emisi pekat menyebar sampai jarak 15-60 m dari pusat semburan, yang berada pada rentang 0,07-0,05 µg /m³. Konsentrasi emisi akan semakin pekat jika semakin mendekati sumber emisi, juga sejajar dengan sumber emisi. Konsentrasi emisi yang kurang pekat menyebar hingga jarak 60-80 m dari pusat semburan, konsentrasi dikatakan kurang pekat jika bernilai 0,04-0,02 µg /m³. Semakin jauh jarak dengan sumber emisi, maka konsentrasi semakin berkurang karena emisi semakin menyebar dalam rentang 0,02-0,001 µg /m³.

III. KESIMPULAN

Simulasi sebaran abu jubung pabrik kapur digunakan untuk memprediksi luas area yang terdampak sehingga dapat dilakukan penanganan yang tepat. Luas area terdampak dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kecepatan angin dan waktu operasi jubung. Semakin dekat dengan jubung maka tempat tersebut akan terkena emisi yang sangat pekat.

REFERENSI

- [1] M. Setyaningsih, "Pabrik Kapur Ronggolawe Tuban Tahun 1955 - 1989," vol. 1, no. 3, pp. 450–460, 2013.
- [2] S. Rachmawati, M. Masykuri, and S. Sunarto, "Pengaruh Emisi Udara Pada Sentra Pengolahan Batu Kapur Terhadap Kapasitas Vital Paru Pekerja Dan Masyarakat Di Desa Karas Kecamatan Sedan Kabupaten Rembang," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 11, no. 1, p. 16, 2014.
- [3] S. PATMA SARI, "Model Matematika Dari Penyebaran Polutan Di Udara Dengan Model Gaussian Plume," *MATHunesa*, vol. 6, no. 2, 2018.
- [4] T. W. Horst, "A surface depletion model for deposition from a Gaussian plume," *Atmos. Environ.*, vol. 11, no. 1, pp. 41–46, 1977.
- [5] A. E. S. Green, R. P. Singhal, and R. Venkateswar, "Analytic extensions of the Gaussian plume model," *J. Air Pollut. Control Assoc.*, vol. 30, no. 7, pp. 773–776, 1980.
- [6] E. Mutholiah, "Analisis perbandingan metode beda hingga skema implisit dan Crank-Nicholson pada penyelesaian persamaan diferensial parsial." Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2008.
- [7] L. H. Wiryanto and W. Djohan, "Metoda Beda Hingga pada Persamaan KdV Gelombang Interface," *MATEMATIKA*, vol. 9, no. 1, 2006.
- [8] G. P. Frederica, "Analisis Penyebaran Polutan CO Kendaraan Bermotor Berbasis Model Dispersi Gauss." Makassar: Universitas Hasanuddin, 2016.
- [9] A. H. Assegaf, "Pemodelan Dispersi Gas dari Cerobong dengan Model Gaussian," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung. (Journal Nat. Resour. Environ. Manag.*, vol. 8, no. 3, pp. 414–419, 2018.
- [10] S. Suwarti, M. Mulyono, and B. Prasetyo, "Pembuatan Monitoring Kecepatan Angin Dan Arah Angin Menggunakan Mikrokontroler Arduino," In *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 2017.