

Model Dispersi Gas CO dan NO_x dari Kegiatan Transportasi di Simpang Lima Kenanten Kota Mojokerto Berdasarkan Model Gauss (Studi Kasus: Jalan Gempol – Mojokerto)

Nuke Septianingrum¹ dan Rachmanu Eko Handriyono²
Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2}
e-mail: nukesptn@gmail.com¹

ABSTRACT

CO and NO_x gases from transportation activities contribute 70.5% and 8.89% to air pollutin, so they can affect air quality. This research occurred on Gempol Road, Mojokerto City, on Sundays and Mondays in the morning and evening for 1 month. Gaussian modeling and field measurements were carried out at distances of 0, 200, 500, and 1000 m. The purpose of this study was to analyze the CO and NO_x concentrations from the Gauss model and measurements and find out their distribution patterns. The highest Gauss model calculation occurred at a distance of 200 m with the CO concentration was 0,000218 g/m³ on Sunday and 0,000091 g/m³ on Monday. NO_x concentrations reached 0,000109 g/m³ on Sunday and 0,000052 g/m³ on Monday. Meanwhile, from measurements, the highest concentration occurred at a distance of 0 m with the highest CO concentration was 2073,95 g/m³ on Sunday and 1969,73 g/m³ on Monday. The NO_x concentration was 111,00 g/m³ on Sunday and 90,31 g/m³ on Monday. Based on Gauss calculations, the greatest pollutant potential occurred at a distance of 200 m from the pollutant source, and the measurements took place at a distance of 0 m. The IOA validation gained 0.98 for both concentrations. It indicates a high fit between the model and the results, so the model is suitable for concentration prediction.

Keywords: CO, Gauss, NO_x, Field Measurement, IOA.

ABSTRAK

Gas CO dan NO_x dari kegiatan transportasi berkontribusi sebesar 70,5% dan 8,89 % terhadap pencemaran udara, sehingga dapat mempengaruhi kualitas udara. Penelitian ini dilakukan di Jl. Gempol Kota Mojokerto pada Hari Minggu dan Senin di pagi dan sore hari selama 1 bulan. Pemodelan gauss dan pengukuran lapangan dilakukan pada jarak 0, 200, 500 dan 1000 m. Tujuan dilakukannya penelitian ini guna menganalisis besar konsentrasi CO dan NO_x dari model gauss dan pengukuran, dan mengetahui pola persebarannya. Hasil perhitungan model Gauss tertinggi terjadi pada jarak 200 m dengan nilai konsentrasi CO sebesar 0,000218 µg/m³ pada Hari Minggu dan 0,000091 µg/m³ pada Hari Senin. Konsentrasi NO_x 0,000109 µg/m³ pada Hari Minggu dan 0,000052 µg/m³ pada Hari Senin. Sedangkan dari pengukuran, konsentrasi tertinggi terjadi pada jarak 0 m dengan nilai konsentrasi CO tertinggi 2073,95 µg/m³ pada Hari Minggu dan 1969,73 µg/m³ pada Hari Senin. Adapun konsentrasi NO_x sebesar 111,00 µg/m³ pada Hari Minggu dan 90,31 µg/m³ pada Hari Senin. Berdasarkan perhitungan Gauss potensi pencemar terbesar terjadi pada jarak 200 m dari sumber pencemar, dan pengukuran terjadi pada jarak 0 m. Hasil validasi IOA yang telah dilakukan, sebesar 0,98 untuk kedua konsentrasi. Hal tersebut menunjukkan kesesuaian tinggi antara model dengan hasil, sehingga model sesuai untuk prediksi konsentrasi.

Kata kunci: CO, Gauss, NO_x, Pengukuran Lapangan, IOA.

PENDAHULUAN

Udara tersusun dari beberapa kandungan yakni 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen, argon 0,93% dan karbon dioksida 0,30%, sisanya ada dalam bentuk gas lainnya [4]. Sumber pencemar udara di dominasi oleh gas buang kendaraan bermotor. Kota Mojokerto di tahun 2019 memiliki jumlah kendaraan roda 2 mencapai 86.572 dan kendaraan roda 4 sebanyak 13.188. Tahun 2020, untuk jumlah kendaraan roda 2 sebanyak 67.407 dan 11.588 untuk kendaraan roda 4. Sedangkan di tahun 2021, jumlah kendaraan pribadi mencapai 167.693 untuk roda 2, sedangkan roda 4 mencapai 20.287 [3]. Besar persentase pencemaran udara dari sumber transportasi di Indonesia adalah CO 70,5%, HC 18,34%, NO_x 8,89%, SO_x 0,88%, partikel 1,33% [2]. Gas-gas tersebut merupakan parameter yang diperhatikan karena dapat menimbulkan dampak bagi manusia

terutama polutan CO dan NOx yang mana merupakan parameter dengan persentase penyumbang polutan terbesar pertama dan ketiga.

Berdasarkan kalimat penjelasan diatas, maka peneliti menyimpulkan bahwasannya fokus penelitian kali ini yakni pada parameter pencemar karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NOx). Penelitian ini akan dilakukan di Simpang Lima Kenanten pada Jalan Gempol – Mojokerto, karena wilayah ini merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kemacetan yang padat. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk menganalisis besar konsentrasi CO dan NOx pada lokasi penelitian melalui model perhitungan gauss dan pengukuran lapangan, dan mengetahui pola sebarannya.

TINJAUAN PUSTAKA

Dispersi *Gaussian Line Source*

Model dispersi *Gauss* merupakan salah satu model perhitungan yang paling banyak digunakan untuk mensimulasikan pengaruh emisi terhadap kualitas udara ambien. Keuntungan dari pemodelan Gauss adalah dapat digunakan untuk mengolah beberapa sumber emisi, situasi dispersi, dan jaringan penerima yang cukup padat secara spasial (dari jarak puluhan meter) [7]. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi dispersi polutan adalah kecenderungan polutan-polutan tersebut untuk berdifusi. Model Gauss menerangkan konsentrasi polutan searah dengan arah angin dari sumber [9].

Validasi IOA

Dalam validasi IOA yang dilambangkan dengan (d), mempunyai rentang nilai 0 – 1 dimana rentang tersebut menunjukkan keakuratan prediksi suatu model. Hasil dari prakiraan model yang baik ditunjukkan dengan hasil validasi IOA mendekati 1 [10].

METODE

Pengumpulan data dilakukan di lokasi sampling Gambar 2.1 dengan jarak reseptor 200, 500, dan 1000 m dari sumber polutan. Data jumlah kendaraan diambil pada jam padat lalu lintas yakni Hari Senin (mewakili hari kerja), dan Minggu (mewakili hari libur). Jam padat lalu lintas pada lokasi penelitian terjadi pada pagi pukul 06.00 – 09.00 WIB merupakan jam berangkat kerja dan sekolah, dan sore pukul 16.00 – 19.00 WIB merupakan jam pulang kerja sehingga aktivitas di Jalan Gempol – Mojokerto cenderung meningkat.



Gambar 1. Lokasi Titik Sampling

Penentuan lokasi *counting* didasarkan kondisi jalan yang mengalami kemacetan tinggi. Sedangkan untuk lokasi pengambilan sampel udara ambien pada reseptor ditentukan berdasarkan arah angin dominan yang mengarah ke Barat Laut. Jenis kendaraan yang di hitung yakni sepeda motor, mobil pribadi, truk, bus, pick-up dan angkot selama 3 jam menggunakan *handtally counter*. Dilakukan di Hari Senin dan Minggu Pagi dan Sore hari dalam 1 bulan. Pengukuran konsentrasi CO dan NOx dilakukan selama 1 jam di waktu pagi pukul 08.00 – 09.00 WIB pada Hari Senin dan Minggu.

Analisa data dilakukan dengan persamaan *Gauss*. Sebelum masuk dalam perhitungan *Gauss* dilakukan konversi satuan kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp), kemudian menghitung laju atau beban emisi.

$$Q = \text{jumlah kendaraan} \times \text{ekivalensi kendaraan penumpang} \times \text{faktor emisi} \dots (1)$$

Persamaan model Gauss yang digunakan sebagai berikut:

$$C = \frac{Q \cdot X}{(2\pi) \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \exp\left[-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right] \dots (2)$$

Koefisien dispersi σ_y dan σ_z merupakan fungsi dari pengaruh meteorologi. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$\sigma_y = ax^b \dots (3)$$

$$\sigma_z = ax^d + f \dots (4)$$

Dengan x = jarak sumber pencemar ke reseptor (m), a,b,c,f = konstan stabilitas atmosfer. Setelah perhitungan gauss, kemudian dilakukan validasi IOA dengan persamaan berikut:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \dots (5)$$

Dimana O = jumlah konsentrasi dari data primer, \bar{O} = rata-rata konsentrasi dari data primer, dan P_i = konsentrasi hasil model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi CO dan NOx

Hasil pengamatan volume kendaraan yang telah dilakukan di Jl.Gempol – Mojokerto sebagai berikut:

Tabel 1. Volume Kendaraan

Pengamatan	Hari	Waktu	Total Kendaraan (unit)
Minggu I	Minggu	Pagi	11.135
		Sore	10.357
	Senin	Pagi	12.569
		Sore	12.290
Minggu II	Minggu	Pagi	14.559
		Sore	12.688
	Senin	Pagi	16.147
		Sore	9.807
Minggu III	Minggu	Pagi	13.879
		Sore	13.980
	Senin	Pagi	13.726
		Sore	9.684
Minggu IV	Minggu	Pagi	11.994
		Sore	12.382
	Senin	Pagi	16.746
		Sore	11.120

Beban emisi dihitung menggunakan Persamaan 1, sehingga hasilnya disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Beban Emisi CO dan NOx

Pengamatan	Hari	Waktu	Beban Emisi CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beban Emisi NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Minggu I	Minggu	Pagi	6406,10	791,63
		Sore	7783,08	1905,43
	Senin	Pagi	6182,47	1520,12
		Sore	5743,58	1533,59
Minggu II	Minggu	Pagi	7469,54	2283,72
		Sore	6453,23	1575,59
	Senin	Pagi	6465,68	1218,86
		Sore	6810,07	1520,73
Minggu III	Minggu	Pagi	8591,69	2047,72
		Sore	8600,58	1555,15
	Senin	Pagi	7610,03	2451,71
		Sore	5826,49	2249,38
Minggu IV	Minggu	Pagi	7721,08	2053,34
		Sore	7242,56	2806,07
	Senin	Pagi	8764,62	2643,00
		Sore	6921,36	2467,68

Berdasarkan tabel diatas, jumlah kendaraan tertinggi terjadi pada Senin Pagi di Minggu ke-4 dengan beban emisi untuk konsentrasi CO sebesar $8764,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan NOx sebesar $2643,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Besar beban emisi dipengaruhi oleh jumlah kendaraan dan faktor emisi. Selanjutnya melakukan pengukuran konsentrasi dan perhitungan Gauss menggunakan **Persamaan 2**. Berikut merupakan hasilnya:

Tabel 3. Konsentrasi CO dan NOx Perhitungan Gauss dan Pengukuran Lapangan

Hari	Jarak Reseptor (m)	Perhitungan Gauss		Pengukuran Lapangan	
		CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Minggu	0	0	0	2073,95	111,00
	200	0,000218	0,000109	1019,22	86,54
	500	0,000054	0,000027	526,79	95,95
	1000	0,000037	0,000018	317,22	101,60
Senin	0	0	0	1969,73	90,31
	200	0,000091	0,000052	175,21	82,78
	500	0,000043	0,000024	949,37	67,73
	1000	0,000030	0,000017	667,65	71,49

Berdasarkan hasil diatas, konsentrasi CO dan NOx tertinggi dari hasil pengukuran terjadi di Hari Minggu pada sumber konsentrasi (0 m), untuk CO sebesar $2073,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan NOx sebesar $111,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil perhitungan gauss, nilai konsentrasi CO dan NOx tertinggi terjadi di Hari Minggu jarak 200 m untuk CO sebesar $0,000218 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan NOx $0,000109 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Adanya perbedaan hasil perhitungan dan pengukuran disebabkan beberapa faktor. Sebagaimana penelitian terdahulu, dijelaskan bahwa perbedaan hasil perhitungan model gauss dengan pengukuran lapangan disebabkan oleh pengaruh sumber emisi, namun pada studi pengukuran lapangan nilainya

lebih tinggi karena proses pengukuran untuk sumber konsentrasinya tidak hanya difokuskan dari kendaraan bermotor [9]. Artinya, nilai hasil pengukuran langsung lebih tinggi tersebut karena sangat memungkinkan polutan yang tertangkap tidak hanya bersumber dari kendaraan bermotor melainkan dari asap industri, dan pembakaran sampah. Kemudian faktor lain yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi menurut penelitian terdahulu, yakni jenis bahan bakar yang digunakan, jenis kendaraan, umur mesin dan jarak tempuh [1]. Sedangkan pada penelitian ini tidak di fokuskan pada hal-hal tersebut.

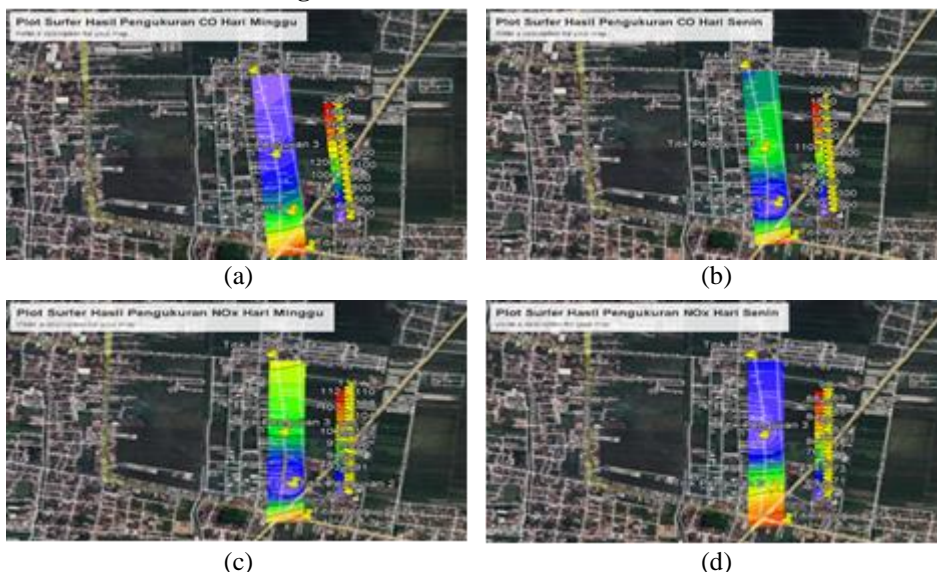
Validasi IOA

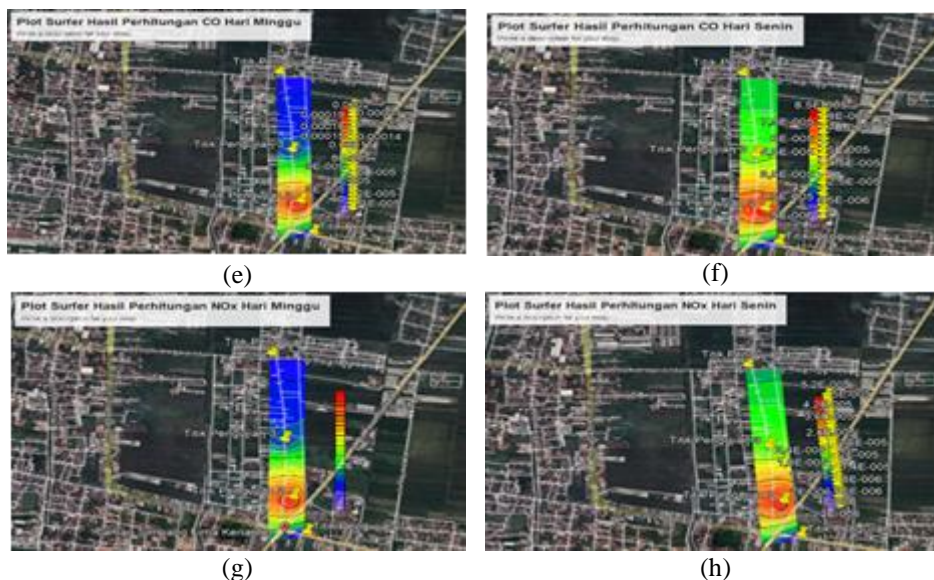
Tabel 4. Validasi Model IOA

Hari	Jarak Reseptor (m)	Perhitungan Gauss		Pengukuran Lapangan		Validasi IOA	
		CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO	NOx
Minggu	0	0	0	2073,95	111,00	0,98	0,98
	200	0,000218	0,000109	1019,22	86,54		
	500	0,000054	0,000027	526,79	95,95		
	1000	0,000037	0,000018	317,22	101,60		
Senin	0	0	0	1969,73	90,31	0,98	0,98
	200	0,000091	0,000052	175,21	82,78		
	500	0,000043	0,000024	949,37	67,73		
	1000	0,000030	0,000017	667,65	71,49		
Jumlah		0,000472	0,000248	7699,14	707,40		
Rata-rata		0,000059	0,000031	962,39	88,43		

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa validasi CO dan NOx menunjukkan *Index of Agreement (IOA)* sebesar 0,98 yang menandakan mendekati 1. Nilai d dengan rentang 0,8 – 1, menandakan tingkat kesesuaian antara model dengan pengukuran tinggi. Sehingga model dapat digunakan untuk prediksi konsentrasi.

Dispersi Gas CO dan NOx dengan Surfer





Gambar 1. Dispersi Gas CO dan NOx (a) Pengukuran CO Minggu, (b) Pengukuran CO Senin, (c) Pengukuran NOx Minggu, (d) Pengukuran NOx Senin, (e) Perhitungan CO Minggu, (f) Perhitungan CO Senin, (g) Perhitungan NOx Minggu, dan (h) Perhitungan NOx Senin

Berdasarkan gambar 2, dijelaskan konsentrasi rendah berwarna biru, dan konsentrasi tinggi berwarna merah. Distribusi konsentrasi tertinggi pada hasil pengukuran ditunjukkan warna merah yang terjadi pada sumber konsentrasi pada jarak (0 m). Sedangkan pada hasil perhitungan, warna merah terjadi pada jarak 200 m dari sumber konsentrasi. Tingginya konsentrasi dari hasil perhitungan menunjukkan adanya pengaruh jarak dan kondisi meteorologi. Semakin rendah kecepatan angin maka akan tinggi konsentrasi, dan semakin rendah suhu udara maka konsentrasi akan meningkat. Sebagaimana penelitian terdahulu bahwasannya semakin tinggi kecepatan angin, maka semakin kecil konsentrasi polutan. Karena polutan akan terbawa oleh angin, sehingga semakin jauh jarak penelitian maka semakin kecil nilai konsentrasinya [5]. Kemudian, jika dilihat terhadap jarak reseptor, pola persebarannya semakin jauh jarak titik pengamatan maka semakin kecil konsentrasi polutannya [6]. Pada penelitian ini, persebaran konsentrasi gas CO dan NOx menyebar ke arah Barat Laut sesuai dengan arah angin dominan di Jl. Gempol – Mojokerto.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan Gauss, konsentrasi tertinggi terjadi pada jarak 200 m dari sumber pencemar pada Hari Minggu untuk parameter CO sebesar $0,000218 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan parameter NOx $0,000109 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi tertinggi pada sumber pencemar terjadi pada Hari Minggu, parameter CO sebesar $2.073,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan parameter NOx sebesar $111,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil tersebut masih dalam kategori sesuai dengan baku mutu. Pola sebaran menuju ke arah Barat Laut, jarak 200 m dari sumber pencemar. Sedangkan berdasarkan pengukuran lapangan, potensi pencemar udara terbesar terjadi pada sumber emisi, yaitu JL. Gempol – Mojokerto.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang ikut andil membantu dalam penyusunan laporan ini atas bantuan dan kerja sama yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bachtera, R. P., Huboyo, H. S., & Samadikun, B. P. (2017). Uji Coba Estimasi Emisi Kendaraan Bermotor yang Beroperasi di Kota Semarang Berdasarkan Umur dan Jenis Kendaraan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–11.
- [2] Bachtiar, V. S., & Hidayat, T. (2014). Peningkatan Gas Karbon Monoksida (CO) Akibat Peningkatan Kendaraan Bermotor Kota Padang Selama Satu Dekade. *Prosiding Snstl, Padang*, 1–15.
- [3] Dinas Perhubungan, Kota Mojokerto.
- [4] Handoko, E. (2020). Analisis Dampak Nitrogen Dioksida di Kota Yogyakarta. *Teknik Sipil*, 2, 1–86.
- [5] Maharani, J. (2019a). Perbandingan Tingkat Pencemaran Karbon Monoksida (CO) di Ruas Jalan Solo-Yogyakarta Menggunakan Pemodelan Dispersi Gauss dan Pengukuran langsung. *Environmental Engineering*, 3(1), 1–19.
- [6] Maharani, J. (2019b). Perbandingan Tingkat Pencemaran Karbon Monoksida di Ruas Jalan Ring Road Utara Gejayan Yogyakarta Menggunakan Pemodelan Dispersi Gauss dan Pengukuran langsung. *Environmental Engineering*, 3(1), 1–23.
- [7] Sari, P. H. (2017). Pemantauan Kualitas Udara Ambien dan Pemodelan Gauss Dispersion untuk Parameter Nitrogen Dioksida (NO₂) dari Emisi Industri Kayu Lapis di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta. *Jurusan Teknik Lingkungan*, 1(2), 1–19.
- [8] Seinfeld, J. H. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change*. John Willey & Sons, Canada.
- [9] Turner, D. B. (1970). Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. *Environmental Protection Agency Office of Air Programs*. Washington.
- [10] Willmott, C. J., Robeson, S. M., & Matsuura, K. (2012). A Refined Index of Model Performance. *International Journal Of Climatology*, 32(13), 2088–2094.
- [11] Zellia, S., Indrawan, I., Setyowati, L., Faisal, M., & Suryati, I. (2018). Analisis Sebaran Total Suspended Particulate (TSP) dengan Model Gaussian Point Source di Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Biomassa. *Jurnal Dampak*, 15(2), 82–87.