

ANALISIS PERUBAHAN KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS KENDARAAN TERHADAP MUTU UDARA AMBIEN PADA JALAN PELABUHAN KRUENG GEUKUH

Zairipan Jaya

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. Banda Aceh-Medan KM. 280,3 Buketrata 24031 INDONESIA

zairipanjaya@rocketmail.com

Abstrak-Perubahan karakteristik arus lalu lintas kendaraan di kawasan Jalan Pelabuhan Krueng Geukuh Propinsi Aceh berpotensi terjadinya pencemaran udara ambien yang diakibatkan oleh peningkatan kadar/mutu polutan CO dan NO₂. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi konsentrasi polutan CO dan NO₂ Tahun 2015-2024 di kawasan tersebut. Pengumpulan data primer desain sebagai acuan (Tahun 2014) menggunakan metode survai dengan teknik observasi lapangan. Prediksi mutu polutan CO dan NO₂ Tahun 2015-2024 menggunakan metode polusi udara skala mikro akibat lalu lintas model sumber garis dari Departemen Pekerjaan Umum (1999), dengan teknik simulasi kecepatan angin 1,0-10,0 m/det. Hasil prediksi arus lalu lintas total dua arah jam puncak dan kecepatan arus bebas rata-rata desain Tahun 2024 masing-masing 853 kendaraan/jam dan 37,38 km/jam. Hasil simulasi dengan kecepatan angin 1,0 m/det menghasilkan mutu polutan CO sebesar 319,71 µg/m³ dan NO₂ sebesar 16,66 µg/m³, kecepatan angin 10,0 m/det menghasilkan mutu polutan sebesar CO 31,97 µg/m³ dan NO₂ sebesar 1,67 µg/m³. Berdasarkan hasil analisis data menggunakan grafik hubungan arus lalu lintas dan mutu polutan CO dan NO₂ Tahun 2015-2024, menunjukkan bahwa peningkatan arus lalu lintas berbanding lurus dengan peningkatan mutu polutan CO dan NO₂, artinya arus lalu lintas sangat mempengaruhi mutu polutan CO dan NO₂. Peningkatan mutu polutan relatif kecil apabila kecepatan anginnya 4,0-10,0 m/det dan relatif besar akibat kecepatan anginnya 1,0-3,0 m/det. Baku mutu udara ambien nasional untuk polutan CO sebesar 30.000 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 400 µg/Nm³, secara kuantitatif mutu polutan hasil prediksi pada Tahun 2015-2024 di kawasan tersebut masih berada di bawah baku mutu udara ambien nasional.

Kata Kunci : Arus Lalu Lintas, Kecepatan Arus Bebas, Polutan CO dan NO₂, Kecepatan Angin, Mutu Udara Ambien

Abstract-Changes in the characteristics of vehicle traffic flow in the area of Krueng Geukuh Harbor street Aceh Province potentially ambient air pollution resulting from increased levels of CO and NO₂ pollutants. This study aims to predict the quality or concentration of CO and NO₂ pollution of 2015-2024 in the region. Primary data collection design as a reference (Year 2014) using survey methods with field observation techniques. Prediction of CO and NO₂ pollutants 2015-2024 using micro-scale air pollution method due to traffic source line model from Department of Public Works (1999), with wind speed simulation technique 1.0-10.0 m/s. The prediction result of total traffic flow two way peak hour and free flow speed of design average Year 2024 each 853 vehicle/hour and 37.38 km/hour. Simulation results with average wind speed of 1.0 m/s resulted in CO 319,71 µg/m³ and NO₂ of 16.66 µg/m³ and an average wind speed of 10.0 m/s resulted in the quality of pollutants amounting to CO 31.97 µg/m³ and NO₂ of 1.67 µg / m³. Based on the results of data analysis using prediction graph of traffic flow and CO and NO₂ pollutants Year 2015-2024, indicating that the increase of traffic flow is directly proportional to the increase of CO and NO₂ pollutant, meaning that traffic flow greatly affect the quality of CO and NO₂. Improvement in the quality of pollutants is relatively small when the wind speed is 4.0-10.0 m/s and is relatively large due to the wind speed of 1.0-3.0 m/s. The national ambient air quality standard for CO pollutants of 30,000 µg/Nm³ and NO₂ of 400 µg/Nm³, quantitatively the quality of the predicted pollutant in 2015-2024 in the region is still below the national ambient air quality standard.

Keyword : Traffic Flow, Free Flow Rate, CO and NO₂ Pollutant, Wind Speed, Ambient Air Quality

I. PENDAHULUAN

Arus lalu lintas kendaraan di suatu kawasan perkotaan dan kawasan lalu lintas lainnya seperti di kawasan pelabuhan barang akan memberikan dampak yang signifikan terhadap lingkungan udara ambien. Kendaraan sebagai objek lalu lintas umumnya berbahan bakar minyak untuk menggerakkan mesin kendaraan. Hasil pembakaran bahan bakar minyak dalam mesin kendaraan yang terjadi secara tidak sempurna dan dikeluarkan melalui knalpot kendaraan merupakan residu atau buangan yang menghasilkan zat pencemar atau polutan bagi udara ambien. Jumlah polutan berhubungan erat dengan arus lalu lintas kendaraan yang melintas yang dikaitkan dengan faktor teknis kendaraan (umur, tenaga, jenis bahan bakar, dan kondisi mesin), disamping perilaku pengemudi dalam mengendalikan kecepatan kendaraanya. Jenis polutan yang

paling banyak tersebar dan dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan umumnya adalah gas CO dan NO₂.

Berdasarkan hasil evaluasi kualitas udara perkotaan Tahun 2012 dari Deputi Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, menyebutkan bahwa pengukuran polutan udara ambien berupa gas CO dan NO₂ di beberapa kota besar yang terhubung dengan ruas jalan menuju pelabuhan barang telah terjadi penurunan mutu udara ambien walaupun masih berada di bawah ambang batas izin atau baku mutu udara ambien nasional, diantaranya adalah Kota Jakarta Utara yang terhubung dengan Pelabuhan Tanjung Priok (CO = 5000 µg/m³ dan NO₂= 80 µg/m³), Kota Surabaya yang terhubung dengan Pelabuhan Tanjung Perak (CO = 5900 µg/m³ dan NO₂= 62 µg/m³), dan Kota Medan yang terhubung dengan Pelabuhan Belawan (CO = 4500 µg/m³ dan NO₂= 65 µg/m³).

Arus lalu lintas kendaraan bermotor terutama kendaraan truk besar di Kawasan Jalan Pelabuhan Barang Krueng Geukuh meningkat secara signifikan pasca regulasi terbaru tentang ketentuan impor produk tertentu di Pelabuhan Krueng Geukuh Propinsi Aceh. Berdasarkan data dari PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero) Tahun 2014, rata-rata arus lalu lintas total dua arah jam puncak pada Tahun 2014, yaitu 14 truk dua gandar dan tiga gandar termasuk truk gandengan (kontainer), 8 kendaraan ringan dan minibus, dan 60 sepeda motor. Jumlah arus lalu lintas terutama kendaraan truk besar sampai dengan akhir Tahun 2016 mengalami peningkatan sebesar 25%-30% (Dinas Perindustrian Kabupaten Aceh Utara, 2017).

Peningkatan jumlah arus lalu lintas tersebut menyebabkan perubahan terhadap karakteristik arus lalu lintasnya, yang secara langsung berdampak pada peningkatan jumlah konsentrasi atau mutu polutan terutama gas CO dan NO₂ di udara ambien. Selain dipengaruhi oleh perubahan karakteristik lalu lintas (arus lalu lintas dan kecepatan kendaraan), besarnya peningkatan konsentrasi polutan gas CO dan NO₂ juga dipengaruhi oleh kondisi klimatologi setempat terutama kecepatan angin. Hadirnya polutan gas CO dan NO₂ ke udara ambien secara berlebihan dengan kadar melebihi baku mutu udara ambien yang ditetapkan secara nasional akan mengganggu keberlangsungan hidup makhluk hidup yang ada di sekitar kawasan pelabuhan atau menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memprediksi mutu atau konsentrasi polutan gas CO dan gas NO₂ akibat perubahan karakteristik lalu lintas kendaraan bermotor Tahun 2015-2024 pada kawasan tersebut.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan penelitian dan merupakan langkah-langkah kerja berurutan yang disertai dengan peraturan dan instrumen pendukung penelitian, yaitu :

1. Survei Pendahuluan
Survei pendahuluan merupakan observasi tahap awal yang dilakukan untuk mengetahui atau mengidentifikasi kondisi lokasi penelitian yang bertujuan untuk menentukan lokasi yang cocok sesuai peraturan standar yang ditetapkan. Identifikasi kondisi lokasi penelitian meliputi identifikasi geometrik segmen jalan dan lingkungannya, identifikasi kondisi kualitas udara, dan identifikasi data geometri.
2. Pemilihan Model Prediksi Konsentrasi Polutan CO dan NO₂
Pertimbangan utama dalam pemilihan model didasarkan pada kondisi geometrik lingkungan jalan (kerapatan bangunan dan ketinggian bangunan), sebagaimana ketentuan dan kriteria pemilihan model yang tertera pada Tabel II.
3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data terdiri dari data sekunder dan data primer, langkah-langkah pengumpulan data yaitu sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data volume lalu lintas (data primer).
Pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan dua tahap. Pengumpulan data volume lalu lintas tahap pertama dengan tujuan untuk mengetahui volume lalu lintas total dua arah jam puncak pada Jalan Pelabuhan Krueng Geukuh dari ketiga hari pengumpulan data. Pengumpulan data volume lalu lintas Tahap Kedua bertujuan untuk mengetahui volume lalu lintas total dua arah Tahun 2014 saat pengambilan sampel CO dan NO₂. Pengumpulan data volume lalu lintas kedua tahap tersebut berpedoman pada Panduan Survei Pencacahan Lalu Lintas dari Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah (2004).
- b. Pengumpulan data waktu tempuh perjalanan kendaraan (data primer)
Pengumpulan data waktu tempuh kendaraan yang sedang bergerak digunakan untuk mendapatkan besaran kecepatan rata-rata masing-masing jenis kendaraan. Pelaksanaan survei dan perhitungan waktu perjalanan lalu lintas dilakukan dengan cara manual menggunakan Panduan Survei dan dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas dari Departemen Pekerjaan Umum (1990).
- c. Pengumpulan data polutan udara ambien (data primer)
Pengumpulan data udara ambien dilakukan dengan cara mengambil contoh uji gas polutan CO dan NO₂ di jalan (*road side*) pada kawasan Pelabuhan Krueng Geukuh. Metode yang digunakan untuk mengumpulkan contoh uji udara ambien dilakukan dengan teknik dengan teknik absorpsi menggunakan metode *active sampling*, yaitu suatu metode yang dilakukan dengan cara menghisap/menarik contoh uji polutan udara ambien dengan bantuan pompa vakum.
- d. Pengumpulan data meteorologi (data primer)
Pengumpulan data meteorologi dilakukan dengan cara mengukur dan mencatat data arah angin, kecepatan angin rata-rata perjam, serta temperatur udara. Pengukuran tersebut dilakukan dengan prosedur standar pengukuran meteorologi.
4. Prediksi Konsentrasi Polutan CO dan NO₂.
Prediksi konsentrasi polutan CO dan NO₂ dihitung menggunakan Model Sumber Garis yang mengacu pada Pedoman Teknik Tata Cara Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Nomor 017/T/BM/1999.

B. Tinjauan Pustaka

Karakteristik lalu lintas merupakan bentuk dari suatu aliran lalu lintas kendaraan bermotor yang dipengaruhi oleh beberapa komponen meliputi arus lalu lintas, perilaku lalu lintas, kondisi geometrik jalan, dan kondisi lingkungan lintas, kondisi geometrik jalan, dan kondisi lingkungan. Komponen-komponen tersebut saling berinteraksi dan membentuk suatu

karakter arus lalu lintas yang tentunya tidak sama pada suatu pias jalan.

Arus lalu lintas dan kecepatan merupakan dua variabel dari karakteristik lalu lintas yang mempunyai hubungan yang mendasar, bertambahnya tingkat arus lalu lintas secara otomatis mengurangi kecepatan kendaraan sampai arus lalu lintas maksimum tercapai dimana arus lalu lintas dan kecepatan akan berkurang. Pengurangan kecepatan akibat penambahan arus lalu lintas mendekati konstan pada arus lalu lintas rendah dan menengah, tetapi menjadi lebih besar pada arus lalu lintas mendekati kapasitas jalan, (Hobbs,1995).

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik dalam waktu kurang dari satu jam, tetapi di ekuivalenkan ke tingkat rata-rata perjam (Khisty dan Lall, 2005). Arus lalu lintas adalah sebuah proses *stokastik*, dengan variasi-variasi acak dalam hal karakteristik kendaraan dan karakteristik pengemudi serta interaksi di antara keduanya. Kecepatan kendaraan adalah kecepatan rata-rata kendaraan dalam satuan km/jam yang dihitung sebagai panjang jalan dibagi waktu tempuh jalan tersebut. Kecepatan perjalanan didefinisikan dalam sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan sepanjang segmen jalan, Departemen Pekerjaan Umum (1990). Nilai kecepatan rata-rata ruang kendaraan dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$v = \frac{L}{TT} \tag{1}$$

Dimana :

v = kecepatan rata-rata ruang kendaraan (km/jam);

L = panjang segmen jalan (km);

TT = waktu tempuh rata-rata dari kendaraan sepanjang segmen jalan (jam).

Khisty dan Lall (2005), menyatakan bahwa kecepatan tempuh rata-rata kendaraan yang telah dihitung disebut kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*), hal ini disebabkan karena penggunaan waktu tempuh rata-rata pada dasarnya memperhitungkan rata-rata berdasarkan panjang waktu yang dipergunakan setiap kendaraan di dalam ruang (*space*). Cara lain menentukan kecepatan rata-rata dari sebuah aliran lalu lintas adalah dengan menentukan kecepatan rata-rata waktu, yang merupakan rata-rata aritmatik dari kecepatan yang diukur pada seluruh kendaraan yang melintas, kecepatan ini disebut kecepatan spot (*spot speed*) dan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2).

$$v_t = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \tag{2}$$

Dimana :

v_i = kecepatan rata-rata waktu (km/jam);

v_i = kecepatan spot (km/jam);

n = jumlah kendaraan yang diamati;

Perubahan tingkat arus lalu lintas pada suatu pias jalan akan diiringi oleh perubahan karakteristik dari arus lalu lintas, hal ini tentunya akan berdampak terhadap kondisi atau pencemaran lingkungan di kawasan jalan tersebut, salah satunya adalah pencemaran udara ambien. Hasil penelitian Pencemaran udara ambien Pencemaran udara ambien

didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai dengan tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memnuhi fungsinya, (Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999). Defenisi dengan maksud yang sama juga dikemukakan oleh Seinfeld (1986), yang menyatakan bahwa pencemaran udara merupakan sejumlah material, baik berupa gas, cairan maupun padatan yang terkandung di udara dan memiliki konsentrasi atau mutu lebih tinggi di atas tingkatan ambien normalnya sehingga dapat berpengaruh pada manusia, hewan, tumbuhan, dan material.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, yang dimaksud dengan mutu udara ambien adalah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di udara bebas. Ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaanya dalam udara ambien disebut baku mutu udara ambien. Baku mutu udara ambien nasional ditetapkan sebagai batas maksimum mutu udara ambien untuk mencegah terjadi pencemaran udara. Baku mutu udara ambien nasional diperlihatkan pada Tabel I.

TABEL 1
BAKU MUTU UDARA AMBIEN NASIONAL

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 Jam	900µg/Nm ³
CO(Karbon Monoksida)	1 Jam	30.000µg/Nm ³
NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 Jam	400µg/Nm ³
O ₃ (Oksidan)	1 Jam	235µg/Nm ³
HC(Hidro Karbon)	3 jam	160µg/Nm ³
PM ₁₀ (Partikel<10 µm)	24 Jam	150µg/Nm ³
PM _{2,5} (Partikel<2,5 µm)	24 Jam	65µg/Nm ³
TSP(Debu)	24 Jam	230µg/Nm ³
Pb(Timah Hitam)	24 Jam	2 µg/Nm ³
Dustfall(Debu Jatuh)	30 hari	10 ton/Km ² /Bln (pemukiman)

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup (1999)

Dalam upaya memprediksi polusi udara ambien di suatu kawasan jalan dibutuhkan suatu pemodelan yang bersifat kuantitatif. Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1999), menerbitkan Pedoman Teknik Nomor 017/T/BM/1999 tentang Tata Cara Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat Lalu Lintas. Pedoman teknis ini dimaksudkan sebagai rujukan dalam tata cara menggunakan model kuantitatif dalam penyusunan AMDAL jalan, sehingga diperoleh suatu ukuran yang jelas guna meningkatkan mutu hasil pelaksanaan studi AMDAL dalam melakukan evaluasi teknik pemodelan pencemaran udara. Pedoman teknik ini menggunakan dua model prediksi yaitu model sumber garis dan model sumber volume, yang diterapkan untuk memudahkan kontrol kualitas pekerjaan penyusunan AMDAL

C. Ketentuan Pemodelan

Ketentuan-ketentuan dalam pemodelan polusi udara ambien adalah sebagai berikut:

I. Ketentuan umum pemodelan

a. Kriteria ruas jalan

Rencana konstruksi jalan yang memerlukan pemodelan polusi udara pada skala mikro adalah pekerjaan peningkatan jalan (betterment) dan pembangunan jalan baru. Ruas jalan yang dimodelkan berupa :

- Jalan satu jalur atau lebih, sebidang atau tidak sebidang;
- Jumlah lajur maksimum sebidang dengan median < 10 M.

b. Pembagian waktu pemodelan

- Pemodelan dilakukan untuk aliran lalu lintas yang memungkinkan terjadinya pencemaran udara;
- Pemodelan dapat dilakukan untuk pemodelan harian dan pemodelan tahunan dengan memperhatikan kondisi lalu lintas dan kondisi meteorologi.

II. Ketentuan teknik pemodelan

a. Pemilihan jenis model

Pemilihan jenis model untuk menghitung konsentrasi polutan didasarkan kepada keadaan lingkungan jalan dan geometri jalan. Untuk kepentingan tersebut, pemilihan jenis model mengacu pada ketentuan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2

TABEL 2

KRITERIA PEMILIHAN JENIS MODEL PERHITUNGAN KONSENTRASI POLUTAN

Ketinggian Bangunan H (m)	Kerapatan Bangunan (BCR)	Jenis Model
< 10	< atau = 0,3	Model Sumber Garis
> atau = 10	< atau = 0,3	Model Sumber Garis
> atau = 10	> 0,3	Model Sumber Volume

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1999)

b. Ketentuan model

Perhitungan dengan menggunakan Model Sumber Garis didasarkan pada asumsi bahwa emisi polutan di jalan raya adalah sebuah garis yang tidak terbatas sehingga setiap titik yang memiliki jarak yang sama dari tepi jalan akan menerima polusi dengan konsentrasi yang sama. Konsentrasi polutan yang ditimbulkan oleh lalu lintas kendaraan dihitung berdasarkan Pedoman Teknik dari Departemen Pekerjaan Umum (1999), sebagaimana diperlihatkan pada Persamaan (3).

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{\pi\mu\sigma_y\sigma_z} \exp\left[-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right] \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \quad (3)$$

Dimana :

- C = konsentrasi polutan (gr.m⁻³)
- Q_p = kekuatan emisi (gr.s⁻¹)
- (x,y,z) = koordinat reseptor (m)
- H = ketinggian sumber emisi (m)
- σ = standar deviasi

- μ = kecepatan angin (m/det)
- z = 1,5 meter, dalam kasus dispersi ini dianggap sama dengan 0 (ground level)
- y = 0 meter, lurus terhadap titik sumber dan σ_y ≈ 1

c. Ketentuan teknik faktor emisi model sumber garis

• **Kekuatan Emisi (Q)**

Kekuatan sumber emisi adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan ke udara oleh kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara dalam satuan waktu tertentu. Kekuatan emisi polutan model sumber garis yang dihasilkan dihitung berdasarkan Pedoman Teknik dari Departemen Pekerjaan Umum (1999), sebagaimana diperlihatkan pada Persamaan (4).

$$Q = n \cdot q \quad (4)$$

Dimana :

- Q = kekuatan emisi, gr/det atau gr/det.m
- n = jumlah kendaraan per detik
- q = laju emisi, gr/km

Jumlah kendaraan per satuan waktu (n) dihitung berdasarkan arus lalu lintas rata-rata selama satu jam pengukuran untuk kategori sepeda motor, kendaraan penumpang, dan kendaraan berat yang dinormalisasikan dengan faktor pengali yang tertera pada Tabel 3 dan Tabel 4.

TABEL 3

FAKTOR PENGALI EMISI NO_x UNTUK MENORMALISASIKAN VOLUME KENDARAAN UNTUK MENJADI SATUAN MOBIL PENUMPANG (SMP) PER SATUAN WAKTU

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi NO _x			
	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,6	0,6
Kend.Penumpang	1	0,81	0,84	0,81
Kend.Berat	1,45	1,46	1,45	1,45

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1999)

TABEL 4

FAKTOR PENGALI EMISI CO UNTUK MENORMALISASIKAN VOLUME KENDARAAN UNTUK MENJADI SATUAN MOBIL PENUMPANG (SMP) PER SATUAN WAKTU

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi CO			
	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,6	0,6
Kend.Penumpang	1	0,76	0,80	0,761
Kend.Berat	1,97	1,93	1,95	1,93

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1999)

• **Laju Emisi (q)**

Laju emisi adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan oleh satu kendaraan per kilometer jarak tempuh. Persamaan yang digunakan merupakan hasil studi oleh IGW Sanusi dan Tim Puslitbang Jalan PU Bandung Tahun

1997-1988, sebagaimana diperlihatkan pada Persamaan (5) dan Persamaan (6).

$$q_{CO} = 867,92V^{-0,8648} \tag{5}$$

$$q_{NO_x} = 0,0005V^2 - 0,0656V + 3,6586 \tag{6}$$

Dimana :

q = laju emisi, gr/km

V = kecepatan bebas rata-rata kendaraan (km/jam).

III. Parameter perhitungan dispersi model sumber garis

Harga σ_z dan σ_y pada persamaan dispersi sumber garis dihitung berdasarkan Pedoman Teknik dari Departemen Pekerjaan Umum (1999), sebagaimana diperlihatkan pada Persamaan (7) dan Persamaan (8).

$$\sigma_z = cx^d + f \tag{7}$$

$$\sigma_y = ax^{0,948} \tag{8}$$

Dimana :

$\sigma_{z,y}$ = standar deviasi sebaran pada arah z dan y

Nilai konstanta a,c,d,f ditentukan berdasarkan stabilitas atmosfer dikaitkan dengan jarak jalan dari reseptor (x_r). Nilai konstanta tersebut dirumuskan oleh D.O.Martin berdasarkan beberapa rangkaian percobaan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 5.

TABEL 5
NILAI KONSTANTA PENENTU STANDARD DEVIASI

Kelas Stabilitas	$x_r < 1$ km				$x_r > 1$ km		
	a	c	d	f	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,30	108,2	1,098	2,0
C	104	61,0	0,911	0	61,0	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,70	44,5	0,516	-13
E	50,5	22,8	0,678	-1,30	55,4	0,305	-34
F	34	14,35	0,740	-0,35	62,6	0,180	-48

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1999)

Salah satu cara untuk menentukan kelas stabilitas atmosfer adalah berdasarkan korelasi kelas stabilitas atmosfer dengan standar deviasi pada arah angin horizontal (σ_θ). Nilai standar deviasi pada arah angin horizontal (σ_θ) terhadap ketinggian hingga 10 m sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 6.

TABEL 6
KORELASI KELAS STABILITAS ATMOSFER DENGAN STANDAR DEVIASI PADA ARAH ANGIN HORIZONTAL

Kelas Stabilitas Pasquill	σ_θ 10 m, derajat
A	$\sigma_\theta > 22,5$
B	$22,5 \geq \sigma_\theta > 17,5$
C	$17,5 \geq \sigma_\theta > 12,5$
D	$12,5 \geq \sigma_\theta > 7,5$
E	$7,5 \geq \sigma_\theta > 3,75$
F	$3,75 \geq \sigma_\theta > 2,0$

$$\frac{G}{2,0 \geq \sigma_\theta}$$

Sumber : Woodward (1998)

Temperatur potensial dalam keadaan normal terhadap ketinggian (θ) dapat digunakan sebagai pengganti dari temperatur aktual (T). Besaran temperatur potensial terhadap ketinggian dapat dihitung menggunakan Persamaan (9).

$$\theta = T - \lambda(z_2 - z_1)$$

θ = temperatur potensial terhadap ketinggian;

T = temperatur sebenarnya atau aktual;

λ = perubahan temperatur terhadap ketinggian yang diakibatkan oleh ekspansi adiabatik (lapse rate adiabatik). lapse rate adiabatik (λ) = $-0,01^\circ\text{K/m}$,

z_2 = ketinggian pada lapse rate adiabatik

z_1 = ketinggian pada temperatur aktual.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Identifikasi Kondisi Lokasi Penelitian

Berdasarkan observasi dan survai pendahuluan yang dilakukan di kawasan pelabuhan Krueng Geukuh, diperoleh hasil identifikasi kondisi lokasi penelitian sebagai berikut :

1. Hasil identifikasi kondisi geometrik segmen jalan dan lingkungan, diperoleh data bahwa kerapatan bangunan (building coverage rasio) rata-rata di lokasi penelitian termasuk dalam kriteria jarang ($BCR \leq 0,3$) dan ketinggian rata-rata bangunan < 10 M. Berdasarkan data tersebut, model yang dipilih untuk memprediksi polutan udara ambien adalah model sumber garis.
2. Hasil identifikasi kualitas udara ambien, diperoleh data bahwa tidak terdapat sumber-sumber emisi lain selain emisi dari kendaraan bermotor dan tidak terdapat jalan dengan hirarki lebih tinggi yang menjadi sumber gangguan pada segmen jalan tersebut.
3. Hasil identifikasi data meteorologi dari Badan Perencanaan Daerah (BAPPEDA) Provinsi Aceh Tahun 2010 diperoleh data rata-rata tahunan wilayah Pesisir Timur Propinsi Aceh dan untuk pembandingan digunakan data yang didapat dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Tahun 2016, data yang diperoleh adalah sebagai berikut:
 - Temperatur udara berkisar $24-33^\circ\text{C}$ (rata-rata 28°C);
 - Kecepatan angin berkisar $2,5-10,0$ m/det.

Data tersebut digunakan untuk menentukan kelas stabilitas atmosfer yang akan digunakan untuk kebutuhan simulasi dalam menentukan konsentrasi polutan CO dan NO₂ untuk Tahun 2015-2024, dengan ketentuan :

- Nilai temperatur potensial dalam keadaan normal terhadap ketinggian (θ) yang diperoleh dengan

menggunakan Persamaan 9 adalah $27,05^{\circ}\text{C}$. Temperatur rata-rata di lokasi penelitian ditentukan sebesar 28°C .

- Berdasarkan nilai temperatur potensial tersebut, selanjutnya dikorelasikan dengan kelas stabilitas atmosfer sebagaimana diperlihatkan pada Tabel VI. Kelas stabilitas atmosfer yang sesuai adalah kelas stabilitas atmosfer A;
- Perkiraan nilai standar deviasi sebaran arah sumbu z (σ_z) untuk Kelas Stabilitas Atmosfir A dengan jarak (x_r) 0,1 km atau 100 m yang ditentukan berdasarkan Tabel V adalah 27, sedangkan untuk mendapatkan nilai standar deviasi sebaran arah sumbu y (σ_y) dihitung menggunakan Persamaan 8 adalah 213.

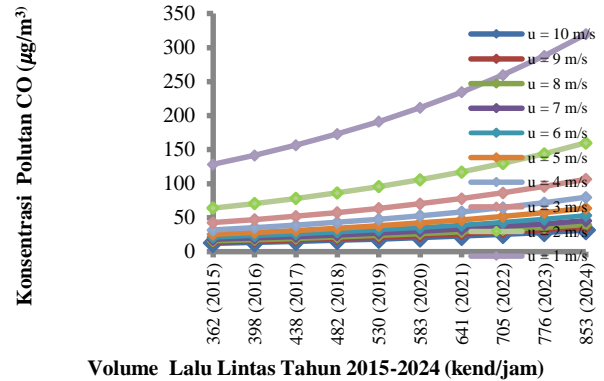
B. Hasil Pengumpulan Data

1. Volume lalu lintas dua arah pada Tahun 2014 sebesar 295 kendaraan/jam, dengan komposisi 14 kendaraan berat (4,75%), 8 kendaraan penumpang (2,71%), dan 273 sepeda motor (92,54%), menghasilkan mutu atau konsentrasi polutan CO sebesar $1609,14 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan NO_2 sebesar $8,66 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Nilai konsentrasi yang diperoleh tersebut dipengaruhi oleh arat angin dominan dari arag Timur ke Barat dengan kecepatan angin berkisar antara 0.1- 1.8 m/det. Volume lalu lintas total dua arah jam puncak rencana sebesar 329 kendaraan/jam, dengan komposisi 15 kendaraan berat (4,56%), 9 kendaraan penumpang (2,74%), dan 305 sepeda motor (92,71%);
2. Temperatur udara $30,9^{\circ}\text{C}$, kelembaban udara 71.2%, dan kecepatan angin 0.1-1.8 m/det.

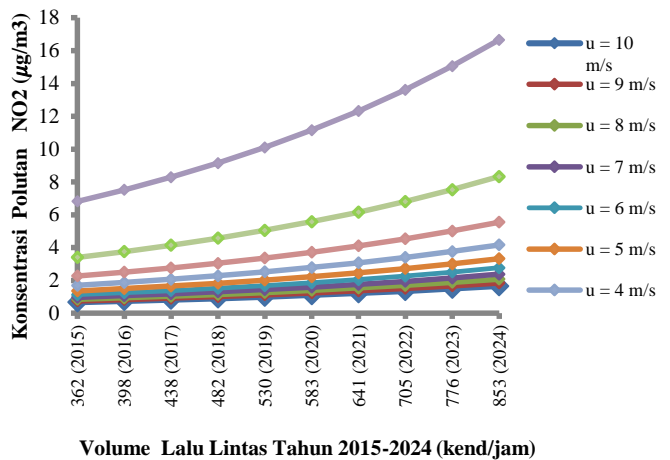
C. Analisis Data Hasil Prediksi Konsentrasi Polutan CO dan NO_2

Perbedaan nilai konsentrasi polutan CO dan NO_2 hasil pengukuran dan hasil perhitungan kemungkinan disebabkan oleh faktor kecepatan angin. Kecepatan angin pada saat pengukuran polutan CO dan NO_2 berubah-ubah dari 0,1-1,8 m/det, kemungkinan polutan lebih banyak terserap oleh alat vakum pada saat kecepatan angin rendah dan polutannya tersebar dengan lambat. Sedangkan untuk keperluan prediksi digunakan kecepatan angin rata-rata yang tetap yaitu 1,0-10,0 m/det, sehingga sebaran polutan baik arah sumbu y dan sumbu z akan menjadi cepat dan konsentrasi polutan akan berkurang atau kecil.

Data hasil prediksi konsentrasi polutan CO dan NO_2 pada Tahun 2015-2024 selanjutnya dilakukan plotting hubungan volume lalu lintas total dua arah jam puncak per tahun dengan konsentrasi polutan CO dan NO_2 dengan variasi kecepatan angin 1,0-10,0 m/det. Plotting hubungan tersebut dalam bentuk grafik dua dimensi yang digunakan untuk melihat pola keterkaitan atau korelasi volume lalu lintas dengan besaran konsentrasi polutan CO dan NO_2 dengan berbagai variasi kecepatan angin. Grafik korelasi tersebut ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Hubungan Volume Lalu Lintas Tahun 2015-2024 dengan Konsentrasi Polutan CO, Variasi Kecepatan Angin 1,0-10,0 m/det



Gambar 2. Grafik Hubungan Volume Lalu Lintas Tahun 2015-2024 dengan Konsentrasi Polutan NO_2 , Variasi Kecepatan Angin 1,0-10,0 m/det

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa pola garis yang terbentuk dari hubungan volume lalu lintas Tahun 2015-2024 dengan konsentrasi polutan CO dan NO_2 cenderung berbentuk pola garis linier dan eksponensial. Peningkatan volume lalu lintas berbanding lurus dengan peningkatan nilai konsentrasi polutan CO dan NO_2 , artinya volume lalu lintas sangat mempengaruhi nilai mutu atau konsentrasi polutan CO dan NO_2 . Peningkatan nilai konsentrasi polutan CO dan NO_2 setiap tahunnya yang dipengaruhi kecepatan angin rata-rata 4,0-10,0 m/det relatif kecil sehingga pola garis yang terbentuk cenderung berbentuk linier, sedangkan peningkatan nilai konsentrasi polutan CO dan NO_2 setiap tahunnya yang dipengaruhi kecepatan angin rata-rata 1,0-3,0 m/det relatif besar, sehingga pola garis yang terbentuk cenderung berbentuk eksponensial. Peningkatan konsentrasi polutan CO dan NO_2 tidak begitu dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan, hal ini disebabkan oleh kecilnya tingkat penurunan kecepatan kendaraan setiap tahunnya pada saat volume lalu lintas total dua arah jam puncak. Volume lalu lintas kendaraan bermotor masih jauh di bawah kapasitas jalan sehingga kendaraan dapat bergerak dengan kecepatan konstan.

IV. KESIMPULAN

Nilai mutu polutan CO dan NO₂ pada Tahun 2014 berturut-turut sebesar 1609,14 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 8,66 µg/Nm³. Baku mutu udara ambien nasional untuk polutan CO sebesar 30.000 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 400 µg/Nm³. Nilai konsentrasi polutan CO dan NO₂ pada Tahun 2015 saat volume lalu lintas total dua arah jam puncak diprediksi berturut-turut sebesar 128,32 µg/m³ dan NO₂ sebesar 6,82 µg/m³, nilai konsentrasi polutan tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin rata-rata 1,0 m/det dan diprediksi akan menghasilkan konsentrasi polutan CO sebesar 12,83 µg/m³ dan NO₂ sebesar 0,68 µg/m³, ketika nilai konsentrasi polutan tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin rata-rata 10,0 m/det. Sedangkan nilai konsentrasi polutan CO dan NO₂ pada Tahun 2024 saat volume lalu lintas total dua arah jam puncak diprediksi berturut-turut sebesar 319,71 µg/m³ dan NO₂ sebesar 16,66 µg/m³, nilai konsentrasi polutan tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin rata-rata 1,0 m/det dan menghasilkan konsentrasi polutan CO sebesar 31,97 µg/m³ dan NO₂ sebesar 1,67 µg/m³, ketika nilai konsentrasi polutan tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin rata-rata 10,0 m/det. Secara kuantitatif, hasil prediksi konsentrasi polutan CO dan NO₂ pada Tahun 2014-2024 pada Jalan tersebut masih berada dibawah baku mutu udara ambien nasional.

REFERENSI

- Departemen Pekerjaan Umum(1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Nomor 036/T/BM/1997*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah (2004), *Tata Cara Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan cara Manual, Nomor :Pd.T-19-2004-B*, Direktorat Bina Teknik Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990), *Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas, Nomor :001/T/BNKT/1990*, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1999), *Pedoman Teknik Nomor 017/T/BM/1999 Tentang Tata Cara Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat Lalu Lintas*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup Pemerintah Republik Indonesia(1999), *Peraturan Pemerintah Nomor : 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*, Jakarta.
- Starkman, E.S. (1971), *Combustion-Generated Air Pollution*.University of California, Berkeley, USA.
- Seinfeld, J.H. (1986), *Atmospheric chemistry and physics of air pollution*.(Ed.1).Wiley-Interscience.