



ANALISIS PENGARUH LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR DI JALAN PELABUHAN TERHADAP MUTU UDARA AMBIEN

ZAIRIPAN JAYA

Prodi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas (✉ zairipanjaya@rocketmail.com)

Naskah diterima : 23 Oktober 2016. Disetujui: 20 Januari 2017. Diterbitkan : 4 Maret 2017

ASBTRAK

Lalu lintas kendaraan bermotor pada Jalan Pelabuhan Krueng Geukuh berpotensi menimbulkan pencemaran udara ambien, hal ini disebabkan oleh hadirnya polutan yang dihasilkan kendaraan bermotor, diantaranya adalah gas CO dan NO₂. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume lalu lintas di Jalan Pelabuhan Krueng Geukuh pada Tahun 2014 saat pengambilan sampel CO dan NO₂ dan nilai konsentrasi polutan CO dan NO₂ yang dihasilkannya, serta memprediksi konsentrasi polutan CO dan NO₂ pada Tahun 2015-2024. Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data yaitu dengan metode survai, selanjutnya data tersebut digunakan untuk memprediksi konsentrasi polutan CO dan NO₂. Prediksi kedua jenis polutan tersebut menggunakan Metode Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat Lalu Lintas dari Departemen Pekerjaan Umum. Hasil perhitungan volume lalu lintas total dua arah pada Tahun 2014 saat pengambilan sampel CO dan NO₂ adalah 295 kendaraan/jam, menghasilkan mutu polutan CO sebesar 1609,14 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 8,66 µg/Nm³. Nilai konsentrasi yang dihasilkan tersebut dipengaruhi oleh arah angin dominan dari arah Timur ke Barat dengan kisaran kecepatan angin 0,1-1,8 m/det. Volume lalu lintas total dua arah jam puncak Tahun 2015 diprediksi sebesar 362 kendaraan/jam, dan diprediksi menghasilkan konsentrasi polutan CO 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, serta menghasilkan konsentrasi polutan CO sebesar 12,83 µg/m³ dan NO₂ sebesar 0,68 µg/m³, ketika konsentrasi tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin rata-rata 10,0 m/det. Sedangkan volume lalu lintas total dua arah jam puncak pada Tahun 2024 diprediksi sebesar 853 kendaraan/jam, dan diprediksi menghasilkan konsentrasi polutan CO 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, serta diprediksi akan menghasilkan konsentrasi polutan CO sebesar 31,97 µg/m³ dan NO₂ sebesar 1,67 µg/m³, ketika konsentrasi polutan tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin rata-rata 10,0 m/det. Baku mutu udara ambien nasional untuk polutan CO sebesar 30.000 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 400 µg/Nm³. Secara kuantitatif, mutu atau konsentrasi polutan CO dan NO₂ hasil pengukuran Tahun 2014 dan hasil prediksi pada Tahun 2015-2024 di Jalan Pelabuhan Krueng Geukuh masih berada di bawah baku mutu udara ambien nasional.

Kata Kunci : Volume lalu lintas, Kecepatan kendaraan, Polutan CO dan NO₂, Kecepatan angin

1. PENDAHULUAN

Lalu lintas kendaraan bermotor di suatu kawasan perkotaan dan kawasan lalu lintas padat lainnya seperti di kawasan pelabuhan barang akan memberikan pengaruh dan dampak yang signifikan terhadap lingkungan udara ambien. Kendaraan bermotor sebagai objek lalu lintas umumnya berbahan bakar minyak untuk menggerakkan mesin kendaraan. Hasil pembakaran bahan bakar minyak dalam mesin kendaraan bermotor yang terjadi secara tidak sempurna dan dikeluarkan melalui knalpot kendaraan, merupakan residu atau buangan yang menghasilkan zat pencemar atau polutan udara ambien. Polutan yang tersebar di udara ambien berhubungan erat dengan volume lalu lintas kendaraan bermotor yang melintas, yang dikaitkan dengan faktor teknis kendaraan (umur, tenaga, jenis bahan bakar yang digunakan, dan kondisi kendaraan masing-masing kelas kendaraan bermotor), disamping faktor perilaku pengemudi dalam mengendalikan kecepatan kendaraannya. Jenis polutan yang paling banyak tersebar dan dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan bermotor adalah dari jenis gas yaitu Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂). Berdasarkan hasil Evaluasi Kualitas Udara Perkotaan Tahun 2012 dari Deputy Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, menyebutkan bahwa pengukuran polutan udara ambien berupa 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).

Kementerian Perdagangan menerbitkan sebuah regulasi terbaru tentang impor di Pelabuhan Krueng Geukuh Propinsi Aceh. Regulasi baru ini dikeluarkan berdasarkan Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 61/M/DAG/PER/9/2013 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 83/M-DAG/PER/12/2012 tentang Ketentuan Impor Produk Tertentu, dan berlaku sejak Tanggal 30 September 2013. Regulasi ini disertai dengan program pengembangan infrastruktur dermaga konvensional/peti kemas, sehingga diharapkan aktivitas pelabuhan akan semakin meningkat dan target pertumbuhan volume ekspor dan impor rata-rata sebesar 10% per tahun dapat tercapai sesuai harapan pemerintah. Regulasi terbaru di pelabuhan tersebut berpotensi meningkatkan volume lalu lintas kendaraan bermotor di Jalan Pelabuhan Krueng Geukuh, hal tersebut akan menyebabkan berbagai persoalan atau gangguan terhadap lingkungan, salah satunya adalah pencemaran udara ambien. Hadirnya polutan CO dan NO₂ ke udara ambien secara berlebihan dengan kadar melebihi baku mutu udara ambien akan mengganggu keberlangsungan hidup makhluk hidup yang ada di sekitar jalan pelabuhan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui volume lalu lintas pada Tahun 2014 saat pengambilan sampel polutan CO dan NO₂ di Jalan Pelabuhan Krueng Geukuh dan nilai mutu atau konsentrasi polutan CO dan NO₂ yang dihasilkannya, serta prediksi nilai mutu atau konsentrasi polutan CO dan NO₂ pada Tahun 2015-2024 di Jalan yang sama.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas menurut Departemen Pekerjaan Umum (1997), adalah jumlah pergerakan kendaraan bermotor yang melalui suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (Q_{kend}) atau smp/jam (Q_{smp}). Semua nilai volume lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk kendaraan berikut :

- Kendaraan ringan, meliputi mobil penumpang, minibus, truk pickup, dan jeep;
- Kendaraan berat menengah, meliputi truk dua gandar dan bus kecil;
- Bus besar;
- Truk besar, meliputi truk tiga gandar dan truk gandengan (truk peti kemas);
- Sepeda motor.

2.2. Kecepatan kendaraan

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1997), kecepatan kendaraan yaitu kecepatan rata-rata kendaraan dalam satuan km/jam yang dihitung sebagai panjang jalan dibagi waktu tempuh jalan tersebut. Departemen Pekerjaan Umum menggunakan kecepatan perjalanan sebagai ukuran utama kinerja jalan, hal ini karena kecepatan tempuh mudah dimengerti dan diukur. Kecepatan perjalanan didefinisikan dalam sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan sepanjang segmen jalan. Nilai kecepatan rata-rata ruang kendaraan dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$v = \frac{L}{TT} \quad (1)$$

dimana :

- v = kecepatan rata-rata ruang kendaraan (km/jam);
- L = panjang segmen jalan (km);
- TT = waktu tempuh rata-rata dari kendaraan sepanjang segmen (jam).

2.3. Udara Ambien

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara yang dimaksud dengan udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. 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 keberadaannya 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 1.

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)

2.4. Pemodelan Polusi Udara Ambien

Dalam upaya memprediksi polusi udara ambient dibutuhkan suatu model 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.

2.4.1. 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)
 Qp = 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 = 0 (ground level)
- y = 0 meter, lurus terhadap titik sumber dan $\sigma y \approx 1$

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.

$$Q = n \cdot q \tag{4}$$

dimana :

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

Jumlah kendaraan per satuan waktu (n) dihitung berdasarkan volume 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	0,76
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

1. Laju Emisi Gas CO

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

2. Laju Emisi Gas NOx

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

2.5. 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 :

σ_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	-13,0
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 10m sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Korelasi Kelas Stabilitas Atmosfir 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	$7,5 \geq \sigma_\theta > 3,75$

Kelas Stabilitas Pasquill	$\sigma_{\theta} \geq 10$ m, derajat
F	$3,75 \geq \sigma_{\theta} > 2,0$
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.

$$\theta = T - \lambda(z_2 - z_1) \quad (9)$$

dimana :

- = 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) = -0,010K/m,
- z_2 = ketinggian pada pada lapse rate adiabatik
- z_1 = ketinggian pada temperatur aktual.

3. METODOLOGI

Prosedur pada 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 2.

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 Permukiman 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 survai dan perhitungan waktu perjalanan lalu lintas dilakukan dengan cara manual menggunakan Panduan Survai dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas dari Departemen Pekerjaan Umum (1990).

c. Pengumpulan data polutan udara ambien (data primer)

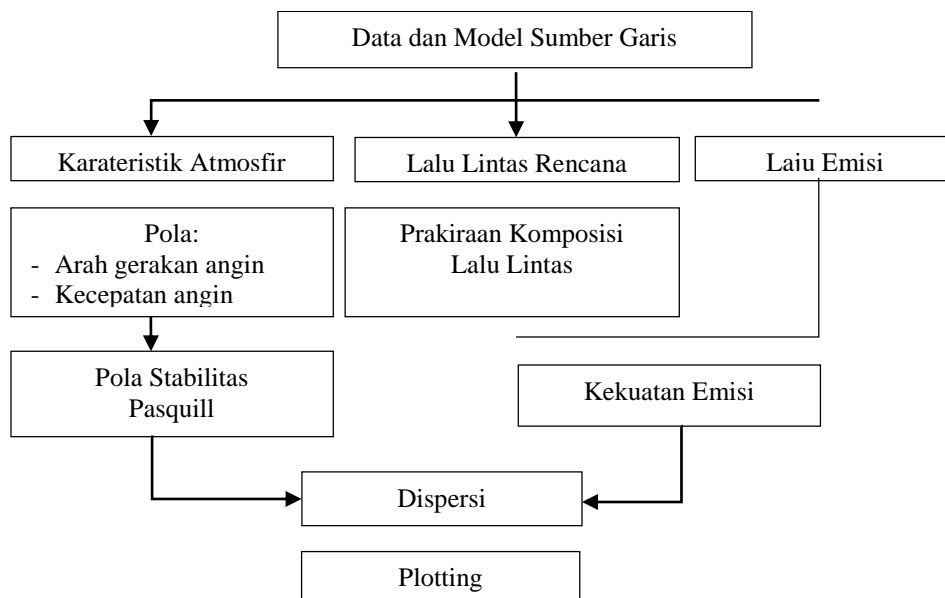
Pengumpulan data udara ambien dilakukan dengan cara mengambil contoh uji gas polutan CO dan NO₂ di jalan (road side) pada kawasan Pelabuhan Krueng Geukuh. Metode yang digunakan untuk mengumpulkan contoh uji udara ambien dilakukan dengan teknik dengan teknik absorpsi menggunakan metode active sampling, 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 dan kecepatan angin rata-rata per jam, 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. Tata cara prediksi konsentrasi polutan secara umum mengikuti pola yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Prediksi Mutu Polutan Udara Ambien (Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1999))

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. 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°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 2.9 adalah 27,05°C. Temperatur rata-rata di lokasi penelitian ditentukan sebesar 28°C.
- Berdasarkan nilai temperatur potensial tersebut, selanjutnya dikorelasikandengan kelas stabilitas atmosfer sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.7. 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 2.6 adalah 27, sedangkan untuk mendapatkan nilai standar deviasi sebaran arah sumbu y (σ_y) dihitung menggunakan Persamaan 2.8 adalah 213.

4.2. Hasil Pengumpulan Data

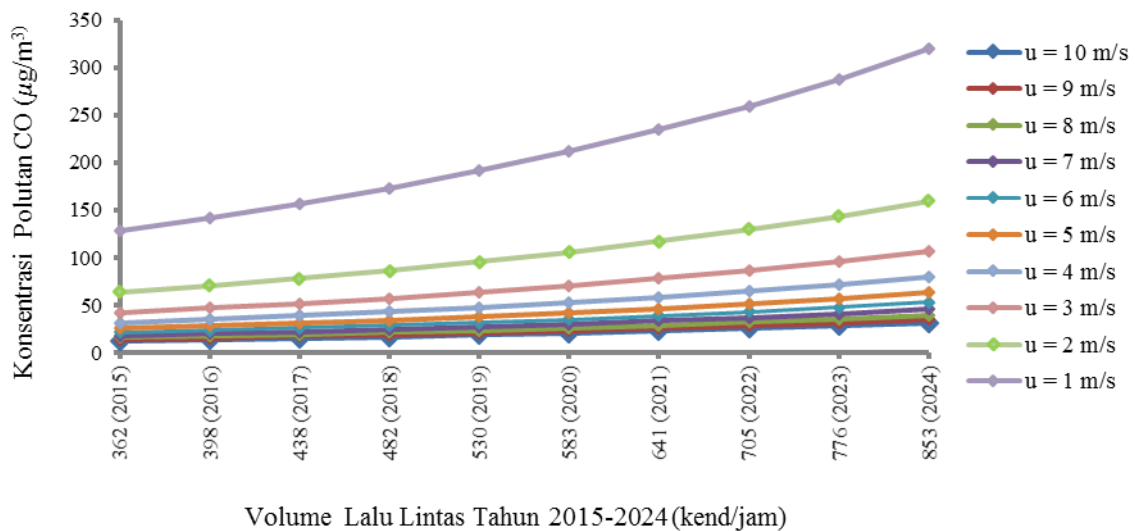
1. Volume lalu lintas dua arah pada Tahun 2014 saat pengambilan sampel CO dan NO₂ sebesar 295 kendaraan/jam, dengan komposisi 14 kendaraan berat (4,75%), 8 kendaraan penumpang (2,71%), dan 273 sepeda motor (92,54%), menghasilkan mutu atau konsentrasi polutan CO sebesar 1609,14 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan NO₂ sebesar 8,66 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Nilai konsentrasi yang diperoleh tersebut dipengaruhi oleh arah angin dominan dari arah 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 30.90C, kelembaban udara 71.2%, dan kecepatan angin 0.1-1.8 m/det.

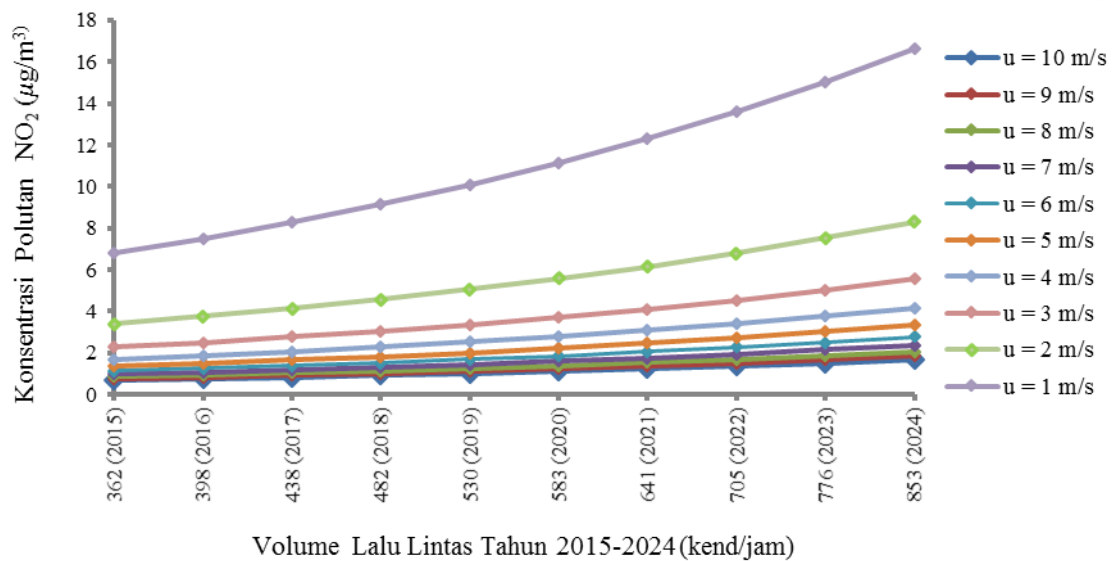
4.3. Analisis Data Hasil Pengukuran dan Hasil Prediksi Konsentrasi Polutan CO dan NO2

Perbedaan nilai konsentrasi polutan CO dan NO2 hasil pengukuran dan hasil perhitungan kemungkinan disebabkan oleh faktor kecepatan angin. Kecepatan angin pada saat pengukuran polutan CO dan NO2 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 NO2 pada Tahun 2015-2024 selanjutnya dilakukan plotting hubungan volume lalu lintas total dua arah jam puncak per tahun dengan konsentrasi polutan CO dan NO2 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 NO2 dengan berbagai variasi kecepatan angin. Grafik korelasi tersebut ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



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



Gambar 3. Grafik Hubungan Volume Lalu Lintas Tahun 2015-2024 dengan Konsentrasi Polutan NO₂, Variasi Kecepatan Angin 1,0-10,0 m/det

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 terlihat bahwa pola garis yang terbentuk dari hubungan volume lalu lintas Tahun 2015-2024 dengan konsentrasi polutan CO dan NO₂ cenderung berbentuk pola garis linier dan eksponensial. Peningkatan volume lalu lintas berbanding lurus dengan peningkatan nilai konsentrasi polutan CO dan NO₂, artinya volume lalu lintas sangat mempengaruhi nilai mutu atau konsentrasi polutan CO dan NO₂. Peningkatan nilai konsentrasi polutan CO dan NO₂ 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 NO₂ 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 NO₂ 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.

5. 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.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Departemen Pekerjaan Umum (1997), Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Nomor 036/T/BM/1997, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Permukiman 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.