

ANALISIS DISPERSI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DARI SUMBER TRANSPORTASI MENGGUNAKAN MODEL METI-LIS

Boy Rangga¹⁾, Yulisa Fitriani²⁾, Dedi Wijayanto²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak

²⁾ Program Studi Teknik Industri Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email: boyrangga1992@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas udara ambien berdasarkan hasil dari road side yang telah dilakukan di 3 lokasi penelitian diperoleh konsentrasi di Jalan Sutan Syahrir adalah sebesar $4.146 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, di Jalan Kom Yos Soedarso sebesar $4.088,34 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$ sedangkan Jalan Ahmad Yani adalah sebesar $3.916,56 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Jika dibandingkan dengan baku mutu udara PP RI No 41 Tahun 1991 maka tingkat pencemaran yang berada di 3 lokasi penelitian ini masih dibawah ambang baku mutu dan tergolong aman dimana batas dari ambang baku mutu untuk gas karbon monoksida (CO) yaitu $10.000 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Untuk mengetahui pola penyebaran polutan gas CO dan kondisi kualitas udara ambien di Kota Pontianak digunakan pemodelan dispersi yakni model METI-LIS ver 2.03. Konsentrasi berdasarkan hasil pemodelan menunjukan semakin kearah selatan konsentrasi pencemar semakin tinggi yang disebabkan karena kecepatan angin dengan kecepatan $3,6-5,7 \text{ m/s}$ berhembus dari arah utara menuju keselatan. Tingkat konsentrasi tertinggi berdasarkan hasil pemodelan dengan Meti-lis di lokasi penelitian Jalan Ahmad Yani sebesar $9.395,24 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, pada lokasi Jalan Sutan Syahrir sebesar $3.639,45 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$ sedangkan di Jalan Kom Yos Soedarso sebesar $2.849,61 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Jika dibandingkan dengan baku mutu udara maka tingkat pencemaran masih dibawah ambang baku mutu udara khususnya gas pencemar karbon monoksida (CO). Tingkat akurasi dan validitas hasil perhitungan model dengan pengukuran di lapangan masih rendah dan tidak dapat terpenuhi karena nilai RMSPE >10%. Hal ini disebabkan karena tidak diperhitungkannya konsentrasi sumber-sumber pencemar lain pada wilayah penelitian serta dalam pemodelan tidak terdapat informasi seperti terdapat tanaman ataupun hutan kota yang dapat mereduksi polutan CO yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

Kata Kunci: line source, pemodelan dispersi, METI-LIS ver 2.0, isopleths, validasi

ABSTRACT

Compared with the air quality standard PP RI No. 41 Year 1991, the contamination level is located at 3 study sites is still below the quality standards and is safe, the limit of the threshold quality standards for carbon monoxide (CO) is $10,000 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. To determine the pattern of dispersion pollutants CO and conditions of the ambient air quality in the city of Pontianak use dispersion modeling the METI-LIS model version 2.03. Concentration based on the modeling results indicate more to southwards the pollutant concentrations is higher due to the wind speed at the speed of $3,6-5,7 \text{ m/s}$ blowing from north to south. The highest concentration level based on the results of modeling with Meti-lis at the study site Ahmad Yani street at $9.395,24 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, at the location of Sutan Syahrir is $3.639,45 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$ and in the street Kom Yos Soedarso is $2.849,61 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Compared with the air quality standards are still below the threshold level of pollution air quality pollutant gases, especially carbon monoxide (CO). The level of accuracy and validity of the results of model calculations with measurements in the field is low and can not be fulfilled because the RMSPE values > 10%. This is caused by not accounting for the concentration of other pollutant sources in the study area as well as in the modeling of information as there are no plants or urban forest can reduce CO pollutants generated by motor vehicles.

Key Words : line source, model of dispersion, METI-LIS ver 2.0, isopleths, validation

PENDAHULUAN

Perkembangan Kota Pontianak yang semakin pesat, ditambah dengan perkembangan penduduk yang semakin meningkat telah membuat sistem transportasi jalan raya mengalami tingkat kompleksitas yang tinggi. Pesatnya perkembangan tersebut, meningkatkan permasalahan pencemaran udara yang bersumber dari transportasi. Salah satu sumber utama pencemar diperkotaan adalah emisi dari kendaraan bermotor. Dampak lingkungan yang dihasilkan salah satunya adalah polusi udara yang menyebabkan menurunnya kualitas udara ambien. Luthfi pada tahun 2008 menuliskan bahwa WHO pada tahun 2004 melakukan penelitian dan menyatakan bahwa kontribusi pencemaran CO dari industri dan kendaraan bermotor (transportasi) sebesar 98 %. Dampak yang ditimbulkan dari gas CO ini dapat membahayakan bagi kesehatan. Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan Kota Pontianak jalan raya di

Kota Pontianak yang mempunyai kepadatan lalu lintas dengan karakteristik kepadatan lalu lintas yang sama yaitu Jalan Ahmad Yani, Jalan Kom Yos Sudarso dan Jalan Sutan Syahrir. Ketiga jalan tersebut merupakan daerah padat perkantoran dan persekolahan serta pemukiman sehingga sering dijadikan lalu lintas utama masyarakat. Upaya untuk mengetahui pola dispersi polutan dari sektor transportasi, maka diperlukan analisa lebih lanjut mengenai tingkat konsentrasi dari zat pencemar berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1991 terutama gas karbon monoksida (CO) dari gas buang kendaraan bermotor. Sehingga dapat diketahui bagaimana pola dispersi gas CO di jalan raya dan dapat dijadikan pertimbangan untuk pengambilan keputusan dalam menanggulangi pencemaran udara dari sektor transportasi. Salah satu model matematis penyebaran polutan sumber garis (*line source*) adalah Gaussian model dengan menggunakan program *Meti-lis* sehingga dapat memprediksikan dispersi zat pencemar karbon monoksida (CO) di jalan raya.

METODE PENELITIAN

Persiapan Penelitian

Tahap pertama adalah mengidentifikasi masalah yang dilakukan untuk perumusan masalah mengenai sumber pencemaran gas karbon monoksida (CO) di jalan yang mempunyai karakteristik kepadatan kendaraan yang sama dan mewakili daerah peruntukan lahan. Kemudian menentukan parameter yang akan diukur dan di analisa pola dispersinya mengacu pada PP No.41 tahun 1999 tentang baku mutu udara ambien terutama gas karbon monoksida (CO). Tahap berikutnya adalah menentukan lokasi studi yakni di Jalan Ahmad Yani, Jalan Sutan Syahrir dan Jalan Kom Yos Soedarso di Kecamatan Pontianak Kota.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada tahap awal yaitu pengumpulan data primer berupa volume kepadatan kendaraan yang dihitung berdasarkan jenis kendaraan berdasarkan pada **Tabel 1** dibawah ini :

Tabel 1. Form Perhitungan Jumlah Kendaraan

Kendaraan Penumpang						Kendaraan Angkutan Barang					Sepeda Motor
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
											
Sedan off	Angkot off	Bis Mikro (L - 300-400)	Bis	Pick Up	Truk 2 aks 4 roda	Truk 2 aks 6 roda	Truk 3 aks	Truk 4 aks	Truk 5 aks	Truk 6 aks	Sepeda Motor Scooter

Selain data jumlah kendaraan, diperlukan titik koordinat penyemplingan CO yang diperoleh dengan menggunakan GPS (Global Positioning System). Data pemantauan kualitas udara road side di Jalan Ahmad Yani, Jalan Kom Yos Sudarso dan Jalan Sutan Syahrir yang dilakukan pada hari yang sama menggunakan alat dari Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Kalimantan Barat. Data ini digunakan sebagai akurasi model yang digunakan yaitu konsentrasi gas karbon monoksida (CO). Selain itu diperlukan data sekunder berupa data meteorologi yang diperoleh di BMKG Supadio seperti kecepatan angin, arah angin, temperatur, dan lama penyinaran matahari serta peta Kota Pontianak yang diperoleh dari BAPPEDA Kalimantan Barat. Data berikutnya adalah data faktor emisi yakni data satuan massa polutan per jarak tempuh (gr/km) yang diperlukan untuk mengkonversi data volume transportasi ke dalam bentuk laju emisi. Adapun data faktor emisi dapat dilihat pada **Tabel.2**.

Tabel 2. Data Faktor Emisi Indonesia

Kategori	CO	HC	NOx	PM ₁₀	CO ₂
	(gr/km)	(gr/km)	(gr/km)	(gr/km)	(gr/kgBBM)
Sepeda motor	14	5.9	0.29	0.24	3180
Mobil Penumpang	32.4	3.2	2.3	0.12	3178
Mobil	40	4	2	0.01	3180
Bis	11	1.3	11.9	1.4	3172
Truk	8.4	1.8	17.7	1.4	3172

Sumber : Suhadi, 2008

Pengolahan Data dan Analisis

Sebelum dilakukan input data kedalam METI-LIS, data meteorologi harus terlebih dulu diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Inputisasi dan penyimpanan data tersebut harus sesuai dengan format yang diinginkan METI-LIS yakni dalam bentuk file "amedas.in.csv" (lihat **Tabel 3**), jika ingin mengolah didasarkan pada musim yang berlaku di Indonesia maka dapat mengolahnya pada "Hour/season sectioning" yang disimpan dalam file "timecode.in.csv". Pada pengolahan data meteorologi

ini juga ditujukan untuk membuat *wind rose* dengan menggunakan WRPLOT yang merupakan bagian dari METI-LIS. Kemudian pengolahan data emisi transportasi yakni dalam bentuk laju emisi rata-rata (gr/km/jam) agar data emisi transportasi dapat dimasukkan ke dalam METI-LIS. Proses konversi data emisi dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n (EF_i \times V_i)}{T} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- Q : Beban emisi rata-rata (gram/m/h)
 EF_i : Faktor emisi kendaraan setiap jenis kendaraan (gram/m)
 V : Jumlah kendaraan sesuai jenis
 i : Jenis kendaraan
 T : Lama waktu pengamatan (jam)

Tahap selanjutnya adalah penginputan data seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel.4** dan simulasi model dilakukan setelah data-data yang diperlukan telah sesuai dengan format yang diinginkan oleh METI-LIS.

Tabel 3. Format Data Meteorologi Dalam METI-LIS (amedas.in.csv)

Line	Quantity	Definition (units)
1	Longitude (F)	Possitive for station EAST of Greenwich (0)
	Latitude (F)	Possitive for station North of Equator (0)
	Anemometer height (F)	(m)
	Time Zone (I)	Possitive for stasions East of Greenwich (-) (eg. 9 in japan)
2	Number of data records (I)	Number of line from line 3 on
3	Year I)	western year format
	Month (I)	-
	Date (I)	-
	Hour (I)	1-24
	Wind Direction (I)	0-16
	Wind Speed(F)	(m/s)
	Temperature (F)	(K)
	Sunlight Ratio (F)	0-1
	Solar Radiation (F)	MJ/m2/h

Tabel 4. Input Model METILIS

Line Source	Parameter		Satuan
	Line Source Information	Koordinat Lokasi	m
		Lebar jalan	m
		Emission Rate (laju emisi)	gr/km/jam
Receptor	Grid	Koordinat Titik Sudut Grid Area	(0,Y) m
		Ukuran Domain (lebar x tinggi)	m
		Jumlah Grid	80 x 80
		Ketinggian Receptor	1,5 m
Building	Building Information	Koordinat letak bangunan	(X,Y)
		Tinggi Bangunan	m
Meteorologi	Lihat Tabel 3		

HASIL DAN PEMBAHASAN

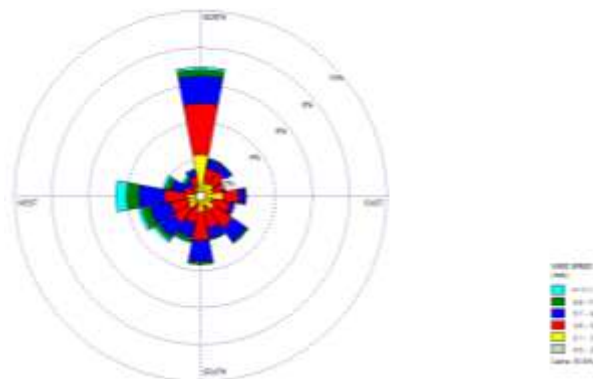
Kondisi Arah dan Kecepatan Angin

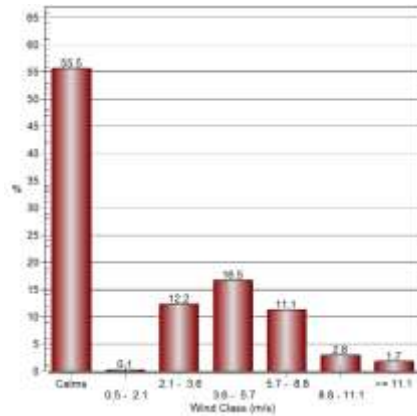
Salah satu faktor yang mempengaruhi dispersi atau penyebaran polutan adalah kecepatan dan arah angin. Menganalisis kondisi meteorologi khususnya untuk arah dan kecepatan angin adalah dengan menggunakan *wind rose*. *Wind rose* merupakan hasil olah data meteorologi menggunakan WRPLOT yang digunakan untuk mengetahui presentase distribusi kejadian arah dan kecepatan angin dalam satu periode waktu bulanan atau tahunan.

Tabel 5. Format Data Samson File

No	Data Field Name	Excel Column Name	Unit in Excel File	Number Type
1	Year	A	N/A	YY, YYYY
2	Month	B	N/A	1 to 12
3	Day	C	N/A	1 to 31
4	Hour	D	01 to 24	01 to 24
5	Wind Direction	E	Degrees	Integer
6	Wind Speed	F	m/s	Decimal

Setelah data diolah kedalam *wind rose* maka hasil dari distribusi arah dan kecepatan angin :





Gambar 2. Distribusi Kecepatan Angin

Berdasarkan diagram tersebut frekuensi arah angin tenang (*calms*) sebesar 55,5 %. Frekuensi kecepatan angin 3,6 – 5,7 m/s sebesar 16,5 %, kecepatan angin 2,1-3,6 m/s sebesar 12,2 % dan kecepatan angin 5,7-8,8 m/s sebesar 11,1 %.

Hasil Survei Kepadatan Lalulintas dan Perhitungan Beban Emisi Jalan Ahmad Yani

Hasil survei yang telah dilakukan di ketiga lokasi penelitian ini dilakukan untuk pengambilan data volume kendaraan pada ruas Jalan. Ahmad Yani I ke arah Bundaran Untan menuju Kantor Gubernur dan volume kendaraan pada ruas Jalan.

Tabel 6. Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Ahmad Yani I

Tabel 3. Volume Lada Entas Ruas Jalan Ahmad Yani I			
No	Nama Ruas Jalan	Periode	Volume (buah)
1	Jl. Ahmad Yani I Arah Bundaran Untan – Kantor Gubernur	Pagi	21.255
		Siang	21.636
		Sore	15.805
		Malam	14.523
2	Jl. Ahmad Yani I Arah Kantor Gubernur – Bundaran Untan	Pagi	19.789
		Siang	22.854
		Sore	17.450
		Malam	16.308
Jumlah			149620

Sumber: Data Hasil Survei BLHD Provinsi, 2013

Perhitungan laju emisi dihitung menggunakan **persamaan 1** dengan menggunakan faktor emisi pada **tabel 2** dan berikut adalah hasil dari perhitungan tersebut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan Beban Emisi Rata-Rata gas CO Jalan Ahmad Yani

Jenis Kendaraan	Jumlah (buah)	Beban Emisi (g/m/h)
Sepeda Motor	117.096	102,46
Mobil	26.954	67,39
Bis	307	0,21
Truk	4.984	2,62
Total		172,67

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Berdasarkan tabel diatas, kepadatan kendaraan yang mendominasi di Jalan Ahmad Yani adalah sepeda motor dengan jumlah kendaraan yang melintas adalah 117.096 buah dengan laju emisi rata-rata yang dihasilkan 102,46 gr/m/h. Beban emisi rata-rata total yang dihitung sebesar 172,67 g/m/h.

Jalan Sutan Syahrir

Data yang diambil adalah volume kendaraan pada ruas Jalan Sutan Syahrir (Lampu Merah ke arah Bundaran Kota Baru) dan volume kendaraan pada ruas Jalan Sutan Syahrir (Bundaran Kota Baru ke arah Lampu Merah) disajikan pada **Tabel 8** :

Tabel 8. Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Sultan Syahrir

No	Nama Ruas Jalan	Periode	Volume (buah)
1	Jl. Sultan Syahrir Arah Lampu Merah – Bundaran Kota Baru	Pagi	5.307
		Siang	10.753
		Sore	5.708
		Malam	5.420
2	Jl. Sutan Syahrir Arah Bundaran Kota Baru- Lampu Merah	Pagi	9.220
		Siang	10.684
		Sore	7.413
		Malam	4.317
Jumlah			58.822

Sumber: Data Hasil Survei BLHD Provinsi, 2013

Berikut adalah perhitungan laju emisi yang dihasilkan di Jalan Sutan Syahrir:

Tabel 9. Hasil Perhitungan Beban Emisi Rata-Rata gas CO Jalan Sutan Syahrir

Jenis Kendaraan	Jumlah (buah)	Beban Emisi (g/m/h)
Sepeda Motor	49.499	43,31
Mobil	71.44	17,86
Bis	226	0,16
Truk	1.863	0,98
Total		62,31

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Berdasarkan tabel diatas, kepadatan kendaraan yang mendominasi di Jalan Ahmad Yani adalah sepeda motor dengan jumlah kendaraan yang melintas adalah 49.499 buah dengan laju emisi rata-rata yang dihasilkan 43,31gr/m/h. Beban emisi rata-rata total yang dihitung sebesar 62,31 g/m/h.

Jalan Kom Yos Soedarso

Data yang diambil adalah volume kendaraan pada ruas Jalan Kom Yos Soedarso ke arah Pelabuhan menuju Perum I dan volume kendaraan pada ruas Jalan Kom Yos Soedarso ke arah Perum I Menuju Pelabuhan disajikan pada **Tabel 10**:

Tabel 10. Volume Lalu Lintas Ruas Jalan Kom Yos Sudarso

No	Nama Ruas Jalan	Periode	Volume (buah)
1	Jl. Kom Yos Soedarso	Pagi	12.971
	Arah Pelabuhan – Perum I	Siang	8.792
		Sore	5.938
		Malam	4.337
2	Jl. Kom Yos Soedarso	Pagi	4.928
	Perum I – Pelabuhan	Siang	6.825
		Sore	5.622
		Malam	4.047
Jumlah			53.460

Sumber: Survei lalulintas BLHD Provinsi, 2013

Tabel 11. Perhitungan Beban Emisi Jalan Kom Yos Soedarso

Jenis Kendaraan	Jumlah	Beban Emisi (g/m/h)
Sepeda Motor	45.775	40,05

Mobil	3.548	8,87
Bis	955	0,66
Truk	2.937	1,54
Total		51,12

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Berdasarkan tabel diatas, kepadatan kendaraan yang mendominasi di Jalan Ahmad Yani adalah sepeda motor dengan jumlah kendaraan yang melintas adalah 45.755 buah dengan laju emisi rata-rata yang dihasilkan 40,05 g/m/h. Beban emisi rata-rata total yang dihitung sebesar 51,12 g/m/h.

Hasil Road Side dan Pemodelan Meti-lis

Jalan Ahmad Yani

Data untuk hasil *roadside* yang diambil menggunakan CO meter yang dilakukan selama 24 jam sebesar 3.916,56 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Mengacu pada PP RI. No. 41 Tahun 1991 konsentrasi kadar CO mash didalam keadaan yang aman karena standar baku mutu udara ambien untuk gas CO sebesar 10.000 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$.

Berikut adalah hasil *ishoplet* Jalan Ahmad Yani:



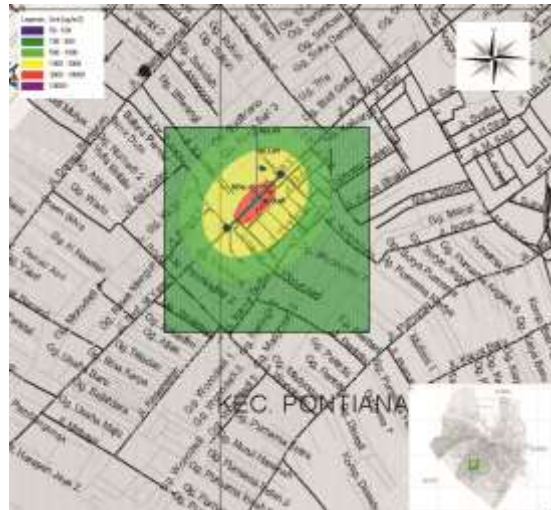
Sumber: Hasil Analisis, 2014

Gambar 3. *Ishoplet* Polutan CO Jalan Ahmad Yani

Berdasarkan gambar diatas terdapat beberapa klasifikasi konsentrasi berdasarkan warna yaitu merah dengan konsentrasi 3.000-10.000 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, warna kuning 1.000-3.000 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, warna hijau muda 500-1.000 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$ dan warna hijau tua dengan konsentrasi 100-500 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Hasil dari pemodelan diatas tingkat konsentrasi tertinggi berada pada titik 1.069,93 (m) x 437,03 (m) tepat ditengah-tengah warna merah tersebut dengan konsentrasi 9.395,24 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Berdasarkan hasil dari *windrose* bahwa angin bergerak dari arah Utara menuju ke Selatan. Hal ini berakibat pada penyebaran polutan dalam penelitian ini adalah CO semakin ke arah selatan konsentrasi akan semakin meninggi sampai ke titik konsentrasi tertinggi pada lokasi tersebut. Daerah yang berbahaya dari hasil pemodelan di lambangkan dengan warna merah. Radius penyebaran gas pencemaran karbon monoksida di Jalan Ahmad Yani khususnya daerah yang terletak di zona merah sebesar 480,04 m². Zona Kuning yang terindikasi dalam pemodelan tersebar dengan radius penyebaran seluas 1.216,56 m².

Jalan Sutan Syahrir

Hasil *road side* yang diambil menggunakan CO meter yang dilakukan selama 24 jam sebesar 4.146 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Mengacu pada PP RI. No. 41 Tahun 1991 konsentrasi kadar CO mash didalam keadaan yang aman karena standar baku mutu udara ambien untuk gas CO sebesar 10.000 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Berikut adalah hasil *ishoplet* Jalan Sutan Syahrir:



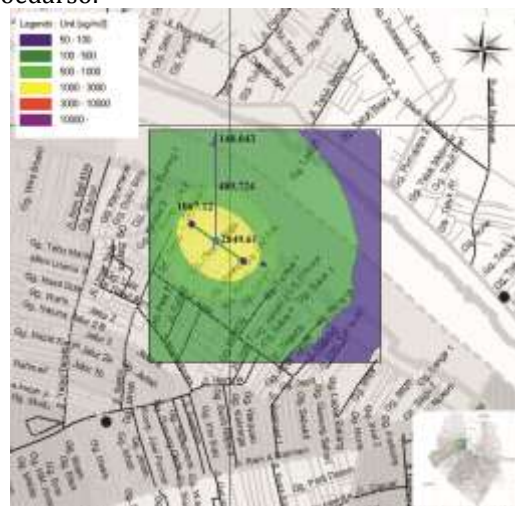
Sumber: Hasil Analisis, 2014

Gambar 4. *Ishople* Polutan CO Jalan Sutan Syahrir

Hasil dari pemodelan diatas tingkat konsentrasi tertinggi berada pada titik 748,84 (m) x 546,98 (m) tepat ditengah-tengah warna merah tersebut dengan konsentrasi 3.639,45 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Hasil dari pemodelan di jalan Sutan Syahrir yang diperoleh konsetrasi polutan CO yang dihasilkan masih dibawah ambang baku mutu berdasarkan PP RI No. 41 Tahun 1991. Zona penyebaran gas karbon monoksida khususnya zona merah meliputi radius seluas 382,555 m². Sedangkan untuk zona kuning wilayah penyebarannya seluas 2.778,6 m².

Jalan Kom Yos Soedarso

Hasil roadside yang diambil menggunakan CO meter yang dilakukan selama 24 jam sebesar 4.088,34 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Mengacu pada PP RI. No. 41 Tahun 1991 konsentrasi kadar CO mash didalam keadaan yang aman karena standar baku mutu udara ambien untuk gas CO sebesar 10.000 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Berikut adalah hasil *ishople* Jalan Kom Yos Soedarso:



Sumber: Hasil Analisis, 2014

Gambar 5. *Ishople* Polutan CO Jalan Kom Yos Soedarso

Hasil dari pemodelan diatas tingkat konsentrasi tertinggi berada pada titik 721,51 (m) x 967,96 (m) tepat ditengah-tengah warna merah tersebut dengan konsentrasi 2.849,61 $\mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Jika dibandingkan dengan 2 lokasi yang berbeda, lokasi penelitian yang berada di Jalan Kom Yos Soedarso memiliki konsentrasi terendah hal ini dikarenakan jumlah kendaraan yang lalu lintas di jalan tersebut paling rendah dibandingkan dengan 2 lokasi sebelumnya yaitu jalan Sutan Syahrir dan jalan Ahmad Yani. Sehingga tidak terdapat warna merah dari hasil *ishople* pada lokasi ini. Daerah yang terindikasi zona kuning seluas 1.161,92 m².

Validasi Model

Validasi model METI-LIS dilakukan cukup dengan membandingkan nilai konsentrasi di 6(enam) titik validasi hasil simulasi SO₂ pada hari kerja berdasarkan periode tahunan yakni tahun 2010 dengan hasil pengukuran dilapangan. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 12**. Validasi model ini dilakukan dengan metode *Root Mean Square Percent Error* (RMSPE) yang digunakan untuk mengkuantifikasi besar dan sifat error yang terjadi. RMSPE mengukur rata-rata prosentase perbedaan antara data aktual dan hasil simulasi, dengan menggunakan rumus (Sterman, 2000 dalam Nurtarikasmalini, 2010) :

$$\text{RMSPE} = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\sum_{n=1}^n \left(\frac{St - At}{At} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots(2)$$

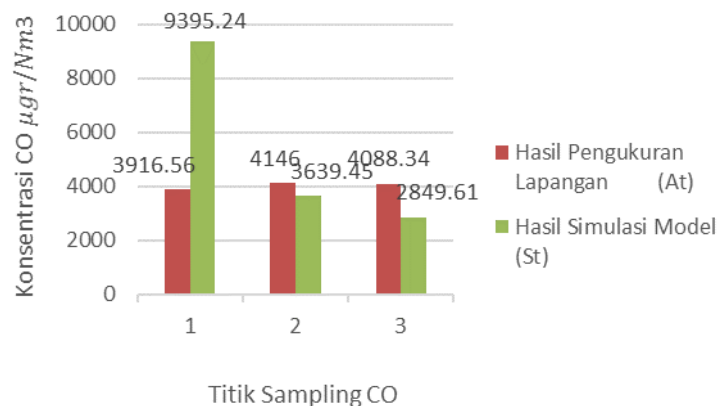
Dimana RMSPE : *Root Mean Square Percent Error*
 St : Nilai simulasi pada waktu t
 At : Nilai aktual pada waktu t
 n : Jumlah pengamatan (t=1,2,.....,n)

Tabel 12. Hasil Perhitungan Validasi Model (RMSPE)

No	Hasil Pengukuran Lapangan (At)	Hasil Simulasi Model (St)	$\left[\sqrt{\frac{1}{n} \left(\frac{At - St}{At} \right)^2} \right] \times 100$
1	3916,56	9395,24	58,31
2	4146	3639,45	13,92
3	4088,34	2849,61	43,47
RMSPE			<10

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Tingkat akurasi dan validitas hasil perhitungan model dengan pengukuran di lapangan tidak dapat terpenuhi karena nilai RMSPE >10%. Untuk kurva perbandingan hasil simulasi model dan hasil pengukuran di lapangan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi CO Hasil Model dan Pengukuran Lapangan

Pada kurva diatas terliha perbedaan hasil simulasi dan aktual. Diagram nomor 1 menunjukan perbedaan pengukuran pada lokasi Jalan Ahmad Yani. Pengukuran aktual diperoleh hasil dengan konsentrasi $3.916,36 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$ sedangkan hasil pemodelan meningkat dengan drastis dengan nilai $9.395,24 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Perbedaan hasil pengukuran dalam pemodelan dan aktual disebabkan karena dalam pemodelan tidak memperhitungkan hutan kota dalam penelitian ini adalah aboretum yang dapat menjadi pereduksi gas pencemar karbon monoksida. Hal ini diperjelas dengan manfaat hutan kota yang ditulis oleh Gratimah pada tahun 2009 bahwa manfaat hutan kota menurut Direktorat Pengolahan Aliran Sungai (DAS) dan Rehabilitasi Departemen Kehutanan adalah sebagai identitas kota dan estetika, pelestarian plasma nutfah dan penyaring partikel padat, penyerap CO, CO₂, dan penghasil O₂ peredam kebisingan dan penahan angin. Nany pada tahun 2008 mengungkapkan bahwa beberapa tanaman yang terdapat dalam hutan kota harus disesuaikan dalam peruntukannya seperti mereduksi gas CO beberapa tanaman didalam penelitiannya dapat mereduksi gas CO hingga 92 % . Selain itu faktor yang mempengaruhi tingkat konsentrasi di Jalan Ahmad Yani adalah suhu dan kecepatan angin. Noviani pada tahun 2013 menjelaskan bahwa pada suhu udara yang tinggi membuat densitas udara permukaan bumi menjadi lebih rendah dari pada udara diatasnya sehingga menyebabkan terjadinya aliran konveksi keatas yang membawa berbagai polutan sehingga menyebabkan konsentrasi polutan menjadi lebih rendah. Selain itu Noviani juga menjelaskan bahwa konsentrasi pencemar berbanding terbalik dengan kecepatan angin dimana semakin besar kecepatan angin yang berhembus maka konsentrasi pencemar akan semakin rendah karena konsentrasi pencemar terdispersi kesegala arah.

Diagram nomor 2 menunjukan perbedaan hasil pengukuran di Jalan Sutan Syahrir antara nilai aktual yang lebih tinggi dibandingkan nilai simulasi. Hal ini disebabkan karena didalam pemodelan tidak diperhitungkannya sumber emisi lain seperti rumah tangga atau kegiatan lain yang menghasilkan gas karbon monoksida. Selain itu kondisi arah angin pada saat pengambilan sampling menentukan konsentrasi pencemar. Data kecepatan angin pada saat pengambilan sampel CO yang terendah yaitu 0,4 m/s sehingga konsentrasi pencemar CO tidak dapat terdispersi kesegala arah dan menyebabkan konsentrasi pencemar CO lebih tinggi.

Sedangkan diagram nomor 3 menunjukan hasil pengukuran aktual dan simulasi di Jalan Kom Yos Soedarso. Perbedaan ini disebabkan oleh dilokasi penelitian ini terdapat aktifitas pelabuhan yang juga menyumbang karbon monoksida dan terdapat sektor-sektor lain seperti industri rumah tangga yang ada disekitar lokasi penelitian. Basri pada tahun 2009 menjelaskan menurut PP No. 41 tahun 1999 bahwa sumber pencemaran berupa kapal laut dan aktivitas kendaraan berat lainnya termasuk dalam sumber pencemaran bergerak spesifik. Disekitar lokasi penelitian terdapat aktifitas pelabuhan seperti kapal laut ataupun alat berat yang dapat menjadi sumber pencemaran udara terutama gas karbon monoksida (CO).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pemodelan yang telah dilakukan kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil *road side* di 3 lokasi penelitian konsentrasi yang diperoleh di Jalan Sutan Syahrir adalah sebesar $4.146 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, Jalan Kom Yos Soedarso sebesar $4.088,34 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, sedangkan di Jalan Ahmad Yani adalah sebesar $3.916,56 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Jika dibandingkan dengan sumber baku mutu udara PP RI No 41 Tahun 1991 maka tingkat pencemaran yang berada di 3 lokasi penelitian ini masih dibawah ambang baku mutu dan tergolong aman.
- Pola dispersi gas pencemar CO pada 3 lokasi cenderung membentuk lingkaran yang disebabkan karena kecepatan angin dominan adalah angin tenang sehingga gas pencemar bergerak merata. Sedangkan konsentrasi berdasarkan hasil pemodelan menunjukan semakin kearah utara konsentrai pencemar semakin berkurang ini disebabkan karena kecepatan angin dengan kecepatan 3,6-5,7 m/s berhembus dari arah utara menuju keselatan. Tingkat konsentrasi tertinggi berdasarkan hasil pemodelan dengan *Meti-lis* di lokasi penelitian Jalan Ahmad Yani sebesar $9.395,24 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$, pada lokasi Jalan Sutan Syahrir sebesar $3.639,45 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$ sedangkan di Jalan Kom Yos Soedarso sebesar $2.849,61 \mu\text{gr}/\text{Nm}^3$. Jika dibandingkan dengan baku mutu udara maka tingkat pencemaran masih dibawah ambang baku mutu udara khususnya gas pencemar karbon monoksida (CO).
- Konsentrasi hasil pemodelan dengan hasil aktual tidak akurat dikarenakan nilai validasi RMSPE yang tidak memenuhi kriteria dengan nilai validasi lebih dari 10 %. Perbedaan ini disebabkan karena nilai pemodelan tidak memperhitungkannya sumber emisi lain yang ada pada lokasi

penelitian serta kondisi eksisting yang ada di lokasi penelitian seperti hutan kota yang dapat mereduksi gas pencemar tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan selesainya penelitian ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ALLAH SWT, kedua orang tua, kedua dosen pembimbing yaitu Ibu Yulisa Fitrianingsih dan Bapak Dedi Wijayanto serta kepada teman-teman Teknik Lingkungan 2010 dan semua orang yang telah berperan dalam membantu penelitian yang tidak dapat di ucapkan satu persatu. Harapan saya penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, Iwan Setiawan. 2010. *Pencemaran Udara Dalam Antisipasi Teknis Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan*. Jurnal SMARTek, Vol. 8, No. 2. 120-129
- Gratimah, RD Gutti. 2009. *Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂ Antropogenik Di Pusat Medan*. Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Kusminingrum, Nany. 2008. *Potensi Tanaman Dalam Menyerap CO₂ Dan CO Untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global*. Jurnal Permukiman Vol. 3. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung
- Noviani, Elaeis, dkk. 2013. *Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologis (Suhu dan Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar CO, NO₂, dan SO₂ Pada Persimpangan Jalan Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Karangrejo Raya, Sukun Raya dan Ngesrep Timur V*. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Nurtarikasmalini. (2010) : *Analisis Pengelolaan Limbah Padat Dari Fasilitas Kesehatan Dengan Menggunakan System Dinamik (Studi Kasus : Kota Cimahi)*, Tesis Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang *Pengendalian Pencemaran Udara*
- Suhadi, D. R. 2008. *Penyusunan Petunjuk Teknis Perkiraan Beban Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor Di Indonesia*. Kementrian Lingkungan Hidup