

TINGKAT PENCEMARAN UDARA CO AKIBAT LALU LINTAS DENGAN MODEL PREDIKSI POLUSI UDARA SKALA MIKRO

Sandri Linna Sengkey

Alumni Pascasarjana S2 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

Freddy Jansen

Dosen Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi

Steenie Wallah

Dosen Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Pencemaran udara memberi dampak negatif bagi kesehatan manusia akibat polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor. Dari beberapa jenis polutan yang dihasilkan, CO merupakan salah satu polutan yang paling banyak yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya konsentrasi CO yang dikeluarkan oleh lalu lintas kendaraan bermotor khususnya di ruas jalan Sam Ratulangi Manado. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melalui survei dan observasi lapangan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan pemodelan polusi udara skala mikro. Untuk menentukan persentase CO yang ditimbulkan oleh lalu lintas yaitu dengan membandingkan hasil perhitungan pemodelan dengan hasil pengukuran udara ambient. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi gas CO akibat lalulintas di ruas jalan Sam Ratulangi Manado berkisar 7242,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai 15577,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, belum melampaui ambang batas baku mutu udara ambient nasional. Dari jumlah polutan CO yang ada di udara, 80,22% - 92,00% berasal dari kendaraan bermotor.

Kata Kunci : kendaraan bermotor, polutan, CO

ABSTRACT

Air pollution gives a negative impact to human health due to pollutants released by motor vehicles. From the several kinds of pollutants generated, CO is one of the most pollutants released by motor vehicles. The purpose of this study is to determine the concentration of CO generated by traffic, especially in the Sam Ratulangi road Manado. The method was used in this research are survey and field observation. Data analysis was performed using micro-scale air pollution modeling. And to determine the percentage of CO generated by traffic is by comparing the results of modeling calculations with the results of ambient air measurement. The results showed that gas concentration of CO due to traffic in the Sam Ratulangi road Manado, between 7242.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 15577.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, is below the national ambient quality standard. The pesentage of CO in air, 80.22 % - 92.00 % comes from motor vehicles.

Keywords : motor vehicles, pollutant, CO

PENDAHULUAN

Di bidang transportasi, khususnya didaerah perkotaan, kemajuan ini terlihat dengan semakin banyaknya jumlah kendaraan yang ada dan terus bertambah dari tahun ke tahun. Kemajuan ini juga seiring dengan mening-katnya populasi penduduk perkotaan, meningkatnya ekonomi masyarakat serta aktivitas kerja yang tinggi. Meningkatnya ekonomi masyarakat perkotaan juga menjadi salah satu alasan semakin cepatnya pening-katan jumlah kendaraan bermotor ditambah lagi dengan berbagai kemudahan yang diberikan dealer untuk dapat memperoleh kendaraan. Aktivitas kerja masyarakat kota yang tinggi, sangat bergantung pada sarana

transportasi dalam hal ini kendaraan bermotor. Jarak tempat tinggal dan tempat kerja yang jauh, tidak akan sulit ditempuh jika ada sarana transportasi.

Kemajuan di bidang transportasi dapat dilihat berdasarkan data Ditlantas Polda Sulut. Sejak 2005 sampai Juni 2010 peningkatan kendaraan roda dua sebesar 87, 95%, sedangkan kendaraan roda empat ke atas sebesar 40,59 %. Data dari UPTD Samsat juga cukup mencengangkan, yakni rata-rata pertambahan kendaraan baru untuk roda dua 40 unit perhari dan roda empat ke atas 12 unit kendaraan perhari. Hal ini tentunya perlu diimbangi dengan sarana jalan yang memadai. Tapi berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas PU,

hampir tidak ada pembangunan jalan baru. Yang ada hanya pelebaran jalan Bandara Sam Ratulangi sepanjang 7,8 Km. Ada juga jalan yang baru, tapi tidak secara langsung menjadi jalur utama kendaraan umum.

Tidak seimbangannya penambahan jumlah kendaraan dengan sarana jalan yang tersedia, mengakibatkan pada beberapa ruas jalan yang menjadi jalur utama kendaraan umum di kota Manado terjadi kemacetan, terutama pada jam-jam sibuk. Kemacetan kendaraan bermotor ini memberi dampak negatif berupa pencemaran udara. Penggunaan bahan bakar minyak yang dipergunakan sebagai penggerak bagi kendaraan, sistem ventilasi mesin dan yang terutama adalah buangan dari knalpot hasil pembakaran bahan bakar yang merupakan pencampuran ratusan gas dan aerosol menjadi penyebab utama keluarnya berbagai pencemar. Polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO₂), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida (CO₂). Dari beberapa jenis polutan ini, karbon monoksida (CO) merupakan salah satu polutan yang paling banyak yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

Polutan CO yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor memberi dampak negatif bagi kesehatan manusia. Karbon monoksida merupakan bahan pencemar berbentuk gas yang sangat beracun. Senyawa ini mengikat haemoglobin (Hb) yang berfungsi mengantarkan oksigen segar ke seluruh tubuh, menyebabkan fungsi Hb untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh menjadi terganggu. Berkurangnya persediaan oksigen ke seluruh tubuh akan membuat sesak napas dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak segera mendapat udara segar kembali.

Kondisi-kondisi diatas melatarbelakangi penulis untuk mengetahui berapa besarnya konsentrasi polutan khususnya karbon monoksida yang ditimbulkan oleh lalu lintas di ruas jalan yang cukup padat yaitu di ruas jalan Sam Ratulangi Manado

METODOLOGI

Lokasi penelitian

Sebelum penentuan lokasi penelitian dilakukan survey pendahuluan. Berdasarkan survey ditetapkan lokasi penelitian pada ruas jalan Sam Ratulangi Manado dengan pertimbangan karena di lokasi tersebut terdapat pusat-pusat perbelanjaan, perdagangan, perkantoran dan persekolahan yang menyebabkan terjadi tarikan lalu lintas yang besar

yang berakibat kemacetan. Penentuan segmen jalan yang menjadi titik penelitian berdasarkan alasan karena di segmen ini terjadi pertemuan arus lalu lintas dari tiga ruas jalan yaitu jalan Sam Ratulangi, jalan Korengkeng dan jalan Sam Ratulangi 5 (Kendaraan yang berasal dari jalan Piere Tendean – Boulevard). Selain itu komposisi kendaraan yang melewati segmen ini bervariasi mulai dari sepeda motor, kendaraan pribadi, kendaraan angkutan umum dan kendaraan berat. Hal lain yang menjadi bahan pertimbangan adalah kerapatan bangunan dan ketinggian bangunan di segmen tersebut yang secara visual mempunyai pengaruh terhadap tingkat konsentrasi gas CO.

Populasi dan sampel

Adapun yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah kendaraan (arus lalu lintas) yang melewati ruas jalan Sam Ratulangi Manado. Untuk sampel diambil arus lalu lintas yang melewati ruas jalan Sam Ratulangi selama 3 hari mulai pukul 06.00 – 19.00 wita. Penelitian dilakukan pada hari Senin, Sabtu dan Minggu. Hari Senin mewakili hari kerja, hari Sabtu mewakili hari setengah kerja - setengah libur, hari Minggu mewakili hari libur. Penelitian ini dilakukan 2 tahap. Pada tahap pertama : menghitung volume lalu lintas yang melewati ruas jalan setiap jam mulai jam 06.00 sampai 19.00, dan dari data ini ditentukan jam padat pagi, jam padat siang dan jam padat sore berdasarkan volume lalu lintas terbesar. Batasan waktu pagi diambil mulai jam 06.00 – 10.59, siang mulai jam 11.00 – 14.59, sore mulai jam 15.00 – 18.59. Setelah diperoleh data jam padat pagi, siang dan sore, dilakukan penelitian tahap kedua hanya pada jam-jam padat yang sudah ditentukan berdasarkan hasil tahap pertama. Pada tahap kedua ini dilakukan penghitungan volume kendaraan yang lewat, kecepatan kendaraan, dan pengukuran udara ambien CO serta pengukuran karakteristik atmosfer.

Jenis dan sumber data

Data yang digunakan dalam penelitian secara umum adalah :

- 1). Data primer : volume dan komposisi lalu lintas, kecepatan rata-rata masing-masing jenis kendaraan, pengukuran udara ambien CO dan pengukuran karakteristik atmosfer di lokasi penelitian.
- 2). Data sekunder : peta jaringan jalan, tabel stabilitas atmosfer dan peraturan-peraturan yang berlaku yang ada kaitannya dengan penelitian ini.

Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini, peralatan yang dipakai dapat dibagi dua bagian, yaitu :

- 1). Pengukuran arus lalu lintas meliputi volume dan komposisi serta kecepatan rata-rata masing-masing jenis kendaraan. Untuk pengukuran ini digunakan beberapa alat bantu dalam pengambilan data di lapangan antara lain alat pencacah (hand tally counter), formulir survey, alat tulis, alat ukur panjang (meteran) dan stopwatch.



Gambar 1. Ecoline 6000 Gas Analyzer



Gambar 2. Alat Intelligent Meter.



Gambar 3. Pelaksanaan Pengukuran Karakteristik Atmosfir dengan Alat Intelligent Meter

- 2). Pengukuran ambien udara CO di lokasi dimana dilakukan pengukuran arus lalu lintas. Pengukuran ambien udara ini terdiri dari 2 bagian yaitu pengambilan sampling CO di udara dengan menggunakan alat Ecoline 6000 Gas Analyzer dan pengambilan sampling suhu, kelembaban dan kecepatan angin, menggunakan alat Intelligent Meter.

Pengumpulan data volume lalu lintas

Pengumpulan data lalu lintas dilakukan pada hari Senin, Sabtu dan Minggu pada jam padat pagi, siang dan sore.)

Data lalu lintas dilakukan dengan cara manual oleh petugas pencacah pada titik yang telah ditetapkan. Dilanjutkan dengan pengambilan data kecepatan rata-rata masing-masing jenis kendaraan, dengan mengambil titik ukur pada lokasi yang paling mewakili. Untuk setiap jam, diambil 5 sampel kendaraan masing-masing jenis dengan jarak tempuh 25 meter (Untuk kemudahan dalam pengamatan).

Metode dan teknik analisis data

Analisis data dilakukan dengan metode pemodelan beban pencemar dari kendaraan bermotor. Teknik analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif untuk menentukan konsentrasi polutan akibat emisi kendaraan bermotor di udara :

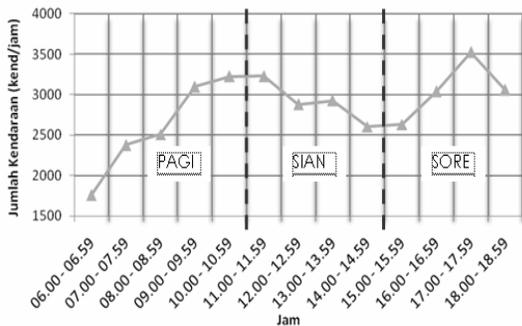
1. Menganalisa komposisi lalu lintas
2. Menormalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp)
3. Menghitung laju emisi
4. Menghitung kekuatan emisi
5. Menghitung dispersi
6. Menghitung konsentrasi polutan
7. Membandingkan hasil perhitungan konsentrasi polutan dengan baku mutu udara ambient nasional (PP. No. 41 tahun 1999)

HASIL DAN PEMBAHASAN

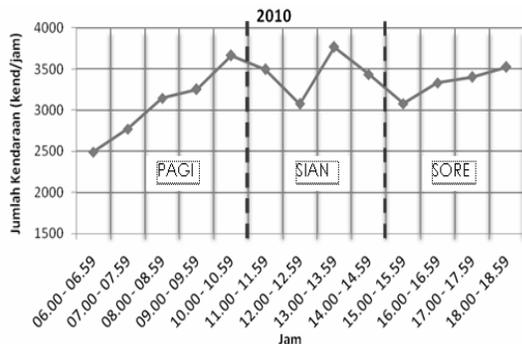
Penentuan jam padat pagi, siang, sore.

Untuk menentukan jam padat pagi, siang dan sore, dilakukan penghitungan volume arus lalu lintas yang melewati lokasi pengamatan mulai jam 06.00 sampai jam 19.00. Dari hasil survey selama 3 hari yaitu hari Senin, Sabtu dan Minggu, diperoleh jam padat yang berbeda-beda baik pagi, siang dan sore. Pada hari Senin, jumlah kendaraan terbanyak waktu pagi adalah sebanyak 3667 kendaraan pada jam 10.00-10.59, waktu siang sebanyak 3768 kendaraan pada jam 13.00 – 13.59 dan waktu sore sebanyak 3524 kendaraan pada jam 18.00-18.59. Berdasarkan data volume terbanyak, ditentukan

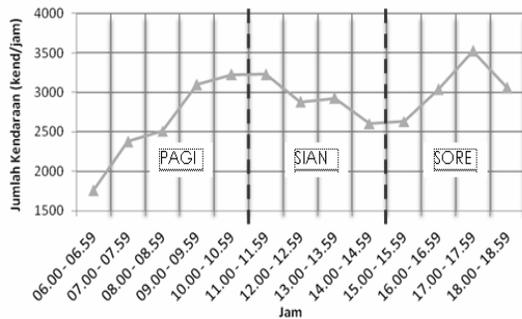
bahwa untuk hari Senin, jam padat pagi adalah jam 10.00-10.59, jam padat siang adalah jam 13.00-13.59 dan jam padat sore adalah jam 18.00-18.59. Pada hari Sabtu, jumlah kendaraan terbanyak pada waktu pagi sebanyak 3224 kendaraan terjadi pada jam 10.00-10.59, waktu siang sebanyak 3228 kendaraan terjadi pada jam 11.00-11.59 dan waktu sore sebanyak 3524 kendaraan terjadi pada jam 17.00-17.59. Jadi dapat ditentukan bahwa untuk hari Sabtu, jam padat pagi adalah jam 10.00-10.59, jam padat siang adalah jam 11.00-11.59 dan jam padat sore adalah jam 17.00-17.59



Gambar 4. Grafik Jumlah Kendaraan/jam pada hari Senin 27 September 2010



Gambar 5. Grafik Jumlah Kendaraan/jam pada hari Sabtu, 2 Oktober 2010



Gambar 6. Grafik Jumlah Kendaraan/jam pada hari Minggu, 3 Oktober 2010

Pada hari Minggu, jumlah kendaraan pada waktu pagi sebanyak 2250 kendaraan terjadi pada jam 08.00-08.59, waktu siang sebanyak 2548 kendaraan terjadi pada jam 11.00-11.59 dan waktu sore sebanyak 3014 kendaraan terjadi pada jam 18.00-18.59. Berdasarkan data ini, ditentukan bahwa untuk hari Minggu, jam padat pagi adalah jam 08.00-08.59, jam padat siang adalah jam 11.00-11.59 dan jam padat sore adalah jam 18.00-18.59

Menormalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp)

Untuk dapat menormalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp), digunakan tabel faktor pengali emisi CO berdasarkan jenis kendaraan seperti terlihat pada tabel 1 serta perlu menentukan ukuran kota dilokasi pengamatan berdasarkan jumlah penduduk.

Tabel 1 : Faktor pengali satuan mobil penumpang

Jenis kendaraan	Faktor pengali emisi CO			
	Metropolitan	Kota besar	Kota sedang	Lain-lain
Sepeda motor	0,6	0,6	0,6	0,6
Kendaraan penumpang	1	0,76	0,8	0,76
Kendaraan berat	1,97	1,93	1,95	1,93

Sumber : IGW Samsi dkk

Menghitung Laju Emisi (q)

Laju emisi adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan oleh satu kendaraan per kilometer jarak tempuh. Laju emisi didapatkan dengan memasukkan variabel kecepatan kendaraan rata-rata pada ruas jalan yang diprediksi dengan persamaan (1) :

$$q_{CO} = 867,92 V^{-0,8648} \quad (1)$$

Dari tabel diatas terlihat bahwa semakin lambat kecepatan kendaraan, semakin besar polutan yang dilepaskan ke udara berarti semakin besar laju emisinya.

Menghitung Kekuatan Emisi (Q)

Kekuatan sumber emisi adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan ke udara oleh lalulintas sebagai sumber polusi udara dalam satuan waktu tertentu. Besarnya kekuatan emisi pada jam-jam padat untuk hari Senin, Sabtu dan Minggu diperoleh dengan menggunakan persamaan sbb.

$$Q = n.q \quad (2)$$

Tabel 2. Normalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang

Hari	Motor	Kendaraan Penumpang	Kendaraan Berat	Faktor pengali emisi CO (smp/detik)			Total smp/detik
				0.6	0.76	1.93	
Senin							
Pagi	0.4919	0.4950	0.0083	0.2952	0.3762	0.0161	0.6875
Siang	0.4967	0.5572	0.0044	0.2980	0.4235	0.0086	0.7301
Sore	0.4864	0.5047	0.0025	0.2918	0.3836	0.0048	0.6802
Sabtu							
Pagi	0.3394	0.4950	0.0022	0.2037	0.3762	0.0043	0.5842
Siang	0.4114	0.5631	0.0019	0.2468	0.4279	0.0038	0.6785
Sore	0.5358	0.5642	0.0017	0.3215	0.4288	0.0032	0.7535
Minggu							
Pagi	0.2814	0.3539	0.0014	0.1688	0.2690	0.0027	0.4405
Siang	0.3122	0.4944	0.0025	0.1873	0.3758	0.0048	0.5679
Sore	0.3836	0.4281	0.0017	0.2302	0.3253	0.0032	0.5587

Tabel 3. Besarnya Laju Emisi tiap jenis kendaraan

Hari	Kecepatan (km/jam)			qCO (gr/km)		
	Motor	Kendaraan Penumpang	Kendaraan Berat	Motor	Kendaraan Penumpang	Kendaraan Berat
Senin						
Pagi	24.7996	21.5929	19.0348	54.0212	60.8930	67.9089
Siang	23.4922	18.6277	17.8390	56.6116	69.1905	71.8282
Sore	25.6119	22.3350	21.9644	52.5362	59.1393	60.0014
Sabtu						
Pagi	31.1720	25.8196	24.3265	44.3273	52.1707	54.9284
Siang	31.0126	25.2657	24.0049	44.5243	53.1583	55.5645
Sore	30.9985	25.4184	22.7634	44.5418	52.8820	58.1756
Minggu						
Pagi	41.5747	38.1144	27.6605	34.5554	37.2523	49.1540
Siang	34.5885	30.0151	24.7558	40.5146	45.8011	54.1038
Sore	38.5560	33.8315	24.0693	36.8831	41.2974	55.4357

Tabel 4. Besarnya kekuatan emisi CO

Hari	Q = n.q			Jumlah Q (gr/dtk)
	Motor	Kendaraan Penumpang	Kendaraan Berat	
Senin				
Pagi	15.9453	22.9080	1.0922	39.9454
Siang	16.8703	29.3014	0.6161	46.7878
Sore	15.3318	22.6852	0.2895	38.3065
Sabtu				
Pagi	9.0280	19.6266	0.2356	28.8902
Siang	10.9901	22.7476	0.2085	33.9462
Sore	14.3202	22.6741	0.1871	37.1814
Minggu				
Pagi	5.8341	10.0192	0.1318	15.9851
Siang	7.5897	17.2110	0.2611	25.0618
Sore	8.4893	13.4350	0.1783	22.1025

Sumber : hasil analisis

Menghitung dispersi

Dispersi (penyebaran) sangat ditentukan oleh faktor meteorologi, seperti kecepatan angin, suhu, kelembaban, yang dinyatakan dalam kelas stabilitas atmosfer. Dispersi dihitung dengan mengambil asumsi jarak pada arah angin 0,1 km

Tabel 5. Perkiraan dispersi berdasarkan kelas stabilitas atmosfer

Stabilitas atmosfer	Jarak (km)	Konstanta penentu standar Deviasi				Dispersi	
		a	c	d	f	σz	σy
A	0.1	213	440.8	1.941	9.27	27.0	24.01
B	0.1	156	106.6	1.149	3.3	19.0	17.58
C	0.1	104	61	0.911	0	13.0	11.72
D	0.1	68	33.2	0.725	-1.7	8.0	7.66
E	0.1	50.5	22.8	0.678	-1.3	6.0	5.69
F	0.1	34	14.35	0.74	-0.35	4.0	3.83

Sumber : hasil analisis

Tabel 6. Hasil perhitungan dispersi di lokasi pengamatan

Hari		Parameter			Stabilitas atmosfer	σz	σy
		Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec. Angin (m/dtk)			
Senin	Pagi	34.4	58.1	1.8	A	27	24.01
	Siang	34.3	44.8	2	A-B	23	20.8
	Sore	32.4	63.4	1.9	A-B	23	20.8
Sabtu	Pagi	32.4	65.2	1.8	A	27	24.01
	Siang	34.1	60.2	1.9	A	27	24.01
	Sore	28.4	82.1	1.9	A-B	23	20.8
Minggu	Pagi	28.4	85.1	1.9	B	19	17.58
	Siang	32.4	63	1.7	A	27	24.01
	Sore	31.5	67	1.5	A-B	23	20.8

Sumber : hasil analisis

Dispersi pada kondisi stabilitas atmosfer A-B, merupakan rata-rata dari dispersi A dan B.

Menghitung konsentrasi polutan

Konsentrasi polutan adalah besarnya zat pencemar yang dilepaskan ke udara oleh lalulintas dalam satuan volume. Untuk mengetahui besarnya konsentrasi polutan CO, digunakan persamaan (3) sebagai berikut :

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

Tabel 5. Hasil Perhitungan konsentrasi polutan CO

Hari	Q (gr/dtk)	μ (m/dtk)	Stabilitas Atmosfir	σz	σy	C	
						(g/m3)	(μg/m3)
Senin							
Pagi	39.945421	1.8	A	27	24.01	0.0109	10903.06
Siang	46.78782	2	A-B	23	20.80	0.0156	15577.07
Sore	38.306509	1.9	A-B	23	20.80	0.0134	13422.55
Sabtu							
Pagi	28.890188	1.8	A	27	24.01	0.0079	7885.54
Siang	33.946205	1.9	A	27	24.01	0.0088	8777.92
Sore	37.181387	1.9	A-B	23	20.80	0.0130	13028.31
Minggu							
Pagi	15.985093	1.9	B	19	17.58	0.0080	8020.62
Siang	25.06183	1.7	A	27	24.01	0.0072	7242.99
Sore	22.102544	1.5	A-B	23	20.80	0.0098	9809.96

Pada hari Senin, konsentrasi polutan cukup tinggi dibandingkan dengan hari Sabtu dan Minggu. Pada Senin pagi, konsentrasi polutan sebesar 10903.06 μg/m3. Hal ini karena merupakan jam pulang sekolah untuk SD yang menimbulkan tarikan kendaraan yang cukup besar dan sering menimbulkan kemacetan, sehingga konsentrasi gas CO cukup tinggi. Pada Senin siang, konsentrasi polutan CO sebesar 15577.07 μg/m3 disebabkan pada saat itu merupakan jam pulang sekolah, dan juga merupakan jam istirahat makan bagi pegawai/karyawan, ditambah lagi dengan banyaknya kendaraan yang parkir di sisi kiri dan kanan badan jalan sehingga kapasitas jalan menjadi berkurang. Kendaraan yang parkir ini pada umumnya kendaraan pribadi dengan tujuan menjemput anak sekolah dan selain itu untuk tujuan makan karena di lokasi tersebut terdapat beberapa restoran. Kondisi ini menyebabkan tingkat kemacetan cukup tinggi yang berdampak pada tingginya gas CO yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Pada Senin sore, konsentrasi gas CO sebesar 13422,55 μg/m3. Hal ini disebabkan karena merupakan jam pulang kerja sehingga volume lalulintas meningkat.

Membandingkan hasil perhitungan konsentrasi CO akibat lalu lintas dengan hasil pengukuran udara ambien

Pengukuran udara ambien dengan menggunakan alat Ecoline 6000, hasilnya dalam satuan ppm, sedangkan satuan baku mutu udara ambien dalam satuan µg/m³. Untuk itu hasil pengukuran udara harus dikonversi dengan menggunakan rumus :

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = (\text{ppm} \times \text{BM}) / (24,5 \times 10^{-3}) \quad (4)$$

Keterangan : 24,5 = konversi untuk 1 mol = 24,5 liter (25°C, 1 atm)

BM = berat molekul, untuk CO, BM= 28
10⁻³ = konversi dari ml ke liter

Selisih hasil pengukuran udara ambien dan hasil perhitungan dengan pemodelan dalam persen digunakan rumus :

$$E = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (5)$$

dimana :

E = Selisih hitung data hasil pengukuran dan data hasil pemodelan

a = Data hasil pengukuran lapangan

b = Data hasil perhitungan dengan pemodelan

Data hasil pengukuran udara ambien menunjukkan besarnya konsentrasi polutan CO yang ada di udara, yang merupakan hasil dari berbagai sumber pencemar. Sedangkan data hasil perhitungan dengan menggunakan pemodelan, menunjukkan besarnya konsentrasi polutan CO yang ada di udara yang dihasilkan hanya oleh sumber pencemar lalu lintas.

Tabel 6. Perbandingan hasil perhitungan CO dengan hasil pengukuran udara ambien

Hari	Hasil Perhitungan		Hasil pengukuran ambien		Selisih	
	(µg/m ³)	(ppm)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(%)	
Senin						
Pagi	10903.06	10.8	12342.86	1439.80	11.67	
Siang	15577.07	15.2	17371.43	1794.35	10.33	
Sore	13422.55	10.1	11542.86	-1879.69	-16.28	
Sabtu						
Pagi	7885.54	7.5	8571.43	685.88	8.00	
Siang	8777.92	8.6	9828.57	1050.66	10.69	
Sore	13028.31	9.7	11085.71	-1942.60	-17.52	
Minggu						
Pagi	8020.62	7.7	8800.00	779.38	8.86	
Siang	7242.99	7.9	9028.57	1785.59	19.78	
Sore	9809.96	7.2	8228.57	-1581.39	-19.22	

Sumber : hasil analisis

Dari hasil perbandingan diatas, terdapat selisih minus dimana hasil pengukuran udara ambien lebih kecil daripada hasil perhitungan dan hal ini terjadi

pada jam padat sore untuk setiap hari pengamatan. Kondisi dimana hasil perhitungan lebih besar antara lain dapat disebabkan oleh faktor-faktor berupa pengambilan data kecepatan angin dan penentuan stabilitas atmosfer yang tidak sesuai dengan kondisi dilokasi. Dalam pengambilan sampel kecepatan angin, bisa saja waktu dilakukan pengukuran, dilakukan pada saat kecepatan anginnya rendah sehingga konsentrasi CO jadi tinggi. Selain itu penentuan stabilitas atmosfer yang kurang tepat bisa menjadi penyebab. Dalam menentukan stabilitas atmosfer, selain berdasarkan kecepatan angin, juga berdasarkan kondisi awan pada saat itu. Ada kemungkinan pada saat pendataan kondisi awan, terlihat sedikit awan, sehingga diambil Stabilitas A-B. Sementara akibat perubahan di atmosfer keadaan langit terlihat cerah sehingga seharusnya memilih stabilitas A. Jadi kondisi atmosfer yang begitu cepat berubah dari waktu ke waktu dan tidak menentu, dapat menjadi penyebabnya.

Dari tabel diatas, jika dilihat selisih positifnya, terlihat selisih hasil pengukuran udara ambien dengan hasil perhitungan berkisar 8,00% - 19,78%. Angka ini dapat diartikan bahwa konsentrasi polutan CO yang berasal oleh sumber-sumber pencemar yang lain selain lalu lintas adalah sebesar 8,00% - 19,78%. Sehingga dapat dikatakan bahwa konsentrasi polutan CO yang disebabkan oleh lalu lintas adalah sebesar 80,22% - 92,00%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai tingkat konsentrasi gas CO akibat lalu lintas di ruas jalan Sam Ratulangi Manado, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada hari kerja, konsentrasi polutan paling tinggi terjadi pada waktu siang yaitu sebesar 15577,07 µg/m³. Pada hari setengah kerja-setengah libur, konsentrasi polutan paling tinggi terjadi pada waktu sore yaitu sebesar 13028,31 µg/m³, dan pada hari libur konsentrasi polutan paling tinggi terjadi pada waktu sore yaitu sebesar 9809,96 µg/m³.
2. Konsentrasi gas CO di lokasi penelitian belum melampaui batas baku mutu udara ambien nasional sebesar 30000 µg/m³.
3. Konsentrasi gas CO akibat lalu lintas di ruas jalan Sam Ratulangi Manado berkisar 7242,99 µg/m³ sampai 15577,07 µg/m³.
4. Dari keseluruhan konsentrasi polutan CO yang ada di udara, 80,22% - 92,00% berasal dari kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi M, 2009, *Ekologi Energi-Mengenal Dampak Lingkungan dalam pemanfaatan sumber-sumber energi*, Graha ilmu, Yogyakarta
- Badan Pusat Statistik Kota Manado, 2009, Manado Angka 2009, Manado
- Badan Lingkungan Hidup Kota Manado, 2009, Laporan Uji Emisi, Hasil Analisa Udara Ambien dan Tingkat Kebisingan, Manado
- Budihardjo E, Hardjohubojo S, 1993, *Kota Berwawasan Lingkungan*, Penerbit Alumni, Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum, 1999, *Tata Cara Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat lalu Lintas*, Penerbit Mediatama Saptakarya, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Sweroad dan PT. Bina Karya, Jakarta
- Faizal, 2004, Evaluasi penggunaan model Gaussian pada ruas jalan prof. Soepomo Jakarta terkait dengan keberadaan pohon di pinggir jalan, Tesis, Semarang.
- Hadiwidodo M dkk, 2006, Pola penyebaran gas NO₂ di udara ambien kawasan utara kota Semarang pada musim kemarau menggunakan program ISCST3, Jurnal Presipitasi
- Mu'min B, dkk, 2003, Analisis Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Pada Simpang Empat Pasar Lama Banjarmasin, Simposium VI FSTPT, Unhas, Makasar
- Makhyani F, 2008, Pencemaran Udara Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida Akibat Kendaraan Bermotor pada Ruas Jalan Padat Lalu lintas di Kota Makasar, Tesis, Makasar
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Jakarta.
- Pirngadie, 2001, Strategi Penanggulangan Pencemaran Udara dari Sektor Transportasi, Simposium IV FSTPT, Udayana, Bali.
- Ruru J, 2007, Hubungan Konsentrasi CO dengan karakteristik lalu lintas kendaraan (jalan Sam Ratulangi depan Sahid Kawanua Hotel), skripsi, Manado
- Soedomo, M, 2001, *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*, ITB, Bandung.
- Tarigan A, 2009, Estimasi Emisi Kendaraan Bermotor di beberapa ruas jalan Kota Medan, Tesis, Medan
- Wardhana, A.W, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Edisi Revisi, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.