



MODEL PREDIKSI POLUSI UDARA DI PERSIMPANGAN

G. Gunawan

I.G.W. Samsi Gunarta

RINGKASAN

Pencemaran udara dan kebisingan adalah dua masalah lingkungan yang terutama ditimbulkan oleh kegiatan transportasi. Untuk menangani masalah tersebut diperlukan suatu metoda yang cukup akurat guna estimasi parameter-parameter lingkungan.

Dari studi-studi terdahulu telah dikembangkan berbagai model untuk mengestimasi konsentrasi polutan dari emisi kendaraan bermotor, seperti CELINE-3 (BENSON, 1980), Gaussian plume model, dan EPA HIGHWAY-2 (Peterson, 1980). Di antara berbagai model tersebut, model Gaussian adalah salah satu model yang populer digunakan untuk memprediksi tingkat polusi di sekitar ruas jalan.

Meskipun demikian studi ini hanya meninjau pengaruh pencemaran udara dengan menggunakan Model Sumber Volume (OMG), untuk memprediksi polusi udara di sekitar persimpangan, dengan titik acuan pusat persimpangan. Di dalam analisa, telah dikembangkan program komputer sederhana untuk memudahkan perhitungan-perhitungan yang menggunakan model OMG tersebut.

Model ini digunakan karena tingkat ketelitiannya dapat diandalkan.

Hasil analisa statistik menunjukan bahwa korelasi antara nilai prediksi dan nilai pengukuran lapangan berkisar antara 50 - 70 %.

SUMMARY

Air pollution and noise are environmental problems generated by transportation. To solve the problems, an accurate method is required to estimate environmental parameters.

Previous studies developed various models for estimating pollutant concentration from emission such as CELINE-3 (BENSON, 1980), Gaussian plume model and EPA HIGHWAY-2 (Peterson, 1980).

Gaussian model is widely used for predicting pollution level generated by traffic.

This study deals with the effects of air pollution using volume Source Model (OMG) for predicting air pollution at junction. Simple computer programme has been developed for calculation using OMG Model. The reason for the use of this model because it is found from previous studies that the precision level of OMG Model is reliable.

Analysis result indicates that correlation between prediction value and field measurement value ranges from 50-70%.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Prakiraan terhadap tingkat gangguan yang timbul, terutama penurunan kualitas udara di jalan raya karena meningkatnya volume lalu lintas di suatu ruas jalan, disadari merupakan tahapan penting dari rangkaian evaluasi studi AMDAL maupun pertimbangan perencanaan jalan. Studi sebelumnya, diketahui bahwa

berbagai model untuk mengestimasi konsentrasi polutan dari emisi kendaraan bermotor telah dikembangkan, seperti :

CALINE-3 (Benson, 1979), **Gaussian-Plume Model**, dan **EPA Highway-2** (Peterson, 1980).

Dari berbagai model tersebut, model Gaussian adalah salah satu model yang populer digunakan untuk memprediksi tingkat polusi di sekitar ruas jalan. Akan tetapi, untuk daerah urban, Kono & Ito mengklaim bahwa model volume akan menghasilkan prediksi yang lebih akurat (Kono & Ito, 1992).

Pada tulisan ini (1995/1996) model yang telah diujikan akan dikembangkan untuk dipergunakan pada kondisi yang lebih kompleks, yaitu untuk memprediksi polusi di daerah-daerah sekitar persimpangan (koordinat x,y) dari pusat persimpangan dan pengembangan model simulasi dari model-model analitis tersebut. Pada persimpangan, perhitungan konsentrasi di sekitar perempatan/persimpangan dilakukan dengan menjumlahkan kontribusi polutan dari masing-masing kaki persimpangan tersebut.

1.2. Tujuan

Tujuan jangka panjang dari studi ini adalah:

1. Mendukung pelaksanaan AMDAL bidang PU secara teknis dan dapat dipergunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pemilihan AMDAL
2. Mempersiapkan perangkat teknis yang tepat untuk mengevaluasi baku mutu lingkungan secara mudah dan membuat perubahannya apabila diperlukan.
3. Mempersiapkan perangkat perencanaan yang dapat digunakan dengan mudah untuk membantu perencanaan teknis jalan, ataupun sistem yang dipersiapkan untuk suatu jaringan jalan, sehingga dapat dibangun prasarana jalan yang berwawasan lingkungan.

II. KAJIAN LITERATUR

2.1. Model Prediksi Sumber Garis

Prediksi polusi dengan sumber garis telah banyak dikembangkan oleh beberapa ahli, seperti Walter 1962, Peterson, Benson dan Gauss. Pada umumnya model-model ini dikembangkan dengan anggapan dasar bahwa

- a. Sumber polusi dianggap kontiniu sepanjang jalan.
- b. Emisi dianggap Steady State ($\partial C/\partial t = 0$)
- c. Sumber garis memiliki panjang tak terbatas (infinite)

Model Gaussian adalah model yang amat populer digunakan karena kemudahan dalam penentuan parameter dan cukup realistis. Model tersebut memiliki bentuk persamaan sebagai berikut :

$$C_{(x,y)} = \frac{q}{(2\pi)^2 u \cdot \pi \sigma_z^2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(H)^2}{\sigma_z^2} \right] \right\}$$

- C = Konsentrasi polutan pada koordinat X tegak lurus jalan
 q = Konsentrasi emisi yang dihitung berdasarkan jumlah/volume lalulintas yang lewat pada titik tersebut
 u = Kecepatan angin
 H = Ketinggian sumber emisi dari permukaan jalan.

Model ini ternyata memiliki akurasi yang baik dan cukup realistis dipergunakan sebagai model prediksi bagi jalan-jalan pada daerah perkotaan di Bandung.

Model ini cukup baik diterapkan pada kondisi lingkungan jalan dengan perbandingan tanah-bangunan yang tidak terlalu rapat. Kelemahan lain model ini adalah adanya asumsi sumber tak terbatas di mana secara praktis hal itu tidak pernah terjadi.

Model sumber garis yang lain adalah model Walter dan Epa Hiway-2. Keterbatasan model-model ini adalah bahwa parameter dan kondisi lapangan umumnya tidak tergambar dengan cukup baik.

2.2. Model Sumber Volume

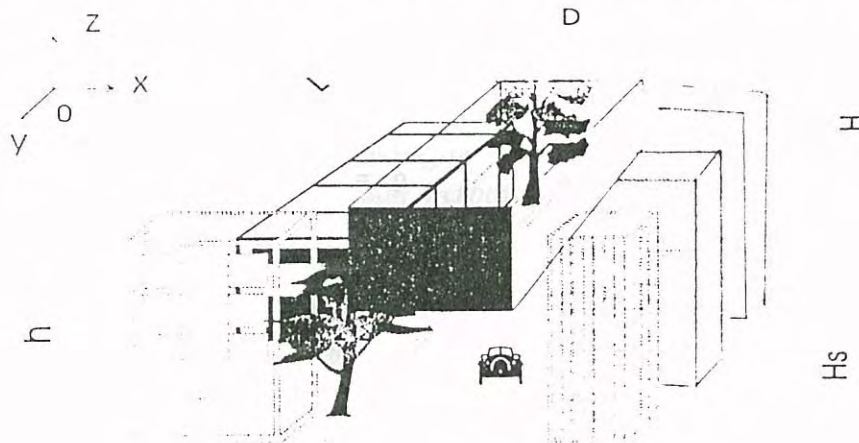
Model sumber volume dibuat dengan melakukan pendekatan dimensional DxHxL (Lebar Jalan X Ketinggian volume sumber X panjang Jalan). yang dianggap terapung di atas permukaan jalan dengan ketinggian Hs (lihat Gambar 1).

Dalam model ini, titik awal koordinat (0,0,0) terletak pada batas bawah (imaginer) dari sumber volume. Arah sumbu X adalah down wind (arah hembusan angin) horisontal, sedangkan Z vertikal ke atas dan Y sejajar

jalan. Tinggi batas bawah model sumber volume dianggap sama dengan konsentrasi pada ketinggian $Z = 0$ (batas bawah imajiner sumber volume).

(penjelasan arti simbol-simbol lihat paper Kono & Ito, 1990). Untuk model kita ini diambil pendekatan $m = 0.86$, $n = 1$. Kontribusi tiap "titik" (kotak kecil) dijumlahkan untuk seluruh sumber volume guna memperoleh konsentrasi

Gambar 1.
VOLUME POLUTAN IMAJINER DI ATAS PERMUKAAN JALAN



Gambar 2.
TEKNIK PENGHITUNGAN JUMLAH PARTIKEL PADA SUMBER VOLUME



Perhitungan Konsentrasi

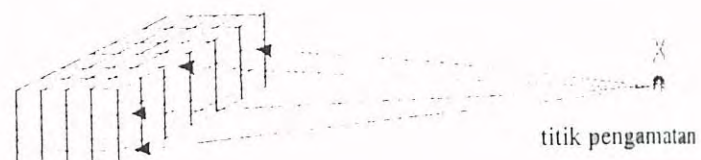
Untuk menghitung konsentrasi polutan yang diakibatkan sumber volume tersebut, maka sumber volume tersebut dipecah-pecah dalam kotak-kotak kecil (lihat Gambar 2).

Kemudian tiap kotak dianggap sebagai sumber titik dengan laju emisi Q_p dan konsentrasi yang ditimbulkannya dihitung berdasarkan rumus Peters dan Klinzing (1971).

$$C = \frac{Q_p}{u\pi} \sqrt{\frac{(m+1)(n+1)}{K_y K_z X}} \exp\left\{-\frac{u_s(m+1)y^2}{4K_y X}\right\} \times \left[\exp\left\{-\frac{u_s(n+1)(z-z')^2}{4K_z X}\right\} + \exp\left\{-\frac{u_s(n+1)(z+z')^2}{4K_z X}\right\} \right]$$

$$\text{dengan } K_y = k_1 \left(\frac{X}{L}\right)^m \\ K_z = k_2 \left(\frac{X}{L}\right)^n$$

polutan di suatu titik X. Disini diambil pendekatan bahwa panjang L dari sumber volume $\gg$ jarak titik pengamatan ke jalan sehingga dianggap titik-titik pengamatan itu kira-kira terletak sepanjang $y = \frac{1}{2} L$ (ditengah-tengah).

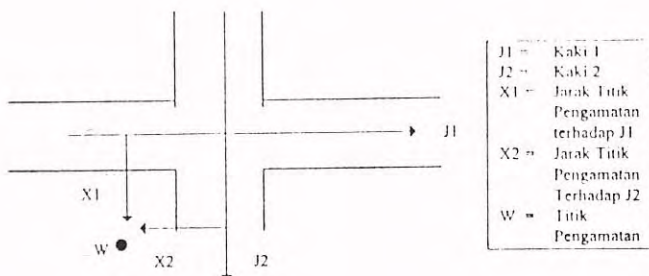


Konsentrasi di titik pengamatan X dihitung dengan menjumlahkan konsentrasi sumbangan dari tiap-tiap kotak kecil.

2.3. Perluasan Model untuk Perempatan

Kalau dalam model aslinya, model sumber volume (OMG) dipakai untuk memprediksi konsentrasi polutan di kiri kanan jalan di daerah urban. (Kono & Ito, 1990) maka pada studi ini kita memperluas penggunaan model tersebut untuk memprediksi konsentrasi polutan di sekitar perempatan.

Asumsi pokok yang dipakai adalah perempatan itu kira-kira terletak di tengah-tengah panjang jalan dan bahwa konsentrasi polutan di satu titik pengamatan adalah penjumlahan aljabar dari polutan yang bersumber dari masing-masing jalan. Penting untuk diperhatikan bahwa dalam menghitung konsentrasi polutan sebagai sumbangan dari satu kaki maka jarak (X) yang dihitung adalah jarak terhadap jalan tersebut.



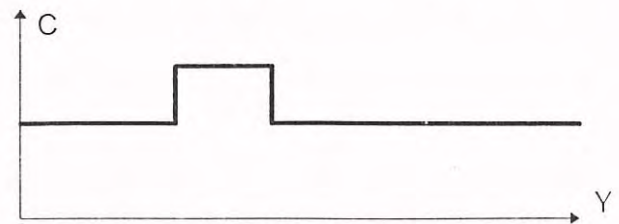
Kontribusi masing-masing Kaki dihitung seperti menghitung konsentrasi pada ruas jalan, dengan menggunakan cara-cara yang telah diuraikan di atas. Dengan karakteristik jalan yang berbeda maka ($H \times L \times D$) masing-masing sumber volume kemungkinan akan berbeda.

III. METODOLOGI

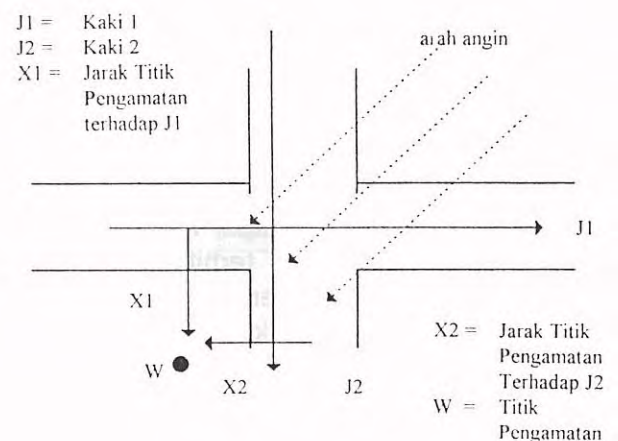
3.1. Hipotesis dan hasil yang diharapkan

Mengacu pada hasil yang diinginkan, ada beberapa hal penting yang dapat dijadikan pra anggapan untuk menyelesaikan prediksi polusi pada lingkungan persimpangan, a.l :

1. Konsentrasi emisi pada persimpangan merupakan hasil penjumlahan dari emisi kaki-kaki yang berpengaruh, jika digambarkan dalam satu bidang, penjumlahan emisi tersebut akan menghasilkan pada emisi sebagai berikut :



2. Arah angin pada persimpangan ataupun ruas jalan yang diprediksi/diukur adalah seragam, dan dianggap tidak sejajar dengan salah satu ruas jalan/kaki persimpangan.



3. Hasil pemantauan emisi kendaraan multimode yang dilakukan oleh Ditjen Perhubungan Darat dianggap valid untuk kondisi kendaraan yang berjalan di jalan raya di Indonesia, sehingga faktor emisi ini dapat dipergunakan sebagai data dasar.

Adapun hasil yang diharapkan akan didapatkan uji model prediksi adalah bahwa :

1. Polutan dipersimpangan akan terdispersi secara normal seperti halnya polutan pada ruas jalan. Perubahan hanya terjadi karena super posisi emisi dari kaki persimpangan yang mengakibatkan adanya tingkat emisi yang baru pada persimpangan tersebut.
2. Lingkungan jalan di hilir angin (down wind) pada posisinya akan menerima jumlah /

konsentrasi polutan yang lebih besar dari pada lingkungannya yang dipengaruhi hanya oleh kaki-kaki persimpangan.

3. Kondisi tata ruang/lingkungan seperti misalnya rasio lahan-bangunan, ketinggian rata-rata bangunan akan berpengaruh terhadap pola dispersi polutan.
4. Perubahan arah angin sesaat di lapangan akan dapat dieliminasi dengan banyaknya penghasilan data lapangan.

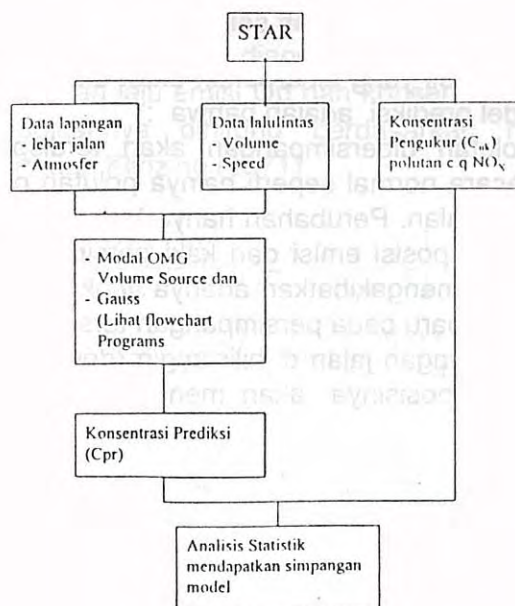
3.2. Pendekatan Methodologis

Disadari bahwa data yang terukur di lapangan tak semulus yang diperkirakan. Kesalahan dalam penentuan beberapa parameter atmosfer analisis data laboratorium akan memiliki pengaruh yang cukup besar. Sekalipun demikian, jika model pendekatan yang dikembangkan dapat mendekati kondisi sesungguhnya, maka pola dan sebaran data-data tidak akan terlalu acak. Salah satu teknik pendekatan yang mungkin masih relevan adalah pendekatan statistik terhadap hasil prediksi terhadap hasil pengukuran.

Pada dasarnya, studi ini akan membandingkan hasil prediksi berdasarkan model terbangun. Hasil prediksi yang terhitung berdasarkan parameter tak bebas berupa volume lalu lintas, speed dan komposisi kendaraan (Cpr) pada suatu waktu pengukuran akan dibandingkan dengan hasil pengukuran (Cuk) pada koordinat (x,y) dengan titik pusat pada perpotongan ruas jalan.

Bagan alir dari studi ini adalah sebagai berikut :

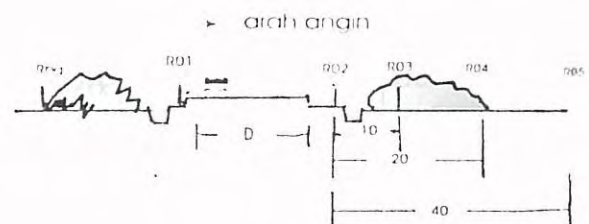
Gambar 3.
BAGAN ALIR PENELITIAN



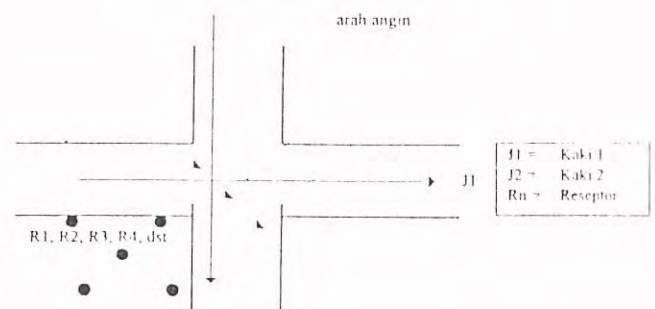
3.3. Pengambilan Data

Data primer yang mendukung studi ini diambil pada 2 lokasi masing-masing satu persimpangan di Bandung dan satu persimpangan di Surabaya, (lihat Gambar 3). Data polusi udara (NO_x) ruas jalan diambil dengan memperhatikan arah angin terhadap ruas jalan/persimpangan yang ditinjau. Pada dasarnya titik-titik reseptor ditempatkan di hilir jalan (terhadap arah angin), dengan titik pasang pada jarak 10 m., 20 m., 40m., dan 80 m., Ketinggian reseptor adalah +1,5 m. di atas permukaan tanah dan diupayakan memiliki ketinggian yang merata. Penentuan titik-titik reseptor ini disesuaikan dengan kondisi lokasi yang ditinjau. Secara kebetulan di kedua lokasi hal ini dapat dilakukan. (lihat Gambar 4 dan Gambar 5).

Gambar 4.
PENEMPATAN RESEPTOR PADA RUAS JALAN (LINK)



Gambar 5..
PENEMPATAN RESEPTOR PADA PERSIMPANGAN



Data diambil selama selang waktu (Δt) 30 menit yang mewakili selang waktu 1 jam pengukuran. Jumlah pengukuran yang dilakukan bervariasi, sesuai dengan keadaan pada hari pengukuran (pada waktu hujan, pengukuran dihentikan). Pengukuran dilakukan secara simultan (bersamaan untuk setiap reseptor).

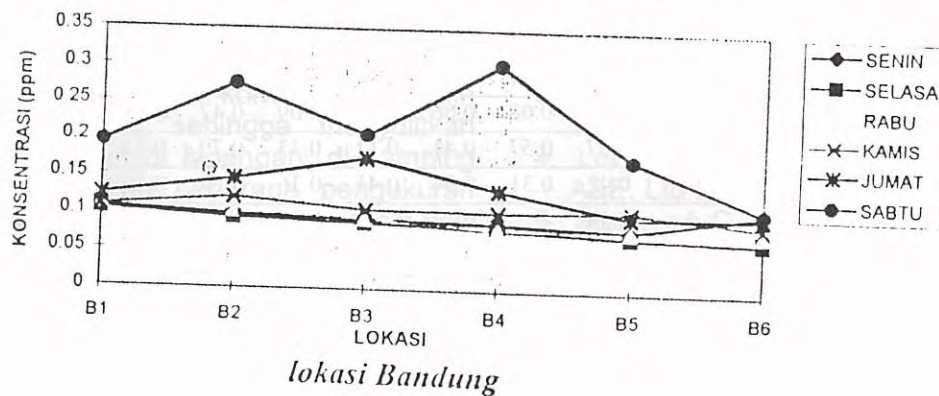
IV. ANALISIS

4.1. Analisis Terhadap Data Lapangan

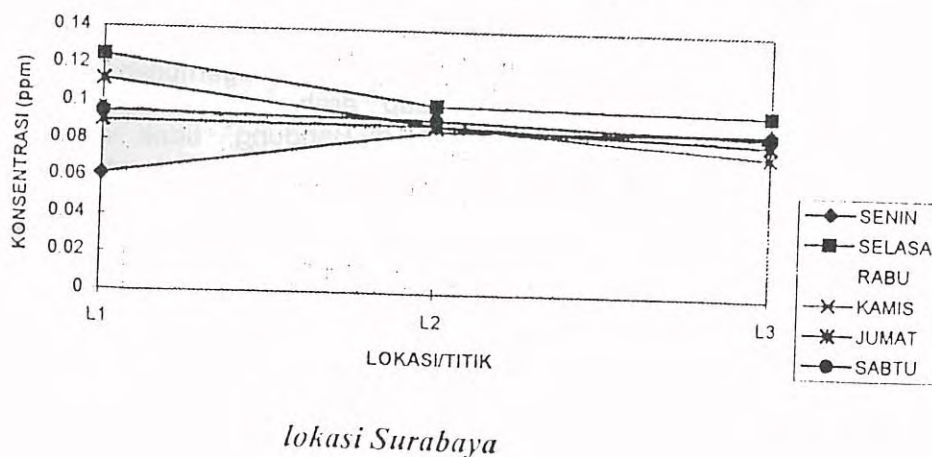
Berdasarkan pengamatan visual terhadap grafik hasil konsentrasi - jarak, maka data lapangan terlihat cukup realistis. Penurunan konsentrasi yang terjadi dengan jarak yang makin panjang, memberikan gambaran terjadinya dispersi terhadap sumber polusi pada jarak tersebut. Berarti, persamaan dispersi berlaku untuk polusi udara di persimpangan. Penyimpangan terhadap kondisi yang

digambarkan oleh adanya dispersi untuk di Bandung terjadi pada data hari Sabtu, dan Surabaya, pada data hari Senin. Kemungkinan besar hal ini diakibatkan oleh kesalahan pengukuran (Human Error), pada hari tersebut. Sekalipun demikian, data tersebut tetap dipergunakan sebagai bahan analisis. Tetapi layak diperhatikan adanya kesalahan pengukuran (human error) yang cukup berarti, terutama untuk lokasi Kota Bandung, terutama pada titik $x = 20$, $x = 80$. Sedangkan di Surabaya, terjadi pada $x = 10$ m. Hal ini dijelaskan pada grafik sebagai berikut :

GRAFIK KONSENTRASI NO_x HARIAN VS LOKASI



GRAFIK KONSENTRASI NO_x HARIAN VS LOKASI SURABAYA



4.2. Pembahasan Data Hasil Prediksi Model dengan Data Lapangan

Hasil pengolahan secara statistik (korelasi) antara data lapangan dengan data model prediksi :

lokasi Surabaya

waktu	PL1	PL1*	PL2	PL2*	PL3	PL3*
senin	0.33	0.23	0.61	0.45	0.20	0.05
selasa	0.27	0.68	0.16	0.05	0.10	0.69
rabu	0.57	0.89	0.28	0.46	0.80	0.14
kamis	0.29	0.98	0.10	0.27	0.97	0.24
jumat	0.40	0.65	0.37	0.04	0.91	0.02
sabtu	0.49	0.96	0.52	0.41	0.92	0.59
minggu	0.37	0.56	0.14	0.11	0.68	0.66
rata-rata	0.39	0.71	0.31	0.26	0.68	0.34

lokasi Bandung

waktu	PL1	PL1*	PL2	PL2*	PL3	PL3*	PL4	PL4*
senin	0.23	0.31	0.34	0.23	0.15	0.43	0.81	0.52
selasa	0.01	0.25	0.41	1.00	0.01	0.45	0.51	0.36
rabu	0.67	0.82	0.08	0.66	0.09	0.09	0.47	0.62
kamis	0.21	0.57	0.57	0.41	0.11	0.33	0.79	0.13
jumat	0.36	0.42	0.31	0.04	0.41	0.36	0.29	0.09
sabtu	-	0.58	-	0.73	-	0.32	-	0.35
rata-rata	0.30	0.49	0.34	0.51	0.15	0.33	0.57	0.35

Berdasarkan analisis statistik terhadap hasil prediksi dan hasil pengukuran, didapatkan bahwa angka korelasi untuk model OMG dari hasil pengukuran untuk arah angin yang bersesuaian adalah sbb. :

a. Lokasi : Surabaya (Jl. Pemuda - Jl. Sudirman)

x = 10 m., r = 0.71

x = 20 m., r = 0.31

x = 40 m., r = 0.68

b. Lokasi: Bandung (Jl. P. Pejuang - Jl. Lodaya)

x = 10., r = 0.49

x = 20., r = 0.51

x = 40., r = 0.57

Model OMG memberikan prediksi yang lebih baik untuk Surabaya dibandingkan dengan Bandung. Dari pemeriksaan terhadap korelasi, pada x = 10 m., dan x = 40 m., OMG memberikan hasil prediksi hampir 70 % mendekati pengukuran. Sedangkan di Bandung, sekalipun nilai korelasi cukup konstan, tetapi nilai relatif rendah (49 - 57%).

Nampaknya model tidak memberikan respon yang baik terhadap kondisi lapangan di kota Bandung.

Keadaan tersebut dapat dipahami, dengan melihat kepada kondisi meteorologis (arah angin) yang cukup variatif pada saat pengukuran. Pengambilan nilai rata-rata terhadap arah angin dan kecepatan angin harian di Bandung, tidak memberikan hasil yang baik bagi prediksi polusi skala mikro. Untuk dapat mendekati kondisi ini, seyogyanya dilakukan pengukuran di tempat. dan melakukan kompensasi terhadap data yang tidak bersesuaian. Akan tetapi dengan konstannya nilai korelasi (r), model OMG sepertinya memberikan harapan baik untuk dipergunakan sebagai model prediksi persimpangan. Kesalahan pengukuran karena kondisi medan yang sulit di Kota Bandung, maka hubungan antara hasil prediksi dengan hasil pengukuran kurang memuaskan. Faktor lain yang akan berpengaruh pada akurasi model ini adalah faktor emisi. Penggunaan faktor emisi yang kurang sesuai akan mempengaruhi tingkat korelasi model dengan lapangan.

Akan tetapi faktor ini tidak terlalu sulit disesuaikan, karena ternyata nilai korelasi untuk berbagai titik ukur dan prediksinya di kedua kota relatif konstan. Sekalipun faktor ini berpengaruh, nampaknya model dapat diterima, karena jika dilakukan kalibrasi terhadap faktor emisi, maka emisi yang dipergunakan pada model akan lebih realistis.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil uji dan evaluasi statistik secara jelas terlihat adanya korelasi antara kualitas udara lapangan dengan data prediksi model SUMBER VOLUME (OMG) di daerah persimpangan. Di mana secara korelasi statistik terlihat adanya korelasi antara nilai hasil prediksi dengan OMG dengan data hasil pengukuran lapangan yaitu persimpangan jalan Pemuda - Jend. Sudirman, Surabaya memberikan korelasi sekitar 70 %, sedangkan untuk persimpangan di kota Bandung relatif lebih rendah yaitu sekitar 49 - 57 %, hal ini dikarenakan kondisi arah angin yang relatif konstan, sehingga menyulitkan terhadap pengukuran di lapangan, di samping masih perlu dilakukan beberapa pengukuran dengan menggunakan peralatan yang lebih baik dan lebih banyak untuk dapat menentukan angka korelasi bagi model diatas.

Model Sumber Volume (OMG), kalau dalam model aslinya dipakai untuk memprediksi konsentrasi polutan di kiri-kanan jalan di daerah urban. Tetapi dari aplikasi di persimpangan model ini memberikan suatu nilai korelasi yang cukup tinggi, sehingga disarankan untuk dipergunakan untuk kondisi persimpangan.

Model ini memiliki bentuk persamaan :

$$C = \frac{Q_p}{u \tau} \sqrt{\frac{(m+1)(n+1)}{K_y K_z X}} \exp \left\{ -\frac{u_a (m+1) y^2}{4 K_y X} \right\} \times \left[\exp \left\{ -\frac{u_a (n+1) (z - z')^2}{4 K_z X} \right\} + \exp \left\{ -\frac{u_a (n+1) (z + z')^2}{4 K_z X} \right\} \right]$$

$$\text{dengan } K_y = k_1 \left(\frac{X}{L} \right)^m \\ K_z = k_2 \left(\frac{X}{L} \right)^n$$

C = konsentrasi dari polutan

(x,y,z) = koordinat dari receptor

z' = tinggi sumber

Qp = kecepatan emisi

u = kecepatan angin

Ky, Kz = Diffusi Eddy

m,n = parameter empiris (m= 0.86; n=1)

L = panjang titik pengamatan

5.2. Saran

Sebagai hasil sementara Model Sumber Volume (OMG) dianggap cukup realistis untuk dipergunakan dalam prediksi polusi udara ataupun evaluasi hasil pengukuran polusi udara. Disarankan untuk dipergunakan pada kondisi arah angin yang relatif stabil.

Pengembangan aplikasi untuk kondisi jalan yang lebih kompleks amat perlu dilakukan. Aplikasi model terutama pada jaringan jalan merupakan langkah lanjut yang sebaiknya dikembangkan bersama-sama dengan pembuatan suatu simulasi komputer.

DAFTAR PUSTAKA

1. Charles, K. Warner, C, "Air Pollution; It's Origin and Theory", Row Publisher, New York, 1981
2. Kono, H, Ito, S, "A. Micro Scale Dispersion Model for Motor Vehicle Exhaust Gas in Urban Area-OMG Volume-Source Model, Pergamon Press, London, 1991.
3. Crawford, Martin, "Air Pollution Control Theory", Mc Graw Hill, New York, 1976.
4. Lovelt, Patricia, "The Environment, Bastford A&E. Ltd London, 1982
5. Sters, A.C., "Air Pollution Vol . 1: Air Pollutants Their Transformation & Transport", Academic Press, New York, 1976.
6. Mc Gill, Panly, Holden, Ackley, "Air Pollution Hand Book, Mc Graw Hill, New York, 1956.
7. Wathkins, L.H., "Environmental Impact of Roads and Traffic", Applied Science Publishers, London, 1981.
8. Agus Bari, S, Ayi Tatang, "Penelitian Pencemaran Udara; Kandungan Polutan Nox di Udara dalam Hubungan dengan Lalu lintas di Jalan Tol Layang dan Jalan Alternatifnya Kota Jakarta, Puslitbang Jalan, Bandung.
9. Kusminingrum, Nanny, "Penelitian Penyebaran Polusi Udara oleh Tanaman Akibat Emisi dari Kendaraan", Puslitbang Jalan, Bandung, 1993.

Penulis :

- Drs. G. Gunawan, Asisten Peneliti Muda Bidang Lingkungan Jalan, Pusat Litbang Jalan.
- Ir. I.G.W. Samsi Gunarta, Calon Peneliti Muda Bidang Lingkungan Jalan., Pusat Litbang Jalan.