

Dispersi Polutan Karbon Monoksida di Sekitar Pintu Tol Baranangsiang Bogor

*Carbon Monoxide Dispersion in the Vicinity of
Baranangsiang Toll Gateway in Bogor*

Yudith Vega Paramitadevi

Program Keahlian Teknik dan Manajemen Lingkungan (TML), Program Diploma,
Institut Pertanian Bogor, Jl. Kumbang No. 14 Bogor 16152
email : vega_paramitadevi@yahoo.com

Diterima/disetujui : 21 Nopember 2014/ 28 Nopember 2014

ABSTRACT

Over the past decade, emission from carbon monoxide (CO) has risen due to the increase of vehicles per year. Bogor as a weekend tourist town has a heavy burden in terms of the volume of motor vehicles. The object of this study is Baranangsiang Bogor toll gateway, where queue of motor vehicles is often the case, and allegedly produces many pollutants CO. This study was conducted to simulate the CO concentration by the method of Finite Length Line Source (FLLS) around Baranangsiang Bogor toll gateway and recapitulate types of diseases associated with CO impacts on communities around the toll is in line with the pattern of increase in the volume of vehicles at 6 % per years. Based on the results of measurements and simulations that were conducted on four sampling points within 20 m and 190 m from the sources of pollution on 26 August to 1 September 2014, the concentration of CO is still within the range of quality standards in accordance with Regulation No. 41 of 1999 which is 634-9 189 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Dispersion of pollutants CO dominantly heading Eastwards with the wind speed measurements 1.5-5.2 m/s and atmospheric stability class B. Kampung Sawah RT 02 RW 07 is exposed to higher CO. Recapitulation of medical records showed that CO intoxication suspected cases of the disease are more common in Kampung Sawah housing than IPB Baranangsiang 4 Settlement.

Keywords: *Baranangsiang Toll Gate, Carbon Monoxide, CO Intoxication, Dispersion CO*

PENDAHULUAN

Karbon monoksida yang berasal dari emisi kendaraan bermotor merupakan penyebab utama polusi udara. Sebaran polusi udara tersebut dalam udara berpengaruh terhadap kualitas udara regional yang berakibat buruk terhadap kesehatan masyarakat (Emad *et al.* 2010; Abasloo *et al.* 2012). Dalam beberapa tahun terakhir di berbagai negara, CO yang bersumber dari asap kendaraan tersebut meningkat disebabkan penambahan kendaraan pertahun, sejalan dengan peningkatan kebutuhan alat transportasi konsumen (Mukherjee dan Visvanathan 2006; Mayer 2009; Nagendra dan Khare 2012).

Bogor sebagai kota wisata pada akhir pekan memiliki beban yang cukup berat dalam hal volume kendaraan bermotor dan industri penghasil CO. Beberapa tempat yang memiliki konsentrasi CO yang cukup tinggi di Bogor diantaranya persimpangan jalan, jalan protokol, pintu masuk tol, dan kawasan

industri (Pasha 2011). Obyek dalam penelitian ini yaitu pintu tol Baranangsiang. Di pintu masuk tol tersebut seringkali terdapat kemacetan kendaraan bermotor, yang diduga menghasilkan banyak gas CO. Gas CO meningkat seiring dengan perlambatan kendaraan bermotor (Mukherjee dan Visvanathan, 2006; Abasloo *et al.* 2012). Berdasarkan penelitian Endrayana (2010) di pintu tol Surabaya, konsentrasi CO rerata sebesar 7 845 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pada hari kerja sedangkan pada hari libur sebesar 8 708 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Apabila konsentrasi CO mencapai 11 700 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ selama paparan 10 jam, dapat menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan manusia seperti sakit dada, penyakit paru-paru, penyakit yang gejalanya seperti flu, dan sakit kepala (Clarke *et al.* 2012).

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan sebelumnya, dilakukan pendekatan matematis untuk menduga sebaran CO dan kaitannya dengan kesehatan penduduk di sekitar pintu tol Baranangsiang Bogor. Dalam penelitian ini, digunakan metode matematis *Finite Length Line Sources* (FLLS), yakni turunan dari model pencemar sumber garis *Gaussian* dengan pemrograman *Visual Basic* untuk mengkalkulasi konsentrasi CO. Rekapitulasi rekam medis dari kejadian intoksikasi CO juga dianalisis untuk mengetahui potensi dampak kesehatan CO.

METODOLOGI

Waktu dan Lokasi Pengukuran CO

Pengumpulan dan pengukuran sampel CO dilakukan di empat titik sekitar pintu tol Baranangsiang selama satu minggu dari 26 Agustus sampai 1 September 2014 sesuai dalam Gambar 1. Dua titik pertama ± 20 m tegak lurus dari poros jalan tol, letaknya di samping kiri dan kanan poros jalan. Dua titik berikutnya ± 190 m tegak lurus dari poros jalan tol, letaknya di KPP IPB Baranangsiang 4 dan pemukiman Kampung Sawah RT 02 RW 07. *Sampling* CO dilaksanakan pada hari kerja dan hari libur, empat (4) kali dalam sehari selama seminggu. Waktu *sampling* kurang lebih satu jam.

Kriteria yang digunakan untuk penentuan lokasi *sampling* CO yaitu SNI No. 19-7119.6-2005 tentang Penentuan Lokasi *Sampling* untuk Pengukuran Kualitas Udara Ambien. Gambar 1 menunjukkan lokasi pengukuran CO. Analisis sampel CO dilakukan di Laboratorium Budidaya Perairan IPB pada September-Oktober 2014.

Bahan

Bahan yang diolah dalam penelitian ini terdiri atas data primer, data sekunder dan bahan kimia. Data primer, meliputi :

1. Konsentrasi polutan CO berdasarkan pengukuran di lapangan.
2. Data meteorologi saat pengukuran dilakukan yakni arah dan kecepatan angin.
3. Koordinat titik-titik pengukuran dan poros jalan tol.

Data sekunder, meliputi :

1. Volume kendaraan bermotor yang melewati pintu tol Baranangsiang selama tiga tahun yakni 2011-2013, yang diperoleh dari PT Jasa Marga (Persero) Cabang Jagorawi.
 2. Data meteorologi dari Stasiun Meteorologi Kelas I Dramaga dan Stasiun Meteorologi Kelas III Citeko berupa data suhu, kelembaban relatif udara, arah dan kecepatan angin, serta intensitas radiasi selama tahun 2009-2013.
- Larutan kimia yang diperlukan terdiri dari KI sebagai penyerap CO dan Standar Iod sebagai larutan induk.



Gambar 1 Lokasi pengukuran polutan CO

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian meliputi perangkat pengolah data, pengukuran di lapangan dan peralatan analisis di laboratorium, yaitu sebagai berikut :

- a. Perangkat pengolah data yakni *Personal Computer* berbasis *Windows*.
Software yang digunakan antara lain:
 1. *Software Visual Basic 6.0* untuk simulasi.
 2. *Software Global Mapper 11.0* untuk *plotting* titik-titik *sampling*.
 3. *Software Surfer 8.0* untuk visualisasi arah dispersi.
- b. Perangkat pengukuran di lapangan yakni *impinger*, termometer normal, anemometer, *tripod*, manual *counter*, GPS, CO meter portabel.
- c. Perangkat analisis di laboratorium meliputi spektrofotometer, labu takar, *beaker glass*, pipet ukur dan tabung reaksi.

Pendugaan Konsentrasi CO di Sekitar Pintu Tol Baranangsiang

Penelitian ini mencakup lima tahap, yakni pengukuran konsentrasi CO, analisis konsentrasi CO di laboratorium, penyusunan model dispersi *Line Source Gaussian* menggunakan metode *Finite Length Line Source* (FLLS), visualisasi pola dispersi polutan CO dan rekapitulasi data rekam medis. Tahap analisis

konsentrasi CO di laboratorium mengacu pada SNI No. 19-4848-1996 tentang Metode Pentoksida.

Perhitungan beban emisi mengacu pada Mittal dan Sharma (2003) dengan pertimbangan kecepatan yang bervariasi dari 0–60 km/jam dan jangka waktu pemeliharaan kendaraan bermotor antara India dan Indonesia yang relatif sama yakni antara 10–15 tahun. Metode FLLS menentukan konsentrasi polutan gas termasuk penyebarannya dengan membagi ruas-ruas tiap *line source* menjadi segmen-segmen terkecilnya. Setelah didapatkan segmen-segmen terkecil maka dilakukan perhitungan jarak dari reseptor sampai sumber bergaris dengan tujuan menentukan parameter dispersi tiap reseptor (Lin dan Ge 2006; Goyal dan Khrisna 2013; Batterman 2010). Persamaan FLLS menurut Hassan *et al.* (2006) adalah :

$$c(x,x) = \frac{K}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}} (G2 - G1) \quad \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$$K = \frac{Q}{u \cdot \sigma_z} \left\{ \exp \left[-\frac{(x-H)^2}{2\sigma_x^2} \right] + \exp \left[-\frac{(x+H)^2}{2\sigma_x^2} \right] \right\}$$

$$G2 - G1 = \int_{B1}^{B2} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \exp \left(-\frac{B^2}{2} \right) dB^2$$

$$B2 = \frac{y_2}{\sigma_y}; B1 = \frac{y_1}{\sigma_y}$$

Keterangan :

- Q : Laju emisi sumber polutan. Pada *finite point source* digunakan satuan gram/detik, pada *finite line source* digunakan gram.m/detik.
- : Kecepatan angin pada posisi x (m/detik).
- σ_z : Parameter dispersi konsentrasi pada posisi z (m).
- z : Posisi arah z pada koordinat kartesius (pada penelitian ini z=0).
- H : Ketinggian efektif sumber emisi (pada penelitian ini H=0).
- B : Rasio panjang ruas jalan terhadap parameter dispersi σ_y .

Perhitungan yang dilakukan pada model menggunakan persamaan 1 meliputi beban emisi untuk memperoleh nilai Q, kecepatan angin untuk memperoleh nilai panjang jalan dan lokasi reseptor untuk memperoleh nilai σ_y serta B1 dan B2.

Tahap visualisasi data menggunakan *Surfer* berupa data koordinat, sehingga pola dispersi polutan terlihat menurut *isopleth* dari pemodelan. Rekomendasi diberikan apabila rekapitulasi rekam medis penduduk menunjukkan hubungan positif dengan peta *isopleth*.

Pengambilan Data Rekam Medis Penduduk

Rekam medis diperoleh dari dua Puskesmas di Kota Bogor, yakni Puskesmas Bogor Utara yang melayani perumahan IPB Baranangsiang 4, Puskesmas Bogor Timur yang melayani perumahan Kampung Sawah RT 02 RW 07. Sebanyak 2 Kecamatan di Bogor Utara yang beririsan dengan perumahan IPB Baranangsiang 4 diambil data rekam medisnya dan 1

Kecamatan di Bogor Timur yang beririsan dengan Kampung Sawah RT 02 RW 07 diambil data rekam medisnya. Rekapitulasi rekam medis dilakukan dari bulan Januari-Maret 2014.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Kepadatan Lalu Lintas di Sekitar Pintu Tol Baranangsiang Bogor

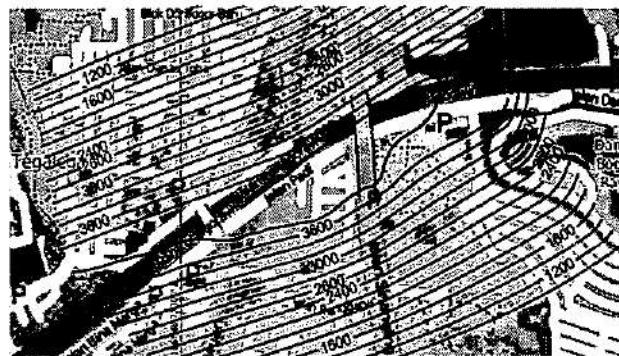
Pintu tol Baranangsiang memiliki sembilan gardu tol yang terdiri dari empat gardu sebagai loket tiket (*entrance*) dan empat gardu sebagai loket pembayaran (*exit*) serta satu gardu cadangan yang dapat berfungsi sebagai loket tiket maupun loket pembayaran (*entrance/exit*). PT. Jasa Marga mencatat, total volume lalu lintas keluar dan masuk pintu tol di kota Bogor setiap tahunnya mencapai 9 hingga 10 juta unit. Rata-rata jumlah kendaraan yang melewati satu gardu tol per satu jam adalah sebanyak 270 unit.

Pada akhir pekan, rata-rata kendaraan yang tercatat melewati pintu tol Baranangsiang dapat mencapai 70 000 unit/hari. Sementara pada hari kerja rata-rata kendaraan hanya sekitar 55 000 unit. Kepadatan lalu lintas yang terjadi pada hari libur disebabkan oleh aktivitas wisata keluarga dengan daerah tujuan utama kota Bogor.

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Jasa Marga selama tahun 2011-2013, jenis kendaraan yang paling dominan melewati pintu tol adalah kendaraan pribadi. Kendaraan tersebut tergolong dalam kendaraan berbahan bakar bensin dan solar dua gandar atau golongan I, dan mencakup sekitar 97% total kendaraan. Setelah itu diikuti oleh kendaraan golongan II yakni truk kecil dan bus kecil berbahan bakar solar dua gandar (3.05%). Sisanya 0.17% adalah golongan III, sedangkan golongan IV dan V masing-masing 0.03% dan 0.02%.

Simulasi Hasil Permodelan

Software dalam penelitian ini dibuat menggunakan bahasa *Visual Basic 6.0* agar diperoleh keakuratan dan kemudahan dalam perhitungan konsentrasi CO model. Simulasi CO dilakukan pada bulan Juli-September 2014 menggunakan program Surfer 8.0 yang ditunjukkan pada Gambar 2(a-c). Data meteorologi dan kondisi lalu lintas yang digunakan dalam simulasi adalah rerata lima tahunan, dengan rerata kecepatan angin sebesar 1.31 m/detik, arah angin dominan ke Timur sebesar 296°, kelas stabilitas atmosfer kelas B, rerata kendaraan yang melintas sebesar 2559 unit/hari.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2 Simulasi CO (a) bulan Juli 2014; (b) Agustus 2014 dan (c) September 2014

Konsentrasi CO yang paling tinggi 4 000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pada 20 m di titik kanan dari poros jalan tol. Menurut rumusan FLLS, faktor distribusi angin berpengaruh dalam dispersi polutan. Semakin kecil sudut yang tegak lurus terhadap jalan maka kecepatan relatif semakin kecil sehingga faktor pengali K berkurang. Akibatnya konsentrasi CO hasil permodelan menjadi semakin tinggi.

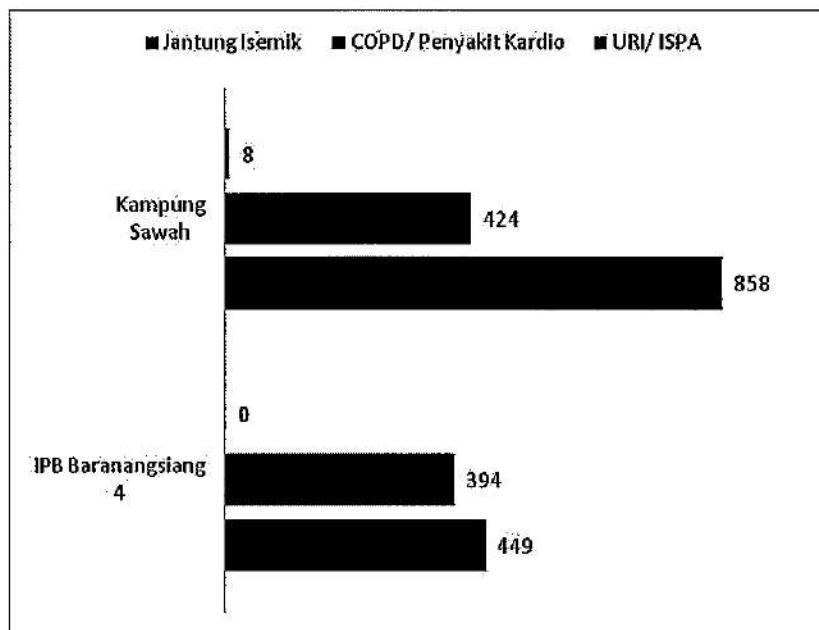
Analisis Rekam Medis Penduduk di Sekitar Pintu Tol Baranangsiang Bogor

Berdasarkan hasil simulasi dispersi polutan CO dalam penelitian ini dominan menuju ke arah Timur. Titik perumahan penduduk yang terpapar CO lebih tinggi yaitu perumahan Kampung Sawah RT 02 RW 07. Konsentrasi CO

tertinggi pada bulan Juli 2014 sekitar $1200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pada titik yang lain, yakni Perumahan KPP IPB Baranangsiang 4, konsentrasi CO tertinggi di bulan yang sama sebesar $1150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Proyeksi kenaikan jumlah kendaraan di Jabodetabek yang meningkat hampir 6 % tiap tahunnya (Rosdiana 2009) menjadi indikasi meningkatnya konsentrasi polutan CO. Dengan demikian, meskipun konsentrasi hasil simulasi masih jauh di bawah baku mutu 24 jam yakni $10\,000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, analisis rekam medis penduduk tetap dilakukan.

Masyarakat perkotaan mempunyai kandungan HbCO dalam darah sekitar 2-6 % (Handa dan Tai 2005), gejala intoksikasi CO akan dirasakan reseptor setelah kandungan HbCO dalam darah mencapai 10 % (Adir *et al.* 2009). Dalam penelitian ini digunakan data penyakit *Upper Respiratory Illness (URI)* akut tidak spesifik dan penyakit sistem pembuluh darah seperti *Isemic Cardiac Disease (ICD)* serta gagal jantung. Klasifikasi intoksikasi CO terdiri dari penyakit *URI* akut dan *Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)*. Gambar 3 menunjukkan hasil rekapitulasi rekam medis pada tiga puskesmas tersebut pada penyakit yang berhubungan dengan intoksikasi polutan CO.



Gambar 3 Rekapitulasi rekam medis pada penyakit yang berhubungan dengan intoksikasi polutan CO pada bulan Januari-Maret 2014

Rekam medis yang mengacu pada Gambar 3 diperoleh dari jumlah kejadian penyakit pada penduduk yang tinggal di wilayah cakupan Puskesmas masing-masing. Jumlah kejadian karena penyakit sistem pembuluh darah terhitung rendah, terutama di wilayah KPP IPB Baranangsiang 4. Hasil rekapitulasi menunjukkan tingginya jumlah pasien dengan penyakit COPD ada di

Kampung Sawah Kelurahan Baranangsiang. Hal yang sama ditemukan pada penyakit URI.

Dispersi polutan CO bergerak ke arah Timur yakni ke Kampung Sawah, namun penarikan kesimpulan bahwa kasus kejadian penyakit URI dan COPD di Kampung Sawah yang lebih banyak dibandingkan di KPP Baranangsiang 4 harus dikaji lebih lanjut. Hal ini disebabkan analisis kesehatan HbCO tidak dilakukan pada reseptor pada wilayah tersebut. Menurut hasil penelitian Handa dan Tai (2005), di Indonesia sendiri jarang dilakukan pemeriksaan terhadap HbCO pada pasien, akibatnya pasien yang terpapar polutan CO sudah datang dalam keadaan akut saat dibawa ke pusat pelayanan kesehatan terdekat.

SIMPULAN

Hasil simulasi pada bulan Juli-September 2014, dengan konsentrasi CO tertinggi adalah 4000 mg/Nm³ pada titik bahu kanan tegak lurus poros jalan tol. Simulasi juga menunjukkan dispersi polutan CO mengarah ke Timur, yakni pemukiman Kampung Sawah.

Rekapitulasi rekam medis menunjukkan tingginya jumlah pasien yang menderita penyakit jantung isemik, ISPA dan kardiopulmoner sebesar 8.858 dan 424 kejadian selama Januari-Maret 2014 di pemukiman Kampung Sawah.

SARAN

Penarikan relasi antara tingginya angka kejadian penyakit di Kampung Sawah dengan dispersi polutan CO sebaiknya dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasloo A., J. F. Kaljahi and F. Esmailzadeh. 2012. Prediction of three dimensional CO concentration distribution in Zand tunnel of Shiraz using Computational Fluid Dynamic (CFD) method. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* vol. 1. pp. 67-76.
- Batterman SA, Zhang K, and Kanonowech R. 2010. Predictions and analysis of near road concentration using a dispersion model. *Environmental Health* 29(9): 1-18.
- Clarke S, Shian C, and Murray CV. 2012. Screening for carbon monoxide exposure in selected patient groups attending rural and urban emergency departments in England: a prospective observational study. *British Medical Journal Open* 2(1).doi:10.1136/bmjopen-2012-000877.
- Emad AA, Sayed MES, and Kaseem KO. 2010. Computer Simulation For Dispersion Of Air Pollution Released From A Line Source According To Gaussian Model. 2009 Mar 23-24; Kairo, Mesir. Kairo (EG): *Proceedings Of The 4th Environmental Physics Conference*: 63-70.
- Endrayana PLE, dan Widodo B. 2011. Simulasi model dispersi polutan karbon monoksida di pintu tol. 2011 May 14; Yogyakarta, Indonesia. Yogyakarta (ID): *Prosiding Seminar Nasional Penelitian FMIPA UNY*: 1-9.

- Goyal P and Khrisna RK. 2013. A line source model for Delhi. *Transportation Research Part D*(4): 241-249.
- Handa PK and Tai DYH. 2005. Carbon monoxide poisoning: a five year review at Tan Tock Seng Hospital Singapore. *Ann Acad Med Singapore* 34(1): 611-614.
- Hassan H, Singh MP, Gribben RJ, Srivastava RM, Radojevic M, and Latif A. 2006. Application of Line Source Air Quality Model to The Study of Traffic Carbon Monoxide in Brunei Darussalam. *ASEAN J. on Science and Technology for Development* 17(1): 59-76.
- [Jasa Marga] 2012. Data Rekapitan Volume Lalu Lintas Tol Jagorawi. Jakarta : PT.Jasa Marga Cabang Jagorawi.
- Lin J and Ge YE. 2006. Impacts of traffic heterogeneity on roadside air pollution concentration. *Transportation Research Part D*(11): 166-170. doi:10.1016/j.trd.2005.12.001.
- Mittal ML and Sharma P. 2003. Anthropogenic emission from energy activities in India: Generation and source characterization Emission from vehicular transport part II. USAID.
- Mukherjee P and Visvanathan S. 2006. Carbon monoxide modeling from transportation sources. *Chemosphere* 45(1): 1071-1083.
- Nagendra SMS and Khare M. 2012. Artificial neural network based line source models for vehicular exhaust emission predictions of an urban roadway. *Transportation Research Part D*(9): 163-173.
- Pasha A. 2011. Simulasi Dispersi Gas Karbon Monoksida (CO) Dalam Gardu Tol Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) Studi Kasus: Gerbang Tol Bogor [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rosdiana H. 2009. Menggagas model proyeksi penerimaan PKB dan BBNKB. *Jurnal Ilmu Administrasi dan Organisasi* 16(3): 147-159.