

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA PETUGAS PENGUMPUL TOL DI SEMARANG

Devita Nur Aprilia, Nurjazuli, Tri Joko

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro

Email: devitanuraprilialia06@gmail.com

Abstract: Semarang has a toll way with a traffic growth rate of 6% per year. Since 2009 to 2013, there has been an increase in average daily vehicle traffic from 78.335 to 133.165 vehicles per day. Most of CO concentrations at four Semarang toll gates, Tembalang, Manyaran, Gayamsari and Muktiharjo toll gates, exceed the quality standard set by WHO and are close to the air quality standard specified in Decree of the Governor of Central Java Number 8 of 2001. The purpose of this study is to analyze the environmental health risks of Carbon Monoxide gas (CO) exposure to the toll collectors in Semarang. The type of this research is a Cross Sectional study with Environmental Health Risk Analysis method (ARKL). The subject sample of this study was the toll collectors who have worked for more than one year, while the object sample was the concentration of CO gas in toll collecting booth at each toll gate. The results showed that the concentration of Carbon Monoxide gas (CO) in ambient air of Semarang toll booths ranged from 3.45 mg/m³ up to 26.97 mg/m³, with an average of 10.61 mg/m³. The average of exposure time was 8 hours, with the frequency of exposure was 264 days, and the duration of exposure was 15.5 years. The calculation of individual risk values to the toll collectors showed the value of RQ <1 for real-time and lifetime exposure. The conclusion of this study was that the average concentration of CO was below the standards. The risk of Carbon Monoxide gas (CO) exposure in present (realtime) and in 30 years (lifetime) has not shown a risk of non carcinogenic.

Keywords : toll collector, carbon monoxide, environmental health risk assessment

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk Kota Semarang setiap tahunnya mengakibatkan peningkatan jumlah kendaraan mulai dari bus, truk, taksi, oplet/ mikrolet, mobil dinas/ pribadi, dan sepeda motor.¹ Akibatnya, jumlah kendaraan bermotor yang turun ke jalan semakin banyak. Peningkatan jumlah kendaraan ini tidak jarang menyebabkan

kemacetan di ruas jalan kota, terutama pada jam-jam sibuk di pagi dan sore hari. Kemacetan yang terjadi di setiap ruas jalan kota mengakibatkan sebagian orang mencari jalan alternatif.

Salah satu jalan alternatif yang digunakan oleh sebagian besar masyarakat adalah jalan tol. Jalan tol biasa digunakan sebagai alternatif baik dalam kota maupun

luar kota. Jalan tol merupakan jalan sebagai bagian dari sistem jaringan jalan yang mana pengguna jalan tol wajib membayar uang tol.² Kendaraan yang melintasi ruas jalan tol akan berhenti beberapa saat di pintu tol untuk melakukan pembayaran tol. Dalam keadaan tertentu, khususnya saat jam-jam sibuk pada pagi dan sore hari terjadi antrean kendaraan. Kendaraan akan melambat, berhenti, dan melaju kembali setelah melakukan pembayaran tol yang mengakibatkan emisi dari kendaraan di pintu tol lebih banyak dibandingkan dengan ruas jalan tol dimana kendaraan melaju dengan lancar.

Gas buang kendaraan bermotor yang paling banyak dihasilkan adalah Karbon Monoksida (CO) yaitu sebesar 71%.³ CO adalah gas yang tidak berwarna, tidak menyebabkan iritasi, tidak berbau, tidak berasa yang ditemukan di udara dalam ruangan dan luar ruangan.⁴ Paparan gas CO pada kadar rendah dapat menyebabkan perubahan neurologik, aktivitas menurun, kenaikan hematokrit dan perubahan pada fetus atau janin bagi wanita hamil.⁵ Sedangkan paparan pada kadar tinggi atau dampak akut paparan gas CO dapat menyebabkan kematian. Gas CO yang masuk ke dalam tubuh dapat terikat lebih kuat dengan hemoglobin dalam membentuk karboksihemoglobin (COHb). Hal ini mengakibatkan terhambatnya pasokan oksigen ke dalam tubuh.⁶

WHO menyebutkan bahwa penderita penyakit jantung atau paru-paru tidak boleh terpapar gas CO dengan kadar yang dapat membentuk kadar COHb di atas 2,5% karena kelompok tersebut merupakan kelompok yang peka terhadap paparan CO.

Paparan CO sebesar $35\text{mg}/\text{m}^3$ selama 1 jam dan $20\text{mg}/\text{m}^3$ selama 8 jam merupakan keadaan yang ekuivalen dalam membentuk COHb di atas 2,5%. Sehingga WHO menetapkan standar paparan CO tidak boleh melebihi 25 ppm ($29\text{mg}/\text{m}^3$) untuk waktu 1 jam dan 10 ppm ($11,5\text{mg}/\text{m}^3$) untuk waktu 8 jam.⁷

Sebuah penelitian tentang dispersi polutan Karbon monoksida di ruas tol Dupak Surabaya pada tahun 2011 dilakukan untuk mengetahui pola penyebaran polutan CO di pintu masuk tol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CO tertinggi adalah di sekitar pintu masuk tol karena kendaraan yang masuk ke jalan tol akan mengurangi kecepatannya dan relatif berhenti. Sehingga konsentrasi gas CO meningkat, dimana semakin jauh dari pintu masuk gerbang tol dan searah dengan arah angin, konsentrasi CO makin berkurang.⁸ Konsentrasi CO akan meningkat saat mesin kendaraan dalam kondisi diam yaitu 4-6% dan saat mesin mengalami percepatan dan perlambatan adalah sebesar 0-6% dan 2-4%. Kondisi emisi CO yang relatif rendah adalah saat kendaraan berjalan normal yaitu 1-4%.⁹

Semarang memiliki jalan tol dengan laju lalu lintas cukup padat dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas 6% per tahun. Sejak tahun 2009 hingga 2013 terjadi peningkatan laju lalu lintas harian rata-rata kendaraan di jalan tol dari 78.335 hingga 133.165 kendaraan/hari.¹⁰ Pengukuran yang dilakukan oleh Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2010 menunjukkan konsentrasi CO di empat gerbang tol yaitu gerbang tol Tembalang, gerbang tol Manyaran, gerbang tol

Gayamsari, dan gerbang tol Muktiharjo masing-masing sebesar $14.887 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $12.597 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $12.597 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan $10.307 \mu\text{g}/\text{m}^3$.¹¹ Nilai ini sebagian besar melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh WHO dan mendekati baku mutu kualitas udara yang ditetapkan dalam SK Gubernur Jawa Tengah No. 8 tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien Provinsi Jawa Tengah yaitu $15.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.¹²

Pada setiap pintu tol, terdapat petugas pengumpul tol yang bekerja dalam jangka waktu tertentu secara rutin dengan sistem pergantian kerja sesuai dengan shift kerja masing-masing. Kondisi ini akan menyebabkan petugas pengumpul tol terpapar gas CO yang dihasilkan oleh kendaraan yang berhenti dan mengantre di pintu tol selama waktu kerjanya.

Adanya pengaruh dari pajanan gas CO pada petugas pintu tol dapat meningkatkan risiko kesehatan, salah satunya kadar CO dalam darah (COHb). Karena penghapusan COHb dari tubuh adalah proses yang lambat, pajanan terus-menerus sejak pekerja mulai bekerja bahkan dengan konsentrasi CO yang rendah dapat meningkatkan COHb dalam darah dan risiko kesehatan lainnya.¹³

Meskipun penelitian tentang pengukuran konsentrasi gas CO di gerbang tol sudah pernah ada, namun belum dilakukan pengukuran seberapa besar risiko pada petugas tol akibat pajanan gas CO yang dihasilkan oleh kendaraan yang berhenti dan mengantre.

Salah satu metode untuk mengukur risiko kesehatan akibat pajanan toksikan pada orang atau komunitas terpapar adalah metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan rancangan penelitian *cross sectional* dan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARK). Populasi dan sampel subjek dalam penelitian ini adalah petugas pengumpul tol dengan total sampel sebanyak 54 orang. Sedangkan populasi dan sampel objek dalam penelitian ini adalah konsentrasi gas CO di setiap gardu tol non otomatis pada gerbang tol Manyaran, Tembalang, Gayamsari, dan Muktiharjo berjumlah 18 titik.

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari pengukuran konsentrasi gas CO dengan menggunakan CO analyzer yang dilakukan pada masing-masing gardu selama 10 menit pada pagi dan sore hari, wawancara dengan menggunakan kuesioner kepada responden, observasi, dan pengukuran tinggi badan serta berat badan responden. Data sekunder bersumber dari PT. Jasa Marga (Persero) Tbk. Cabang Semarang, jurnal, dan buku.

Data yang terkumpul diolah menggunakan perangkat lunak pengolah data dengan tahapan *editing*, *entry*, dan *cleaning*. Analisis data dilakukan secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO)

Rata-rata konsentrasi dari 45 pengukuran adalah $10,61 \text{ mg}/\text{m}^3$. Nilai ini jika dibandingkan dengan baku mutu gas Karbon Monoksida (CO) pada Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001 yaitu sebesar $15.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atau $15 \text{ mg}/\text{m}^3$ maka rata-rata konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) pada gerbang tol Semarang masih di bawah baku

mutu yang ditetapkan. Namun, jika dilihat dari konsentrasi pada setiap titik sampling, terdapat 9 titik yang melebihi baku mutu.¹²

Adanya perbedaan konsentrasi gas CO pada tiap gerbang dikarenakan kondisi lalu lintas di setiap gerbang yang berbeda-beda. Titik pengukuran dengan konsentrasi gas CO tertinggi terdapat pada gerbang tol Muktiharjo sebesar 26,97 mg/m³, dimana hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa titik tersebut didominasi oleh kendaraan-kendaraan besar seperti truk dan bus. Pada saat tertentu, konsentrasi CO dapat meningkat secara drastis mencapai 185 ppm atau setara dengan 212,75 mg/m³. Hal ini dikarenakan adanya emisi yang cukup tinggi yang dikeluarkan oleh kendaraan besar seperti truk dan bus, baik yang menggunakan bahan bakar bensin maupun solar. Akibatnya, jika suatu gardu secara terus menerus didominasi oleh kendaraan-kendaraan besar, terdapat risiko terjadinya pajanan gas CO yang cukup tinggi pada petugas pengumpul tol. Semakin banyak jumlah kendaraan yang melintas dan mengantre di gardu tersebut semakin besar risiko petugas pengumpul tol terpajan gas CO. Sebuah penelitian yang dilakukan di jalan nasional kota Semarang menunjukkan adanya hubungan kepadatan lalu lintas dengan konsentrasi CO sehingga pajanan tersebut memberikan beban kepada masyarakat di sekitar jalan yang ditunjukkan dengan adanya hubungan konsentrasi gas CO dengan konsentrasi COHb pada masyarakat.¹⁴

Selain itu, berdasarkan hasil pengamatan di lapangan

diketahui adanya perbedaan peningkatan konsentrasi CO pada kendaraan yang secara fisik terlihat kurang terawat dan berusia tua dengan kendaraan-kendaraan yang terlihat lebih terawat dimana konsentrasi CO akan meningkat pada kendaraan-kendaraan yang tidak terawat dan berusia tua. Kadar gas CO pada gas buang kendaraan bermotor dapat ditekan sekecil mungkin dengan perawatan yang baik terhadap mesin. Karburator yang tidak terawat, tidak dapat mencampur bahan bakar dengan udara yang baik sehingga pembakaran yang terjadi tidak sempurna. Kendaraan tahun rendah (kendaraan tua) sebagian besar menghasilkan emisi gas buang yang melebihi ambang batas yang ditetapkan.¹⁵

Adanya perbedaan rata-rata konsentrasi gas CO pada setiap gerbang juga dipengaruhi oleh keadaan meteorologi saat melakukan pengukuran. Pengukuran dilakukan saat musim penghujan dimana saat musim penghujan, kelembaban cenderung tinggi. Kelembaban yang tinggi akan mempengaruhi konsentrasi gas pencemar di udara. Semakin tinggi kelembaban, maka konsentrasi zat pencemar di udara semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh kadar uap air di udara yang dapat bereaksi dengan pencemar di udara menjadi zat lain yang tidak berbahaya atau menjadi pencemar sekunder.^{16,17}

B. Lama Pajanan dan Berat Badan Responden

Hasil wawancara kepada responden menunjukkan bahwa setiap responden bekerja selama 8 jam pada setiap shift. Umumnya

responden bekerja selama 1 shift/hari sehingga waktu pajanan yang digunakan dalam menghitung nilai asupan atau intake gas CO adalah 8 jam/hari. Responden bekerja selama 20-24 hari dalam 1 bulan sesuai pergantian shift sehingga frekuensi pajanan dalam menghitung nilai asupan atau intake gas CO menggunakan rata-rata frekuensi setiap responden yaitu 22 hari dalam 1 bulan. Frekuensi pajanan selama 1 tahun adalah 264 hari.

Tabel 1. Distribusi Durasi Pajanan Gas Karbon Monoksida (CO) pada Petugas Pengumpul Tol di Semarang

Rata-rata durasi pajanan pada petugas pengumpul tol di Semarang adalah 12,9 tahun. Durasi pajanan terendah adalah 2 tahun dan tertinggi mencapai 29 tahun. Rata-rata durasi pajanan tertinggi adalah 20,56 tahun pada petugas pengumpul tol Tembalang. Sedangkan rata-rata durasi pajanan terendah adalah 3,5 tahun pada petugas pengumpul tol Gayamsari.

Terdapat perbedaan rata-rata durasi pajanan pada keempat gerbang. Rata-rata durasi pajanan tertinggi yaitu pada petugas pengumpul tol di gerbang tol Tembalang. Data rata-rata durasi pajanan menunjukkan adanya perbedaan yang cukup tinggi antara durasi pajanan pada petugas pengumpul tol di gerbang tol Tembalang dan Mayaran dengan petugas pengumpul tol di gerbag tol Gayamsari dan Muktiharjo. Rata-rata durasi pajanan pada petugas pengumpul tol Tembalang dan Manyaran lebih tinggi dibandingkan dengan durasi pajanan pada petugas pengumpul

tol Gayamsari dan Muktiharjo. Durasi pajanan akan mempengaruhi jumlah asupan gas CO yang diterima oleh petugas pengumpul tol. Semakin lama seseorang bekerja maka semakin banyak terpapar zat berbahaya ke dalam tubuh oleh lingkungan kerja yang tidak sehat.¹⁸ Akibatnya, petugas pengumpul tol dengan durasi pajanan yang lebih lama memiliki risiko terpajan gas CO lebih tinggi. Lingkungan gerbang tol yang setiap saat dilalui kendaraan sangat berpotensi menimbulkan dampak bagi kesehatan petugas yang setiap hari terpajan secara langsung dengan emisi kendaraan yang

Gerbang Tol	N	Mean (th)	Min (th)	Max (th)
Manyaran	14	19,5	5	29
Tembalang	16	20,56	15	29
Gayamsari	10	3,5	2	5
Muktiharjo	14	4,43	3	6
Mean: 12,9 th		Min : 2 th		Max : 29 th

berhenti pada setiap gardu tol. Meskipun nilai konsentrasi gas CO masih berada di bawah baku mutu, namun pajanan secara terus menerus akan mempengaruhi jumlah asupan dari gas tersebut dimana durasi pajanan berbanding lurus dengan asupan atau intake. Semakin lama seseorang tinggal di daerah yang tercemar maka semakin tinggi risiko terhadap gangguan kesehatan.

Rata-rata berat badan petugas pengumpul tol di Semarang adalah 67,7 kg. Berat badan terendah adalah 50 kg dan tertinggi mencapai 95 kg. Rata-rata berat badan tertinggi adalah 70,25 kg pada petugas pengumpul tol Tembalang. Sedangkan rata-rata berat badan terendah adalah 63,5 kg pada petugas pengumpul tol Gayamsari.

C. Karakterisasi Risiko

Tabel 2. Distribusi Nilai RQ Gas Karbon Monoksida (CO) Proyeksi Paparan *Realtime* dan *Lifetime* pada Petugas Pengumpul Tol di Semarang

Rata-rata nilai RQ_{realtime} non karsinogenik gas CO pada petugas pengumpul tol di Semarang adalah 0,520. Nilai RQ_{realtime} terendah adalah 0,007 dan tertinggi mencapai 0,191. Sedangkan rata-rata RQ_{lifetime} adalah 0,134. Nilai RQ_{lifetime} terendah adalah 0,039 dan tertinggi mencapai 0,352.

Hasil perhitungan nilai risiko secara matematis menunjukkan bahwa tingkat risiko dari paparan gas Karbon Monoksida (CO) pada saat ini (*realtime*) dan selama 30 tahun (*lifetime*) pada petugas pengumpul tol Semarang belum menunjukkan risiko non karsinogenik akibat paparan gas CO ($RQ \leq 1$).

Nilai RQ dipengaruhi oleh *intake* masing-masing responden berdasarkan data pola paparan dan antropometri responden. Perbedaan pola paparan dalam hal konsentrasi serta durasi mempengaruhi asupan yang diterima oleh responden. Berdasarkan hasil perhitungan RQ, semakin lama durasi paparan responden maka semakin besar *intake* dari responden tersebut. Akibatnya semakin besar pula risiko kesehatan akibat dari paparan gas CO yang diterima responden.

Meskipun dalam perhitungan secara matematis belum menimbulkan risiko namun jika dilihat dari data karakteristik responden terdapat beberapa faktor yang dapat mengakibatkan paparan gas CO menjadi berisiko

terhadap kesehatan petugas. Antara lain karakteristik umur responden, status gizi, kebiasaan merokok, penggunaan APD, dan adanya riwayat penyakit paru pada responden.

No	Variabel	N	Mean	Min	Max
1	RQ _{realtime}	54	0,520	0,007	0,191
2	RQ _{lifetime}	54	0,134	0,039	0,352

Karakteristik umur dan status gizi responden berhubungan secara tidak langsung dengan adanya efek non karsinogenik akibat gas CO. Responden dengan umur di atas 40 tahun dan responden dengan status gizi tidak normal lebih berisiko mengalami gangguan pada fungsi paru. Akibatnya, responden dengan karakteristik tersebut secara tidak langsung lebih berisiko mengalami efek non karsinogenik akibat paparan gas CO. Berdasarkan karakteristik umur responden, petugas pengumpul tol di gerbang tol Manyaran dan Tembalang memiliki rata-rata umur di atas 40 tahun sehingga lebih berisiko terhadap gangguan kesehatan akibat paparan gas CO.

Responden yang memiliki kebiasaan merokok mempunyai risiko lebih besar akibat adanya paparan CO dari asap rokok yang mengandung konsentrasi CO lebih dari 20.000 ppm. Sebagian besar responden yang merokok dalam penelitian ini merupakan perokok sedang yang mana kadar COHb dapat mencapai 5,9%.¹⁹ Selain itu, dari hasil pengamatan di lapangan beberapa responden yang tidak merokok ikut terpajan asap rokok sehingga memungkinkan risiko kesehatan akibat paparan CO terjadi. Hal ini, mengakibatkan perokok aktif dan

pasif semakin berisiko apabila terpajan oleh CO dari asap kendaraan saat bekerja.

Penggunaan APD pada responden juga perlu diperhatikan. Meskipun secara kuantitas sebagian besar responden menggunakan APD, namun APD yang digunakan oleh beberapa responden tidak sesuai dengan standar APD yang telah disediakan. Responden seharusnya menggunakan masker atau respirator namun hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa terdapat responden yang menggunakan masker sekali pakai sehingga dapat mempengaruhi asupan gas CO ke dalam tubuh.

Responden yang memiliki riwayat penyakit paru merupakan salah satu kelompok yang peka terhadap adanya pajanan gas CO.²⁰ Meskipun dalam penelitian ini hanya ditemukan 1 orang responden yang memiliki riwayat penyakit paru, namun responden tersebut memiliki risiko yang lebih besar terhadap efek-efek negatif dari pajanan gas CO.

Nilai $RQ_{realtime}$ tertinggi terdapat pada responden di gerbang tol gerbang tol Manyaran. Petugas pada gerbang tol Manyaran memiliki rata-rata durasi pajanan yang tinggi sehingga nilai $RQ_{realtime}$ lebih tinggi dibandingkan dengan petugas pengumpul tol lainnya yang memiliki durasi pajanan yang rendah. Sedangkan untuk $RQ_{lifetime}$ tertinggi terdapat pada gerbang tol Muktiharjo. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi gas CO yang tinggi dan durasi pajanan *lifetime* yang mencapai 30 tahun.

Pengaruh beracun gas CO terhadap tubuh manusia terutama

disebabkan oleh reaksi antara CO dengan hemoglobin (Hb) di dalam darah. Hemoglobin di dalam darah secara normal berfungsi dalam sistem transpor dalam membawa oksigen dalam bentuk oksihemoglobin (O_2Hb) dari paru-paru ke sel-sel tubuh dan membawa CO dalam bentuk CO_2Hb dari sel-sel tubuh ke dalam paru-paru. Dengan adanya CO, hemoglobin dapat membentuk karboksihemoglobin, jika reaksi tersebut terjadi maka kemampuan darah untuk mentransport oksigen menjadi berkurang. Afinitas CO terhadap hemoglobin adalah 200 kali lebih tinggi daripada afinitas oksigen terhadap hemoglobin, akibatnya jika CO dan O_2 terdapat bersama-sama di udara akan terbentuk COHb dalam jumlah jauh lebih banyak dari pada O_2Hb .²¹

KESIMPULAN

1. Rata-rata konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) dalam udara ambien di gerbang tol Semarang adalah $10,61 \text{ mg/m}^3$ menunjukkan nilai di bawah baku mutu yang ditetapkan pada Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001
2. Terdapat 9 titik pengukuran yang menunjukkan nilai konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) di atas baku mutu yang ditetapkan pada Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001
3. Rata-rata waktu pajanan, durasi pajanan, dan frekuensi pajanan pada responden petugas pengumpul tol Semarang adalah 8 jam, 264 hari, dan 12,9 tahun.
4. Risiko dari pajanan gas Karbon Monoksida (CO) pada saat ini (realtime) dan selama 30 tahun (lifetime) pada petugas pengumpul tol Semarang belum

menunjukkan risiko non karsinogenik akibat paparan gas CO (RQ \leq 1).

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. Jenis Angkutan di Kota Semarang, 2005 - 2014. <http://semarangkota.bps.go.id>. Accessed January 1, 2016.
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 tahun 2005 Tentang Jalan Tol. Badan Pengatur Jalan Tol. <http://bpjt.pu.go.id>. Accessed January 1, 2016.
3. Wardhana W. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset; 2001.
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Chemical and Physical Information. In: *Toxicological Profile for Carbon Monoxide*. ; 2009:207-209.
5. Yuantari MC. Perbedaan Paparan Gas CO dalam Darah pada Tukang Parkir di Area Parkir Terbuka dan Tertutup Kota Semarang. *J Visikes*. 2009;8(1):39-45.
6. Kusuma Y. Pengaruh Bahan Bakar pada Aktivitas Transportasi terhadap Pencemaran Udara. *J Sigma-Mu*. 2013;5(1):87-101.
7. World Health Organization. *Carbon Monoxide (Second Edition)*. Geneva; 1999.
8. Endrayana P.L.E, Widodo B. Simulasi Model Dispersi Polutan Karbon Monoksida di Pintu Masuk Tol (Studi Kasus Line Source di Ruas Tol Dupak, Surabaya). In: *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*. Surabaya; 2011:1-9.
9. Rao M., Rao. *Air Pollution*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited; 1994.
10. PT. Jasa Marga Semarang. Layanan Jalan Tol Semarang. PT. Jasa Marga. www.jasamarga.com. Accessed January 1, 2016.
11. Hardiningyas N. Perbedaan Kadar Pb dalam Darah Petugas Pengumpul Tol berdasarkan Kepadatan Kendaraan di Seluruh Gerbang Tol di Semarang. 2010.
12. Surat Keputusan Gubernur Provinsi Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Provinsi Jawa Tengah.
13. Smart R, Hodgson. *Cardiovascular Toxicity Introduction to Biochemical Toxicology*. United States: Icon Learning System; 2001.
14. Anggarani DN, Rahardjo M, Nurjazuli. Hubungan Kepadatan Lalu Lintas dengan Konsentrasi COHb pada Masyarakat Berisiko Tinggi di Sepanjang Jalan Nasional Kota Semarang. *J Kesehat Masy*. 2016;4(2):139-148.
15. Muzianzyah D, Sulistyorini R, Sebayang S. Model Dispersi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung). *J ReKayasa Sipil dan Desain*. 2015;3(1).
16. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran

- Udara. 1999.
17. Soedomo. *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB; 2001.
 18. Nadia W. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Paru pada Pemulung di TPA Jatibarang Kota Semarang. *J Kesehat Masy*. 1(2):263-271.
 19. Fardiaz S. *Polusi Air Dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius; 2006.
 20. Sunu P. *Melindungi Lingkungan*. Jakarta: Grasindo; 2001.
 21. Situmorang M. *Kimia Lingkungan*. Medan: USU Press; 2012.
 22. Sentra Informasi Keracuan Nasional (SIKer Nas) Pusat Informasi Obat dan Makanan. Karbon Monoksida. <http://ik.pom.go.id/v2016/informasi-bahan-berisiko-keracunan>. Published 2010. Accessed February 25, 2017.
 23. World Health Organization. *Carbon Monoxide-ToxFAQs*; 2007.