

PENGARUH JUMLAH KENDARAAN DAN FAKTOR METEOROLOGI TERHADAP KONSENTRASI KARBON MONOKSIDA (CO) DI JALAN PANDANARAN KAWASAN SIMPANG LIMA, KOTA SEMARANG

Sartikasmawaty Sinaga, Sudarno, Dwi Siwi Handayani

Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

ABSTRAK

Jl. Pandanaran is one of street in semarang city that connects simpang lima area and Tugu muda, so that this street is often impassable by vehicles. This condition could increase the concentration of CO that caused by emission that emitted from vehicle. The meteorology factor such as temperature, humidity, wind speed and wind direction are also affect the concentration on that street as well. In addition, Jl. Pandanaran is also has high buildings on the both sides of the streets like office buildings, hotels, so that it could cause the CO hard to get dispart. Study method was conducted directly for 3 hours of rush time, at 07:00-08:00, 13:00 -14:00, and 16:00-17:0 include the recording of CO concentration and meteorology factor every 10 minutes per its hour. This study shows that CO concentration is in range 7 to 19 ppm. In this study, the total of vehicle gives the positif effect to CO concentration, humidity also as well. And temperature, wind speed give negative effect to CO concentration. Beside of it, the wind direction at the time of study moved toward the South west and Northeast. South west directional most parallel to the road while the Northeast is almost perpendicular to the road. So that the concentration of CO which the wind moved toward the Northeast is higher than the South west one. Based on the circulation of pollutant dispersion instreet canyon (Dabberdt et al, 1973:495), wind direction which is moving perpendicular to the road will cause the pollutants can not be dispersed rapidly due to buildings on the road so that the concentration of CO will be getting higher.

Keywords: *air pollution, jl. Pandanaran, vehicle, meteorology factor, street canyon*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk di perkotaan semakin meningkat setiap tahunnya sehingga menyebabkan tingginya tingkat pergerakan aktivitas penduduk, salah satunya adalah Kota Semarang. Dalam memudahkan aktivitas pergerakan penduduk dibutuhkan infrastruktur jalan. Salah satu sarana transportasi darat adalah kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan bermotor di Kota Semarang semakin meningkat. Kendaraan bermotor merupakan salah satu kontribusi terbesar dalam penurunan kualitas udara. Hal ini dapat dilihat dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan tentang pencemaran udara, pencemaran udara yang ditimbulkan di kota – kota besar yang paling besar berasal dari gas buang kendaraan bermotor yaitu 60 – 70% selanjutnya dari gas buang industri yang berasal dari cerobong asap berkisar 10 – 15%,

sisanya berasal dari pembakaran lain, seperti dari rumah tangga, pembakaran sampah dan kebakaran hutan. Proses pembakaran dapat menghasilkan bahan pencemar, misalnya Karbon monoksida (CO).

Karbon monoksida (CO) adalah salah satu gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa. Sebagian besar konsentrasi gas CO terbentuk akibat proses pembakaran bahan – bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar secara tidak sempurna, misalnya dari pembakaran bahan bakar dari kendaraan bermotor berupa gas buangan. Keberadaan gas CO akan sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia karena gas Karbon monoksida (CO) memiliki daya ikat yang lebih besar dibandingkan dengan oksigen terhadap hemoglobin sehingga fungsi hemoglobin untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh menjadi terganggu. Berkurangnya penyediaan oksigen ke seluruh tubuh ini akan membuat sesak napas dan dapat menyebabkan kematian

apabila tidak segera mendapat udara segar kembali (Soedomo, 2001; 8).

Kawasan Simpang Lima merupakan pusat keramaian kota Semarang yang menyebabkan kawasan ini padat lalu lintas. Kawasan Simpang Lima memiliki keunikan tersendiri di Semarang yaitu kawasan ini dikelilingi oleh lima jalan besar seperti: jalan Pandanaran, Gajah Mada, Ahmad Yani, Pahlawan, dan K. H. A. Dahlan. Jalan Pandanaran dan Jalan Ahmad Yani merupakan jalan yang saling berhadapan atau sejajar. Sedangkan ketiga jalan lainnya memiliki arah yang berbeda salah satunya adalah jalan Gajah Mada.

Jalan Pandanaran merupakan salah satu jalan yang ada di Kota Semarang, yang menghubungkan antara kawasan Simpang Lima dengan kawasan Tugu Muda. Jalan Pandanaran dikenal sebagai pusat oleh – oleh Kota Semarang. Oleh karena itu, jalan ini menjadi salah satu pusat keramaian masyarakat Semarang yang ingin membeli buah tangan sebagai oleh – oleh khas Kota Semarang. Sejalan dengan semakin pesatnya pembangunan di sejumlah daerah, maka sarana dan prasarana transportasi darat merupakan tulang punggung bagi sektor pendukung lainnya, seperti sektor perekonomian.

Tingginya tingkat konsentrasi CO di suatu daerah dipengaruhi oleh faktor meteorologinya, seperti kelembaban, suhu udara, arah dan kecepatan angin. Selain itu, juga dipengaruhi oleh gedung -gedung dan dimensi jalan atau yang disebut dengan *street canyon*. Menurut Nicholson (1975) dalam , istilah *Street canyon* mengacu pada jalan yang relatif sempit dengan bangunan berbaris terus – menerus di sepanjang kedua sisi jalan.

Menurut Vardoulakis tahun 2003, di area perkotaan khususnya pada area-area padat lalu lintas, kondisi topografi dan faktor meteorologi seperti suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin yang terjadi pada area tersebut akan berkontribusi untuk menimbulkan penyebaran pencemaran udara sehingga hal tersebut akan meningkatkan konsentrasi polutan pada area tersebut.

Oleh karena itu, peneliti mengambil judul “Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Di Jalan Pandanaran, Kawasan Simpang Lima, Kota Semarang”.

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh jumlah kendaraan dan faktor meteorologi (suhu, kelembaban, kecepatan dan arah angin) terhadap konsentrasi Karbon monoksida (CO) di Jalan Pandanaran
2. Menganalisis pengaruh arah angin terhadap konsentrasi Karbon monoksida (CO) di jalan Pandanaran dengan jalan Ahmad Yani dan jalan Gajah Mada.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian



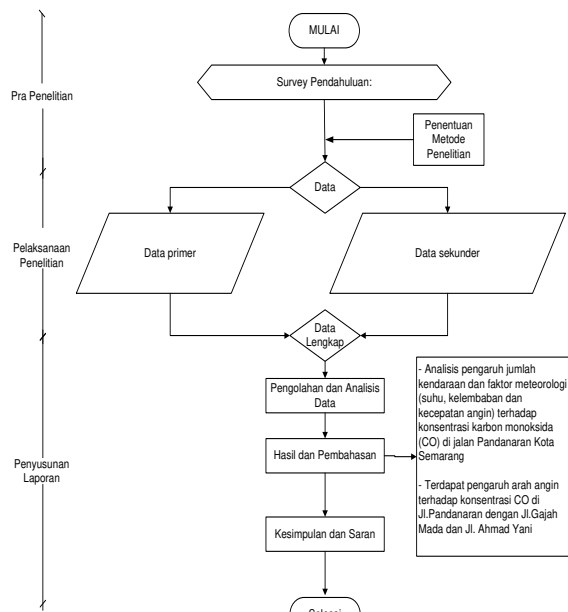
Gambar 1. Lokasi Penelitian Titik A, B dan C Jalan Pandanaran

Pada gambar 1, dapat dilihat tempat penelitian berada di salah satu sisi jalan Pandanaran dengan dibagi menjadi 3 titik dengan perbedaan jarak sebesar 75 meter.

Waktu Penelitian

Waktu penelitian pengukuran konsentrasi CO dilakukan selama 6 hari dengan hari yang berbeda yaitu di titik A1 jalan Pandanaran dilakukan selama 3 hari pada hari Senin-Rabu dan di titik A2,B1,C1 jalan Pandanaran dilakukan selama 3 hari juga pada hari Rabu-Jumat. Pengambilan sampel dilakukan 3 (tiga) jam pada saat jam padat kendaraan. Waktu pengukuran dimulai pukul 07.00-08.00, 13.00-14.00 dan 16.00-17.00.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1 Pengaruh Jumlah Kendaraan dan faktor meteorologi Terhadap Konsentrasi CO di Jalan Pandanaran

a. Titik AP1

Pengambilan sampel pada titik AP1 dengan titik koordinat S 06°59'22,0" dan E 110°25'17,4" dilakukan selama 3 hari pada hari Senin, 22 Juli 2013 hingga hari Rabu, 24 Juli 2013.

a) Jumlah Kendaraan

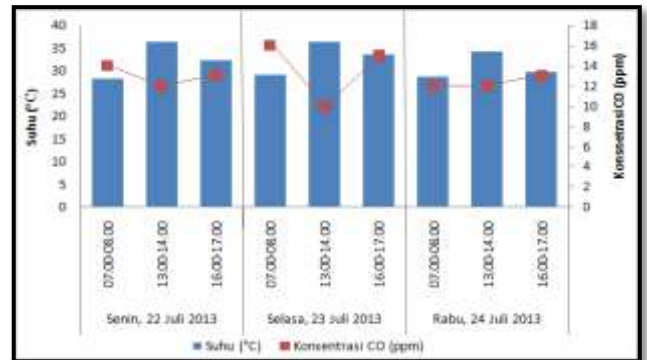


Gambar 3. Hubungan Jumlah Kendaraan Terhadap Konsentrasi CO di Titik AP1 Jalan Pandanaran

Hubungan jumlah kendaraan dan konsentrasi CO dapat ditunjukkan pada gambar 3. Secara keseluruhan pada pukul 07.00-08.00, 13.00-14.00 dan 16.00-17.00 selama 3 hari

pengukuran, jumlah kendaraan berbanding lurus dengan jumlah konsentrasi CO. Semakin tinggi jumlah kendaraan maka konsentrasi CO juga semakin meningkat. Fakta ini sejalan dengan buku ekologi Industri dalam Widayani tahun 2004, bahwa sebesar 63,8% sumber pencemar berasal dari transportasi.

b) Suhu Udara



Gambar 4. Hubungan Suhu Udara terhadap Konsentrasi CO di titik AP1 jalan Pandanaran

Berdasarkan hasil penelitian pada gambar 4 dapat dilihat secara keseluruhan pada pukul 07.00-08.00, 13.00-14.00 dan 16.00-17.00 selama 3 hari pengukuran, suhu udara cenderung berbanding terbalik dengan jumlah konsentrasi CO. Pada siang hari konsentrasi CO lebih sedikit dibandingkan pagi dan sore hari, sedangkan suhu udara tertinggi terjadi pada siang hari. Hal ini berarti, semakin tinggi suhu udara yang terjadi maka semakin rendah jumlah konsentrasi CO yang terbentuk.

c) Kelembaban Udara

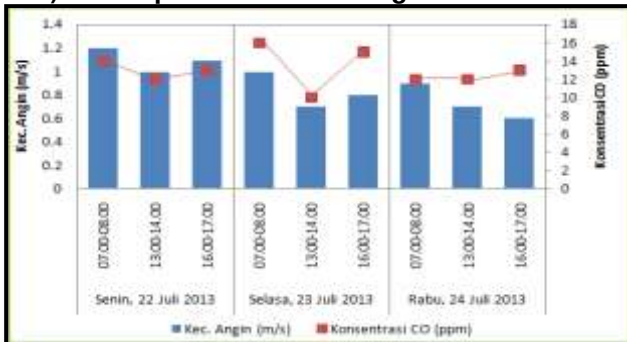


Gambar 5. Hubungan Kelembaban Udara terhadap Konsentrasi CO di titik AP1 jalan Pandanaran

Secara keseluruhan pada pukul 07.00-08.00, 13.00-14.00 dan 16.00-17.00 selama 3 hari pengukuran pada gambar 3, Kelembaban udara cenderung berbanding lurus dengan jumlah konsentrasi CO. Pada pagi dan sore hari kelembaban udara yang terjadi lebih tinggi

dibandingkan dengan siang hari. Begitu juga dengan konsentrasi CO yang terbentuk, pada pagi dan sore hari konsentrasi CO lebih besar dibandingkan dengan pada siang hari. Hal ini berarti, semakin tinggi kelembaban udara yang terjadi maka semakin besar jumlah konsentrasi CO yang terbentuk.

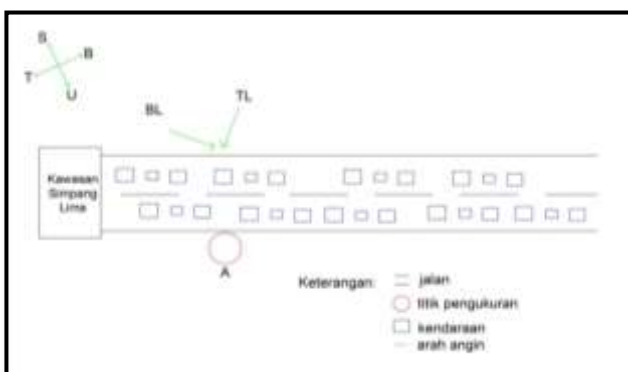
d) Kecepatan dan Arah Angin



Gambar 6 Hubungan Kecepatan Angin terhadap Konsentrasi CO di titik AP1 jalan Pandanaran

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada gambar 6 pada pukul 07.00-08.00, 13.00-14.00 dan 16.00-17.00 selama 3 hari pengukuran, kecepatan angin cenderung berbanding terbalik dengan jumlah konsentrasi CO. Semakin tinggi kecepatan anginnya bertiup ke suatu arah maka semakin rendah pula konsentrasi CO yang terjadi. Hal ini dikarenakan konsentrasi CO yang terjadi akan tersebar dengan mudah.

Arah angin di jalan Pandanaran pada titik A menuju ke arah Barat Laut dan Timur Laut. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran arah angin dari BMKG Kota Semarang pada saat penelitian menyatakan arah angin berjalan menuju ke arah Barat Laut, Barat dan Utara. Adanya perbedaan arah angin tersebut disebabkan karena arah angin pada waktu penelitian dipengaruhi oleh kendaraan yang melewati jalan tersebut.

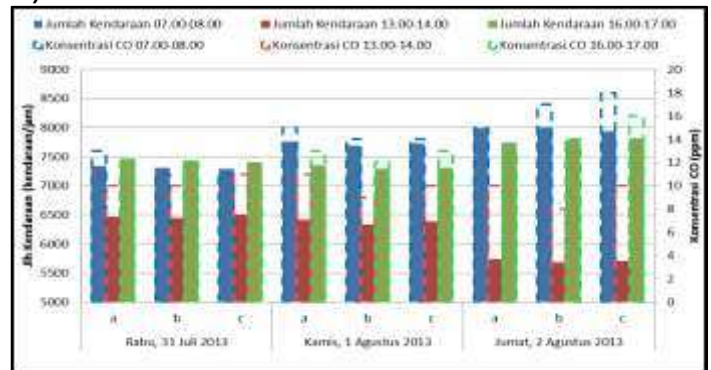


Gambar 7. Posisi Arah Angin di Titik AP1 Jalan Pandanaran

b. Titik AP2, BP1 dan CP1

Pengambilan sampel pada titik AP2, BP1 dan CP1 di jalan Pandanaran dilakukan selama 3 hari pada hari Rabu, 31 Juli 2013 sampai Jumat, 2 Agustus 2013. Dimana titik AP2 berada di koordinat yang sama dengan AP1, titik BP1 berada di koordinat S= 06°59'20,9" dan E= 110°25'15,7", dan titik CP1 berada di koordinat S= 06°59'19,8" dan E= 110°25'12,4".

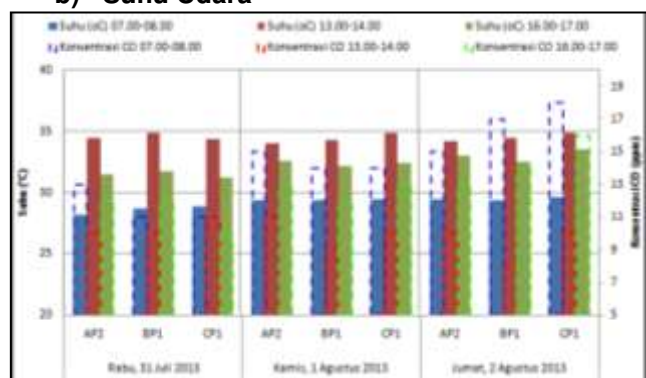
a) Jumlah Kendaraan



Gambar 8. Hubungan Jumlah Kendaraan Terhadap Konsentrasi CO di Titik AP2, BP1 dan CP1 Jalan Pandanaran

Pada gambar 8, menunjukkan jumlah kendaraan berbanding lurus dengan konsentrasi CO. dimana semakin tinggi jumlah kendaraannya semakin besar pula konsentrasi CO yang terukur. Fakta ini sejalan dengan buku ekologi Industri dalam Widayani tahun 2004, bahwa sebesar 63,8% sumber pencemar berasal dari transportasi.

b) Suhu Udara

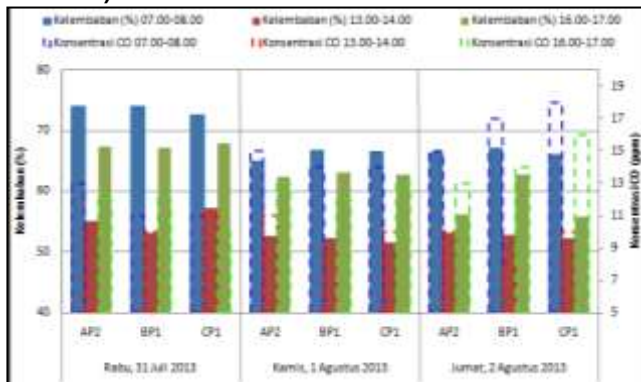


Gambar 9. Hubungan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi CO di Titik AP2, BP1 dan CP1 Jalan Pandanaran

Pada gambar 9, dapat dilihat konsentrasi CO cenderung berbanding terbalik dengan suhu udara. Dimana,

konsentrasi CO menurun apabila suhu udara yang terjadi tinggi. Contohnya pada pukul 13.00-14.00 suhu udara yang terbentuk sebesar 34,5- 34,9 °C dengan konsentrasi CO yang terukur sebesar 8 - 11 ppm. Sedangkan pada pukul 07.00-08.00 suhu udara yang terbentuk sebesar 28,1 – 29,6 °C dengan konsentrasi CO yang terukur sebesar 11-18 ppm. Fakta ini tidak menunjukkan kesesuaian yang terjadi dengan teori yang terdapat dalam buku

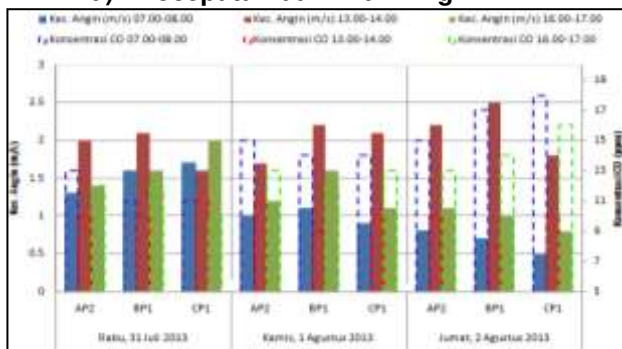
c) Kelembaban Udara



Gambar 10. Hubungan Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi CO di Titik AP2, BP1 dan CP1 Jalan Pandanaran

Hubungan konsentrasi CO dengan kelembaban dapat dilihat pada gambar 10, dimana konsentrasi CO cenderung berbanding lurus dengan kelembaban udara. Konsentrasi CO meningkat apabila kelembaban udara yang terjadi tinggi. Contohnya pada pukul 13.00-14.00 kelembaban udara yang terbentuk sebesar 51,6 - 55,1 % dengan konsentrasi CO yang terukur sebesar 8 - 11 ppm. Sedangkan pada pukul 07.00-08.00 suhu udara yang terbentuk sebesar 66-74% dengan konsentrasi CO yang terukur sebesar 11-18 ppm.

d) Kecepatan dan Arah Angin

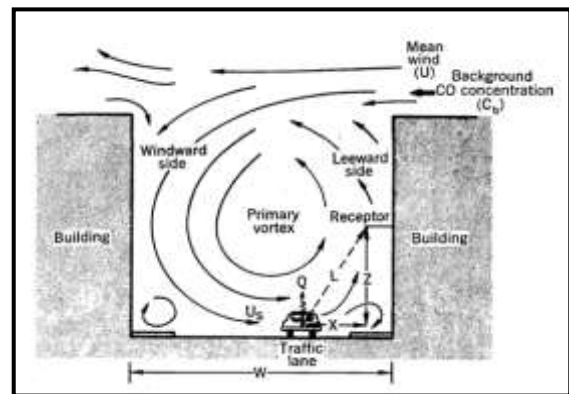


Gambar 11. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi CO di Titik AP2, BP1 dan CP1 Jalan Pandanaran

Pada gambar 11, dapat dilihat peningkatan jumlah konsentrasi CO juga dipengaruhi oleh kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan anginnya bertiup ke suatu arah maka semakin rendah pula konsentrasi CO yang terjadi. Hal ini dikarenakan konsentrasi CO yang terjadi akan tersebar dengan mudah. Arah angin di titik A, B dan C jalan Pandanaran juga menuju ke arah Barat Laut dan Timur Laut.

2 Pengaruh Arah Angin Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Jalan Pandanaran dengan Jalan Gajah Mada Dan Jalan Ahmad Yani.

Salah satu faktor meteorologi yang mempengaruhi jumlah konsentrasi CO adalah arah angin. Arah angin di suatu tempat selalu berubah. Angin menyebabkan perpindahan polutan secara besar-besaran. Arah angin juga dapat menjelaskan prinsip dari *street canyon* itu sendiri. Dimana, definisi dari *street canyon* adalah mengacu pada jalan yang relatif sempit dengan bangunan berbaris terus-menerus sepanjang kedua sisi. Selain itu, definisi *Street Canyon* juga diterapkan pada jalan-jalan perkotaan yang tidak selalu diapit oleh bangunan sepanjang kedua sisi. Sirkulasi penyebaran polutan pada *street canyon* dapat dilihat pada gambar 9.



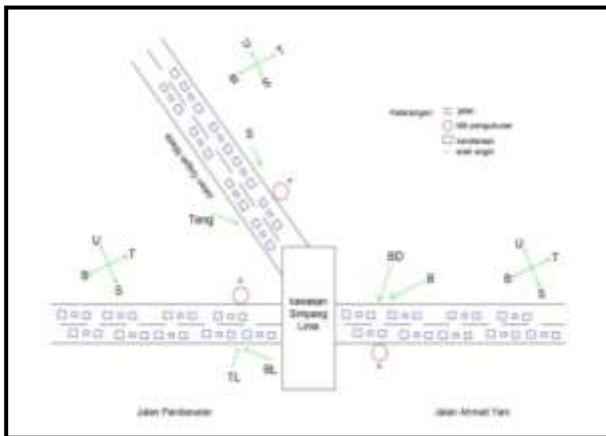
Gambar 12. Dispersi Polutan Pada Street Canyon

Sumber: Dabberdt et al (1973; 495)

Pada penelitian yang dilakukan pada hari Senin 22 Juli 2013 sampai Rabu 24 Juli 2013 di titik A jalan Pandanaran, jalan Ahmad Yani dan Jalan Gajah Mada diperlukan data arah angin untuk menganalisis pengaruh arah angin terhadap konsentrasi CO di jalan Pandanaran dengan

menitiberatkan pada teori street canyon itu sendiri.

Arah angin yang terjadi pada waktu pengambilan sampling dari tanggal 22 Juli-24 Juli 2013 pada pukul 07.00-08.00, 13.00-14.00 dan 16.00-17.00 di titik A jalan Pandanaran arah angin menuju ke arah Barat Laut dan Timur Laut, jalan Ahmad Yani menuju ke arah Barat, Barat Daya dan Barat Laut dan jalan Gajah Mada menuju ke arah Selatan dan Tenggara yang dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 13. Orientasi Arah Angin di Titik A Jalan Pandanaran, Ahmad Yani dan Gajah Mada

Pukul 07.00-08.00 di jalan Pandanaran arah angin bergerak menuju ke arah Barat Laut dan Timur Laut. Konsentrasi CO menuju arah angin Timur Laut lebih besar dari pada Barat Laut. Hal ini dikarenakan arah angin menuju ke Barat Laut merupakan arah angin yang sejajar terhadap jalan sehingga mengakibatkan konsentrasi CO akan cepat menyebar. Sedangkan arah angin Timur Laut hampir tegak lurus dengan jalan. Arah angin di jalan Ahmad Yani menuju ke arah barat daya dan barat. Arah barat daya merupakan angin yang bergerak tegak lurus terhadap jalan Ahmad Yani sedangkan arah barat adalah angin yang bergerak hampir sejajar terhadap jalan raya. Grafik diatas menunjukkan bahwa pada jalan Ahmad Yani angin yang tegak lurus terhadap jalan memiliki konsentrasi CO yang tinggi dibandingkan angin yang sejajar terhadap jalan. Di jalan Gajah Mada arah angin bergerak menuju selatan dan tenggara. Arah selatan merupakan arah angin yang sejajar terhadap jalan dan tenggara merupakan arah angin yang tegak lurus terhadap jalan mengakibatkan konsentrasi CO dengan arah angin tenggara lebih tinggi dibandingkan arah angin selatan.

Di jalan Pandanaran pada pukul 13.00-14.00 angin bergerak menuju ke arah Timur Laut dan Barat Laut. Dimana arah Timur Laut merupakan angin yang tegak lurus terhadap jalan sedangkan arah Barat Laut merupakan angin yang sejajar terhadap jalan. Angin yang bergerak tegak lurus memiliki konsentrasi CO yang tinggi. Di jalan Ahmad Yani, arah angin yang tegak lurus terhadap jalan adalah Barat Daya sedangkan angin hampir sejajar terhadap jalan adalah arah barat. Angin yang bergerak di jalan Gajah Mada adalah angin yang bergerak menuju arah Selatan dan Tenggara. konsentrasi CO pada arah angin Tenggara lebih tinggi dari pada arah angin Selatan. Hal ini disebabkan oleh arah angin Tenggara lebih tegak lurus terhadap jalan sehingga angin yang bergerak menyebabkan penyebaran CO lebih lambat akibat terjadi turbulensi dengan gedung di sekitar jalan.

Pengaruh arah angin terhadap konsentrasi CO di Jalan Pandanaran pada pukul 16.00-17.00 menunjukkan angin bergerak menuju Barat Laut (sejajar terhadap jalan) dan angin yang menuju Timur Laut (tegak lurus terhadap jalan). Angin yang tegak lurus terhadap jalan memiliki nilai konsentrasi CO yang tinggi. Hal ini disebabkan terjadi turbulensi antara CO dengan gedung-gedung di sekitar jalan. Pada jalan Ahmad Yani, arah angin yang bergerak menuju ke arah Barat Daya dan Barat. Arah Barat menunjukkan konsentrasi CO yang rendah dibandingkan arah Barat Daya. Hal ini dikarenakan, arah angin Barat hampir sejajar terhadap jalan sedangkan arah Barat Daya hampir tegak lurus terhadap jalan, sehingga angin yang bergerak menyebabkan penyebaran CO lebih cepat terjadi akibat tidak terjadi turbulensi dengan gedung di sekitar jalan. Angin yang bergerak di jalan Gajah Mada adalah angin yang bergerak menuju arah Tenggara. Arah Selatan menunjukkan konsentrasi CO yang rendah dibandingkan arah Tenggara. Perbedaan nilai konsentrasi CO di jalan Gajah Mada lebih dipengaruhi oleh jumlah kendaraan, suhu, kelembaban dan kecepatan angin di jalan tersebut.

KESIMPULAN

1. Pengaruh jumlah kendaraan dan faktor meteorologi (suhu, kelembaban, arah dan kec. angin) terhadap konsentrasi Karbon monoksida (CO)
 - a. Jumlah kendaraan berbanding lurus terhadap konsentrasi CO.

- b. Suhu udara berbanding terbalik terhadap konsentrasi CO.
 - c. Kelembaban udara berbanding lurus terhadap konsentrasi CO.
 - d. Kecepatan angin berbanding terbalik terhadap konsentrasi CO.
2. Pengaruh arah angin terhadap konsentrasi Karbon monoksida (CO) di jalan Pengaruh arah angin terhadap konsentrasi Karbon monoksida (CO) di jalan Pandanaran, jalan Ahmad Yani dan jalan Gajah Mada mengidentifikasi bahwa adanya efek street canyon, dimana arah angin yang tegak lurus terhadap jalan tidak mengurangi pencemaran sedangkan arah angin yang sejajar terhadap jalan mengurangi pencemaran. Hal ini disebabkan karena arah angin yang tegak lurus menyebabkan terjadinya sirkulasi putaran (turbulensi). Namun angin yang bergerak di jalan Pandanaran tidak berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi CO di jalan Ahmad Yani dan Gajah Mada.

SARAN

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penelitian ini. Dengan memperbanyak titik pengukuran sampling yang melingkupi seluruh jalan Pandanaran. Selain itu disarankan meneliti parameter meteorologi lainnya seperti curah hujan untuk mengetahui parameter tersebut mempengaruhi konsentrasi CO di jalan Pandanaran atau tidak.
2. Adanya pergantian peralatan yang digunakan khususnya alat CO meter dengan CO NDIR, karena alat yang digunakan kurang teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1997. *Direktorat Jendral Bina Marga tentang Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MJKI)*.
- _____, 1999. *Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*.
- _____, 2001. *Surat Keputusan Gubernur Provinsi Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien di Provinsi Jawa Tengah*.
- _____, 2002. SNI 09-1825-2002. *2004 tentang Sistem Penggolongan/ Pengklasifikasian Kendaraan Bermotor*.
- _____, 2004. Undang-undang RI No 38 Tahun 2004 *tentang Jalan*.
- _____, 2005. SNI-19-7119.6-2005 *tentang Udara Ambien – Bagian 6 : Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien*.
- _____, 2005. SNI-19-7119.9-2005 *tentang Udara Ambien – Bagian 9 : Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Roadside*.
- Arifiyanti, Faradina. 2012. *Pengaruh Kelembaban, Suhu, Arah dan Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi CO dengan Membandingkan Dua Volume Sumber Pencemar di Area Pabrik dan di Persimpangan Jalan (Studi Kasus: PT. Inti General Yaja Steel dan Persimpangan Jarakah)*. Laporan Tugas Akhir. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Diponegoro.
- Arifiyanti, Faradina. 2012. *Pengaruh Kelembaban, Suhu, Arah dan Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi CO dengan Membandingkan Dua Volume Sumber Pencemar di Area Pabrik dan di Persimpangan Jalan (Studi Kasus: PT. Inti General Yaja Steel dan Persimpangan Jarakah)*. Laporan Tugas Akhir. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Diponegoro.
- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Yogyakarta : Rineka Cipta.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius.
- Faizal. 2004. *Evaluasi Penggunaan Model Gaussian Pada Ruas Jalan Prof. DR. Soepomo Jakarta Terkait Dengan Keberadaan Pohon Dippinggir Jalan..* Laporan Tesis. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Diponegoro.
- Hartono. 2010. *SPSS 16.0 Analisis Data Statistika dan Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Hendriyanto Okik C. 2005. Penerapan Model *Street Canyon* Hertel dan Berkowicz Untuk Memprediksi Kualitas Udara Pada Jalur Transportasi di Kawasan Perdagangan Surabaya. Jurnal UPN. Jawa Timur: Jurusan Teknik Lingkungan

- Ray S. Sihotang dan Fadli A. Assomadi. *Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO₂) dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus ITS Surabaya*. Jurnal ITS. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan.
- Satria, Nadar. 2006. *Pendugaan Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dari Sumber Garis (Transportasi) Menggunakan Box-Model "Street Canyon"*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*. Bandung : Penerbit ITB.
- Suriasumantri, Jujun S. 2003. *Filsafat Ilmu Sebuah Pengantar Modern*. Pustaka Sinar Harapan : Jakarta.
- Vardoulakis. S, dkk. 2002. *Modelling Air Qualityin Street Canyons: a review*. *Jurnal. Atmospheric Environment*.
- Wardhana, Wisnu A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- Widayani. 2004. *Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Lalu Lintas di Kota Semarang Terhadap Konsentrasi CO Dan Pb Dengan Model Gaussian..* Laporan Tesis. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Diponegoro.