

OP-023

**PENINGKATAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO) AKIBAT
PENINGKATAN KENDARAAN BERMOTOR KOTA PADANG
SELAMA SATU DEKADE**

Vera Surtia Bachtiar dan Taufiq Hidayat

Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Unand Padang 25163, Indonesia
Email: vera.surtia@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis peningkatan gas Karbon Monoksida (CO) akibat peningkatan arus transportasi di Kota Padang selama satu dekade (2004 – 2013). Penelitian ini dilakukan di kawasan roadside di 40 jalan arteri sekunder. Alat yang digunakan adalah CO meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume rata-rata lalu lintas meningkat 1,2 kali dari 1784 unit per jam menjadi 2273 unit per jam. Kecepatan kendaraan terbesar kendaraan pada tahun 2004 sebesar 49,8 km/jam, sedangkan tahun 2013 adalah sebesar 47,3 km/jam. Kecepatan kendaraan ini cenderung menurun dari tahun 2004 sampai tahun 2013. Konsentrasi CO pada tahun 2004 berkisar antara 0,24 ppm sampai dengan 0,77 ppm, dengan rata-rata 0,45 ppm. Sementara itu, konsentrasi CO pada tahun 2013 berkisar antara 4,12 ppm sampai dengan 12,33 ppm, dengan rata-rata 8,04 ppm. Peningkatan konsentrasi CO mencapai 17,7 kali lipat selama satu dekade terakhir. Walaupun terjadi peningkatan konsentrasi yang cukup tinggi, konsentrasi CO di Kota Padang masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah (PP 41 tahun 1999). Korelasi antara konsentrasi CO dengan volume kendaraan menggambarkan hubungan yang sangat kuat, yaitu 0,726 di tahun 2004 dan 0,905 di tahun 2013. Hal ini menunjukkan semakin besar volume kendaraan maka akan semakin besar konsentrasi CO yang dihasilkan.

Kata Kunci: *Konsentrasi Karbon Monoksida (CO), transportasi, kawasan roadside, volume kendaraan, kecepatan kendaraan*

PENDAHULUAN

Udara merupakan komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan. Di dalam udara terdapat kandungan oksigen (O₂) yang berguna untuk proses pernafasan.

Udara juga mampu memberikan daya dukung bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal.

Perkembangan suatu kota sangat terkait dengan permasalahan lingkungan yang ditimbulkan, salah satunya adalah

terjadinya pencemaran udara. Pencemaran udara bersumber dari kegiatan biogenik dan antropogenik, namun dari 2 hal tersebut lebih dari 70% pencemaran udara berasal dari kegiatan antropogenik. Kegiatan antropogenik yang sangat besar dapat menyumbangkan emisi ke udara ambien yaitu sumber bergerak (umumnya kendaraan bermotor) dan sumber tidak bergerak (umumnya kegiatan industri).

Sektor transportasi memiliki ketergantungan yang sangat tinggi terhadap sumber energi yaitu bahan bakar minyak (BBM). Energi inilah seperti yang diketahui penggunaannya dapat menimbulkan dampak besar terhadap lingkungan. Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) pada tahun 2012 menyebutkan, polusi udara dari kendaraan bermotor menyumbang 70,5% Karbon Monoksida (CO), 18,34% Hidrokarbon (HC), 8,89% Oksida Nitrogen (NO_x), 1,33% Partikulat, dan 0,88% Oksida Sulfida (SO_x).

Kota Padang merupakan ibukota propinsi Sumatera Barat juga tidak terlepas dari masalah pencemaran udara, pada tahun 2012 nilai konsentrasi gas CO di Kota Padang sebesar 5,06 ppm (EKUP, 2012). Hal ini dikarenakan adanya perkembangan dari sektor pendidikan, ekonomi, industri dan transportasi yang memberikan pengaruh terhadap lingkungan terutama pada daerah yang memiliki aktivitas yang tinggi.

Jalan-jalan utama yang terdapat di Kota Padang seperti Jalan Prof. DR. Hamka, Jalan Veteran, Jalan Khatib Sulaiman dan jalan lainnya dari hasil pengamatan secara langsung merupakan kawasan yang memiliki aktivitas cukup padat. Peningkatan aktivitas kendaraan di jalan akan meningkatkan jumlah emisi pencemaran di udara, pencemaran tersebut diantaranya gas CO yang merupakan sumber polutan utama yang diemisikan oleh kendaraan.

Karakteristik gas CO adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan merupakan salah satu gas pencemar udara penting di

lapisan bawah atmosfer. Keberadaan gas CO di lingkungan susah untuk diketahui karena sifat tersebut, apabila terdapat dalam jumlah konsentrasi yang besar maka gas CO akan bersifat racun dan berbahaya bagi kesehatan manusia.

Tingkat penggunaan kendaraan yang pertambahannya semakin cepat, maka upaya pengelolaan dan pemeliharaan lingkungan udara mutlak perlu diperkuat lagi. Dilatarbelakangi oleh beberapa hal diatas, dalam penelitian ini menganalisis peningkatan gas CO selama 1 dekade terakhir dari sektor kendaraan bermotor, sehingga didapatkan nilai peningkatan konsentrasi CO tersebut di Kota Padang.

Penelitian ini bertujuan menganalisis peningkatan konsentrasi salah satu gas pencemar dalam hal ini adalah gas Karbon Monoksida (CO) dengan volume kendaraan, kecepatan dan arah angin pada sumber bergerak di ruas jalan Kota Padang selama satu dekade pada tahun 2004 dan tahun 2013.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap kegiatan. Tahap pertama yaitu studi pendahuluan yang mencakup studi literatur dan survey pendahuluan. Tahap kedua adalah pelaksanaan penelitian dengan sampling gas CO di lokasi terpilih dan tahap akhir berupa analisis data dan perumusan kesimpulan pengukuran yang telah dilakukan.

Survey pendahuluan dilakukan penentuan titik-titik pengambilan sampel udara, yaitu pada 40 ruas jalan utama yang dapat dilihat pada Tabel 1. Pengukuran dilakukan terhadap variabel konsentrasi gas CO, volume dan kecepatan lalu lintas yang dilakukan selama 1 jam pengukuran.

Pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder. Pengukuran konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) menggunakan impinger pada tahun 2004 dan CO meter model KW 06-292 pada tahun 2013, untuk volume lalu lintas dengan menggunakan hand tally counter dan untuk pengukuran kecepatan lalu lintas menggunakan stop watch dan pengukuran jarak tempuh

kendaraan. Sedangkan data sekunder yang berfungsi sebagai data pendukung antara lain peta jalan dan wilayah Kota Padang yang diperoleh dari Dinas Lalu Lintas dan

Tabel 1. Lokasi Titik Sampling

Titik Sampling	Nama Jalan
Titik 1	Jl. Adinegoro
Titik 2	Jl. Prof Hamka
Titik 3	Jl. S. Parman
Titik 4	Jl. Ir. H. Juanda
Titik 5	Jl. Veteran
Titik 6	Jl. Pemuda
Titik 7	Jl. Belakang Olo
Titik 8	Jl. Permindo
Titik 9	Jl. KH. Sulaiman
Titik 10	Jl. Rusuna Said
Titik 11	Jl. Sudirman
Titik 12	Jl. Bgd. Azis Chan
Titik 13	Jl. Thamrin
Titik 14	Jl. Hiligoo
Titik 15	Jl. M. Yamin
Titik 16	Jl. Proklamasi
Titik 17	Jl. Agus Salim
Titik 18	Jl. Jhoni Anwar
Titik 19	Jl. Raya Siteba
Titik 20	Jl. Gajah Mada
Titik 21	Jl. Perintis Kemerdekaan
Titik 22	Jl. Sawahan
Titik 23	Jl. Andalas
Titik 24	Jl. M. Hatta
Titik 25	Jl. DR. Sutomo
Titik 26	Jl. Aru
Titik 27	Jl. Pasar Ambacang
Titik 28	Jl. Teluk Bayur
Titik 29	Jl. St. Syahrir
Titik 30	Jl. Imam Bonjol
Titik 31	Jl. Ujung Gurun
Titik 32	Jl. Aur Duri
Titik 33	Jl. DR. Wahidin
Titik 34	Jl. Damar
Titik 35	Jl. By Pass
Titik 36	Jl. Cengkeh
Titik 37	Jl. Bandar Buat
Titik 38	Jl. Raya Padang Besi

Titik 39	Jl. Ratulangi
Titik 40	Jl. Pattimura

Angkutan Jalan Raya (DLLAJR) Kota Padang.



Gambar 1 Peralatan Impinger



Gambar 2 CO Alarm Model KW-06-292



Gambar 3. Peralatan Hand Tally Counter
 Untuk pengumpulan data meteorologi digunakan alat *pocket weatherman* untuk mengukur suhu, tekanan dan kelembapan udara, anemometer untuk mengukur kecepatan angin dan kompas untuk menentukan arah angin.



Gambar 4 Peralatan Meteorologi

Pengolahan data dilakukan setelah dilakukan sampling pada lokasi-lokasi yang sudah ditentukan pada survey pendahuluan. Data-data yang didapatkan di lapangan berupa konsentrasi gas CO, volume dan kecepatan lalu-lintas serta data meteorologi

1. Konsentrasi Gas CO

a. Impinger

Analisis laboratorium dilakukan terhadap sampel CO yang telah diambil, sehingga dapat ditentukan konsentrasi gas CO yang terukur.

Konsentrasi gas CO ini ditentukan dengan cara dimana sampel yang telah diambil di lapangan di bawa ke laboratorium, kemudian dilakukan pemeriksaan penyerapan warna dengan alat *spectrophotometer*, maka akan diperoleh nilai *absorbance* dari tiap-tiap sampel. Nilai *absorbance* yang telah didapatkan dari hasil uji laboratorium, maka nilai konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$[CO] \text{ ppm} = \frac{(A+0,0021) \times V \times T \times 22,4 \times 10^2}{0,3897 \times fr \times t \times 273^0 \times 28} \dots\dots\dots(1)$$

$$A = \text{Log } 10 \frac{(Tr)}{100} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

A = Nilai Absorbansi

- V = Volume Absorban
- T = Suhu Lapangan (K)
- fr = *Flow Rate*
- Tr = *Transmittance* (%)
- t = Lamanya pengukuran

b. CO Meter

Data hasil pengukuran gas CO Meter selama satu jam pengukuran berupa pemetaan konsentrasi CO setiap 5 menit dalam bentuk grafik untuk melihat variasi konsentrasasi gas CO selama satu jam nilai konsentrasasi gas CO pada titik sampling merupakan nilai rata-rata dari hasil pengambilan data konsnetrasi CO.

2. Volume dan Kecepatan Lalu-Lintas

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data volume lalu lintas, dimana data volume ini dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu volume lalu lintas berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan dan volume dari lalu lintas itu sendiri. Selanjutnya masing-masing kategori ini akan dilakukan analisis regresi sederhana dengan variabel peningkatan konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) untuk melihat sejauh mana variabel tersebut mempengaruhi konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO).

3. Data Meteorologi

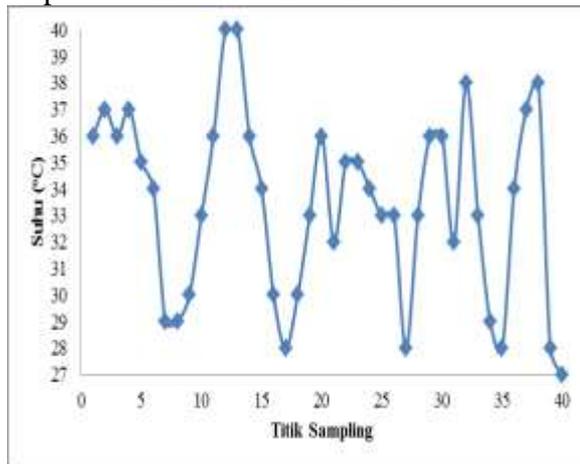
Data kecepatan Angin dan arah Angin di sini dicoba dimasukkan ke dalam pemodelan yang akan ditentukan dan dilihat apakah terdapat hubungan yang kuat dari data kecepatan angin dan arah angin yang diperoleh dari hasil pengambilan di lapangan terhadap pengukuran konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Meteorologi

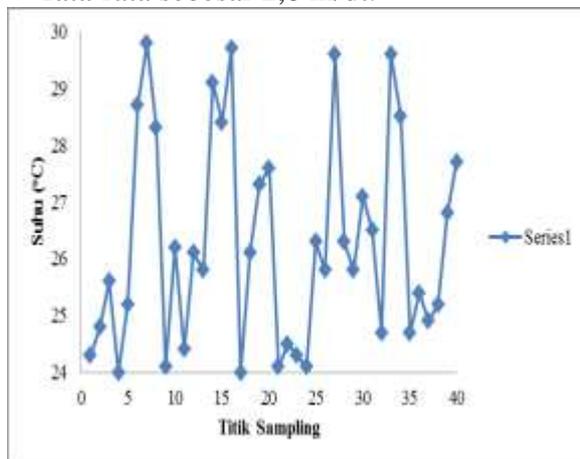
Tujuan dari adanya data meteorologi ini adalah untuk mengetahui kondisi meteorologi Kota Padang saat dilakukannya pengukuran konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) di lapangan. Data meteorologi Kota Padang pada saat dilakukan pengukuran pada

tahun 2004 dan tahun 2013 dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5 Kondisi Temperatur Udara (Tahun 2004)

Gambar 5 di atas menunjukkan adanya fluktuasi temperatur udara selama dilakukannya penelitian di ruas jalan Kota Padang. Data-data yang didapatkan di lapangan dihasilkan bahwa nilai rata-rata temperatur udara pada tahun 2004 sebesar 33,4°C dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 2,8 m/dt.



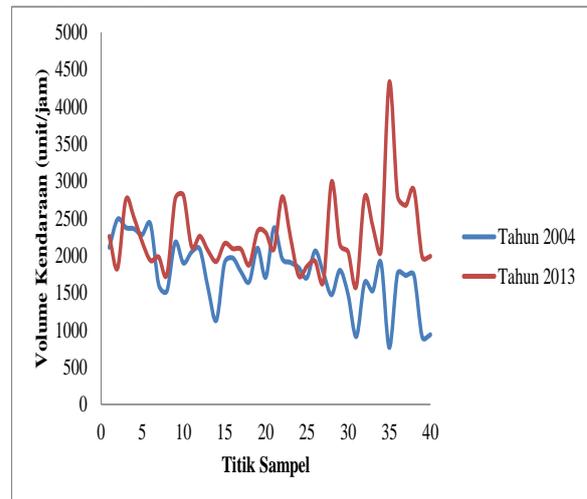
Gambar 6 Kondisi Temperatur Udara (Tahun 2013)

Sedangkan kondisi meteorologi yang terukur pada tahun 2013 dari Gambar 6 di atas didapat bahwa nilai rata-rata temperatur udara sebesar 26,3°C dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 0,6 m/dt.

2. Volume Lalu Lintas

Berdasarkan penjelasan sebelumnya salah satu aktivitas yang menghasilkan karbon monoksida adalah transportasi. Hasil proses pembakaran bahan bakar

kendaraan bermotor yang tidak sempurna akan mengeluarkan berbagai senyawa, salah satunya adalah gas CO. Oleh sebab itu, sektor transportasi memiliki pengaruh terhadap tinggi atau rendahnya konsentrasi gas CO pada suatu daerah. Data hasil pengukuran volume lalu lintas Kota Padang pada tahun 2004 dan 2013 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Volume Lalu Lintas di Setiap Titik Sampel (Tahun 2004 dan 2013)

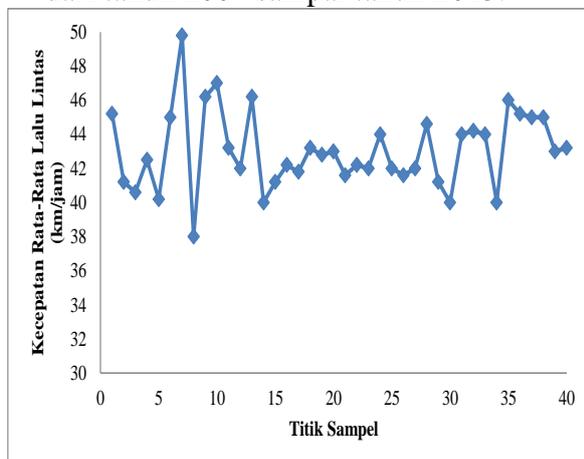
Volume kendaraan rata-rata di setiap ruas jalan di Kota Padang pada tahun 2004 dari Gambar 7 didapatkan sebesar 1784 unit/jam, dimana volume lalu lintas terbesar terdapat di Jalan Prof Hamka (2488 unit/jam) dan lalu lintas terkecil di Jalan Ratulangi (907 unit/jam). Sedangkan volume kendaraan rata-rata di ruas jalan Kota Padang tahun 2013 sebesar 2273 unit/jam, dimana volume lalu lintas terbesar terdapat di Jalan By Pass (4329 unit/jam) dan lalu lintas terkecil di Jalan Ujung Gurun (1586 unit/jam).

3. Kecepatan Rata-Rata Lalu Lintas

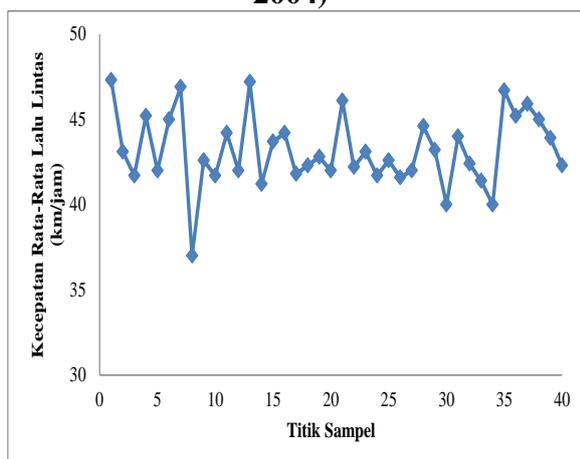
Kecepatan rata-rata kendaraan bermotor terbesar pada tahun 2004 diperoleh yaitu di Titik 7 atau di Jalan Belakang Olo sebesar 49,8 km/jam, sedangkan pada tahun 2013 kecepatan rata-rata terbesar didapat di Titik 1 atau di Jalan Adinegoro sebesar 47,3 km/jam. Kecepatan rata-rata kendaraan terkecil

pada tahun 2004 yaitu sebesar 38,0 km/jam dan tahun 2013 yaitu sebesar 37,0 km/jam tercatat berada pada Titik 8 atau di Jalan Permindo. Data hasil pengukuran kecepatan rata-rata lalu lintas Kota Padang tahun 2004 dan 2013 dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.

Terlihat dari Gambar 8 dan Gambar 9 adanya penurunan kecepatan kendaraan di setiap ruas jalan di Kota Padang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin padatnya arus lalu lintas di Kota Padang maka semakin rendah kecepatan kendaraan yang melalui ruas jalan tersebut, sehingga peningkatan konsentrasi gas CO semakin bertambah dari tahun 2004 sampai tahun 2013.



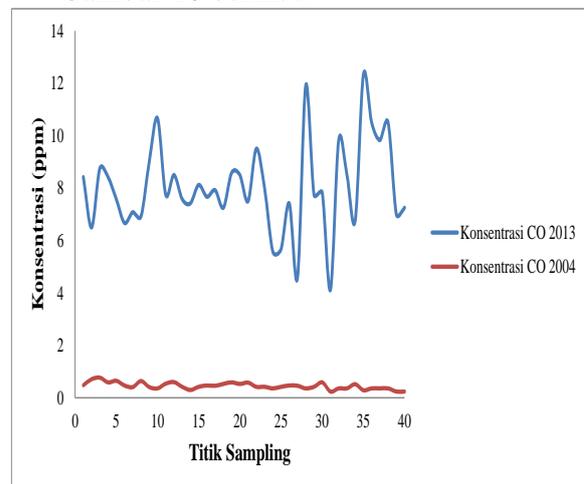
Gambar 8 Kecepatan Rata-Rata Lalu Lintas di Setiap Titik Sampel (Tahun 2004)



Gambar 9 Kecepatan Rata-Rata Lalu Lintas di Setiap Titik Sampel (Tahun 2013)

4. Konsentrasi Gas CO

Nilai rata-rata dari hasil pengukuran gas CO pada tahun 2004 sebesar 0,45 ppm sedangkan pada tahun 2013 nilai konsentrasi gas CO didapatkan sebesar 8,04 ppm. Konsentrasi tertinggi gas CO pada tahun 2004 berada di Titik 3 yaitu pada Jalan S. Parman sebesar 0,77 ppm. Konsentrasi gas CO tertinggi pada Tahun 2013 berada pada Titik 35 yaitu pada Jalan By Pass sebesar 12,33 ppm, sedangkan nilai konsentrasi terendah pada tahun 2004 tercatat berada pada Titik 40 yaitu pada Jalan Pattimura sebesar 0,24 ppm. Konsentrasi gas CO terendah pada tahun 2013 tercatat berada pada Titik 31 yaitu pada Jalan Ujung Gurun sebesar 4,12 ppm. Data konsentrasi gas CO Kota Padang pada tahun 2004 dan 2013 dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.

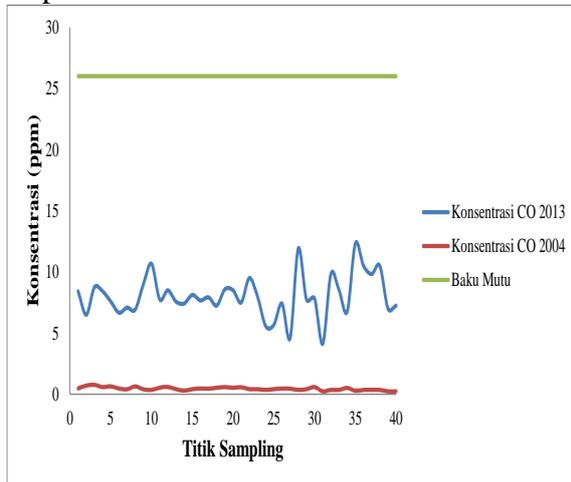


Gambar 10 Konsentrasi Gas CO Tahun 2004 dan Tahun 2013

5. Perbandingan Konsentrasi CO dengan Baku Mutu

Berdasarkan PP RI No. 41/1999, konsentrasi maksimum pencemar gas CO di udara ambien yang masih dapat ditoleransi adalah $30000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ atau setara dengan 26,19 ppm (keadaan STP 25°C dan 1 atm) untuk waktu pengukuran selama 1 jam. Hasil dari pengukuran konsentrasi CO yang didapat di Kota Padang pada Tahun 2004 yaitu 0,77 ppm dan Tahun 2013

yaitu 8,04 ppm, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa keberadaan CO di Kota Padang masih memiliki konsentrasi yang rendah dan berada di bawah baku mutu. Perbandingan hasil pengukuran konsentrasi CO dengan baku mutu udara ambien dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Perbandingan Konsentrasi Gas CO Tahun 2004 dan Tahun 2013 dengan Baku Mutu PP RI No. 41 Tahun 1999

6. Korelasi Antara Konsentrasi dengan Volume Kendaraan

Dapat dilihat dari Gambar 13 dan 14 bahwa semakin besar volume kendaraan, maka semakin besar pula konsentrasi gas CO yang dihasilkan. Angka korelasi (r) antara volume kendaraan dengan konsentrasi menggunakan persamaan linier pada Tahun 2004 adalah sebesar 0,726 sedangkan pada Tahun 2013 adalah sebesar 0,905 yang menunjukkan bahwa konsentrasi gas CO memiliki korelasi yang sangat kuat dengan volume kendaraan. Persamaan yang diperoleh dari Gambar 12 dan 13 adalah:

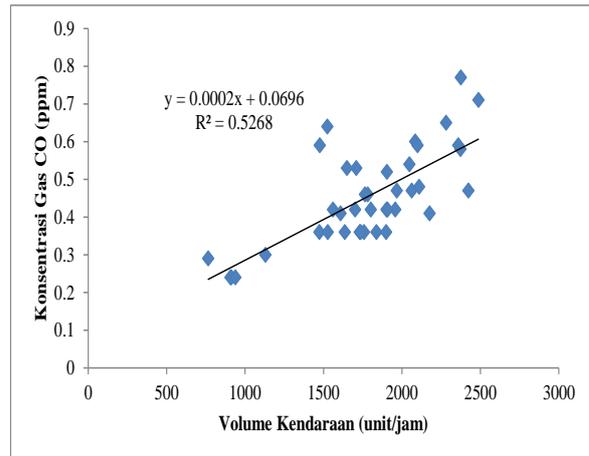
$$y = 0.0002x + 0.069 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$y = 0,0031x + 0,962 \quad \dots\dots\dots (4)$$

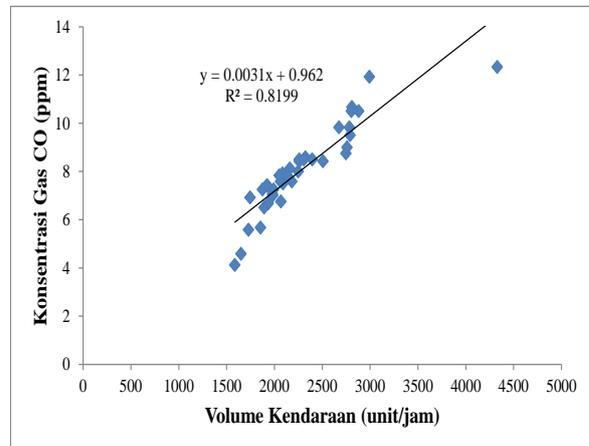
Dimana:

y = Konsentrasi gas CO (ppm)

x = Volume Kendaraan (unit/jam)



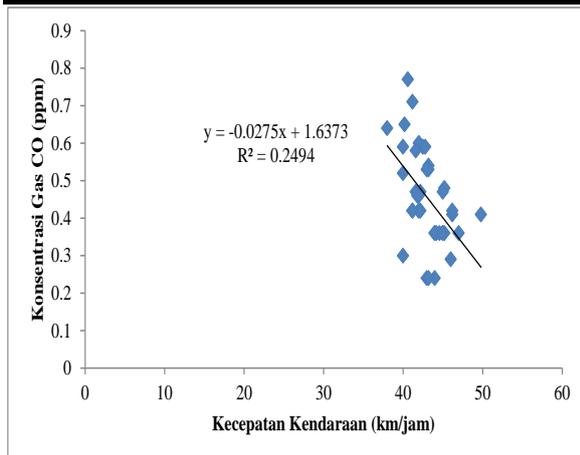
Gambar 12 Korelasi Antara Konsentrasi CO dengan Volume Kendaraan Tahun 2004



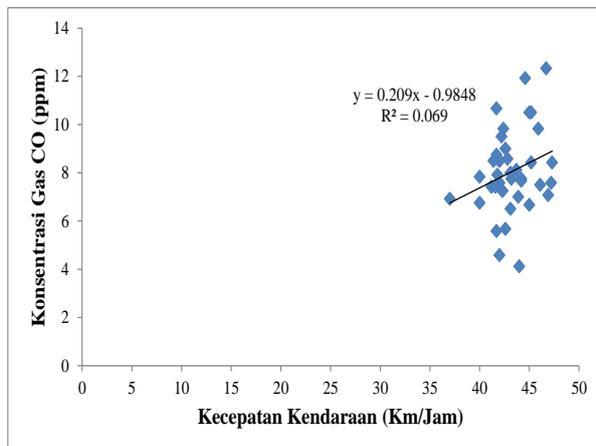
Gambar 13 Korelasi Antara Konsentrasi CO dengan Volume Kendaraan Tahun 2013

7. Korelasi Antara Konsentrasi dengan Kecepatan Kendaraan

Analisis korelasi juga dilakukan untuk melihat hubungan antara tingkat konsentrasi gas CO dengan kecepatan kendaraan yang melintasi 40 ruas jalan di Kota Padang. Perbandingan antara korelasi gas CO dengan kecepatan kendaraan pada tahun 2004 dan 2013 dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15.



Gambar 14 Korelasi Antara Konsentrasi CO dengan Kecepatan Kendaraan Tahun 2004



Gambar 15 Korelasi Antara Konsentrasi CO dengan Kecepatan Kendaraan Tahun 2013

Korelasi kecepatan kendaraan dengan konsentrasi Gas CO yang ditunjukkan pada Gambar 14 dan 15 diatas diperoleh nilai (r) dari hubungan korelasi antara kecepatan kendaraan dengan konsentrasi gas CO dengan menggunakan persamaan linier Tahun 2004 adalah sebesar 0,439 sedangkan pada Tahun 2013 adalah sebesar 0,263 yang menunjukkan bahwa konsentrasi gas CO memiliki korelasi berbanding terbalik dengan kecepatan kendaraan. Semakin tinggi kecepatan kendaraan semakin rendah konsentrasi gas CO yang dihasilkan. Persamaan yang diperoleh adalah:

$$y = -0,0275x - 1.6373 \quad \dots\dots (5)$$

$$y = 0,209x - 0,9848 \quad \dots\dots (6)$$

Dimana:

y = Konsentrasi Gas CO (ppm)

x = Kecepatan Kendaraan (km/jam)

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil survei dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai konsentrasi CO tertinggi berada di Jalan By Pass yaitu sebesar 12,33 ppm sedangkan yang terendah berada di Jalan Ujung Gurun yaitu sebesar 4,12 ppm. Jika dibandingkan dengan konsentrasi 10 Tahun yang lalu, terjadi peningkatan pada nilai konsentrasi tertinggi sebesar 16 kali lipat sedangkan peningkatan nilai konsentrasi terendah sebesar 17 kali lipat pada tahun 2013.
2. Terdapat korelasi yang sangat kuat antara volume kendaraan dengan peningkatan konsentrasi gas CO dimana didapat persamaan $y = 0,0031x + 0,962$ dengan nilai r sebesar 0,905. Sedangkan untuk kecepatan kendaraan memiliki korelasi berbanding terbalik dengan konsentrasi gas CO dimana didapat persamaan $y = 0,209x - 0,9848$.
3. Dari nilai konsentrasi yang didapatkan bahwa konsentrasi gas CO di Kota Padang masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan yaitu 26,19 ppm
4. Peningkatan konsentrasi yang sangat signifikan selama 10 tahun terakhir, maka harus dilakuka pengendalian pencemaran udara di kawasan *roadside* yaitu dengan mengurangi jumlah kendaraan bermotor di Kota Padang, melakukan perawatan rutin pada kendaraan, penambahan transportasi publik dan melakukan penanaman vegetasi yang dapat mereduksi gas CO.

2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian ini selanjutnya adalah:

1. Dilihat dari peningkatan yang sangat signifikan, maka harus selalu dilakukan pemantauan konsentrasi CO secara

berkala pada setiap ruas jalan di Kota Padang.

2. Dilakukan penelitian emisi gas CO dari sumber-sumber lain seperti konsumsi energi, sektor pertambangan, rumah tangga dan perindustrian sehingga kita bisa menghitung total dari keseluruhan gas CO yang diemisikan di Kota Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, I. 2006. Kerusakan Lingkungan yang Diakibatkan oleh Sumber Transportasi. Diakses dari <http://www.bplhdjabar.co.id> tanggal 7 agustus 2012.
- Alley and Copper, 1994. *Air Pollution Engineering. Its Origin and Control*. Mc-Graw Hill. USA.
- Canter. 1996. *Environmental Impact Assessment*. New York: Mc. Grew Hill.
- Cooper and David. 1994. *Air Pollution Control A Design Approach, Second Edition*. Waveland Press, Inc.
- David and Cronwell. 1991. *Introduction for Environmental Engineering*. Mc-Graw Hill. USA.
- Fardiaz, S. 2000. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Ferina, L 2007. Studi Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) di Lingkungan Kerja Reseptor Snsitif (Supir, Petugas Parkir dan Polisi Lalu-lintas) di Kota Padang. FTUA, Padang
- Marlok, K. E. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Sistem Transportasi*. Erlangga. Jakarta.
- Nevers, N. D. 1995. *Air Pollution Control Engineering*, International Editions, New York. Mcgraw-Hill.
- Novrizal, F. 2004. *Permodelan Matematika Antara Peningkatan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) dengan Volume Lalu-lintas, Kecepatan Rata-rata Lalu-lintas, Kecepatan Angin dan Arah Angin pada Ruas Jalan Utama Kota Padang*. Jurusan Teknik Lingkungan. FTUA, Padang.
- Peter, Varon, Marik, Devine, Vreman and Donnay. 2005. *Health Homes Issues: Carbonmonoxide*. Arnold Press. Sydney London.
- Schenele, K. 2001. *Air Pollution Control Technology Handbook*. (Mechanical Engineering Handbook Series). Florida: CRC Press LLC.
- Slinn, Penney and Sanchez. 1998. *Traffic Engineering Design Principles and Practice*. Arnold Press. Sydney London.
- Sudomo, 2001. *Pencemaran Udara*. ITB. Bandung.
- Tugaswati, T. 2000. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan dampaknya terhadap Kesehatan*. Jogjakarta
- Turner, B. 2004. *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*. Lewis Publisher. North Carolina.
- Wright and Paquette. 2002. *Highway Engineering*. Jhon Willey: Gorgia Institute of Technology. New York
- Wichaksono, 2006. *Dampak Keracunan Gas Karbon Monoksida bagi Kesehatan Pekerja*. Diakses dari <http://www.cerminduniakedokteran.com> tanggal 5 agustus 2012.
- Yosrizal, 2004. *Dasar-dasar Sistem Transportasi*. Fakultas Teknik UNAND. Padang.