

# STUDI TINGKAT PENCEMARAN UDARA KARENA ASAP KENDARAAN BERMOTOR DI BEBERAPA WILAYAH PADAT SURAKARTA

Wibowo<sup>1</sup>  
Endang Kwartiningsih<sup>2</sup>

**Abstract :** The Aim of this research is to find determines factor concentration CO in Standart Index of Air Pollution (ISPU) transportation area that base on signification relation among concentration CO with traffic characteriticand metereology aspect. Area study was determined on Monitoring Air Quality Station (Fixed Station). Data's of research on transportation area were taken from six streets along seven days. Data's were analyzed using Multivariate Analysis with approach Stepwise Regression Procedure. The result of research show that signification relation among traffic characteritic, metereology aspect and concentration CO in ISPU with value of  $R^2 = 78,8\%$  or  $r_{xy} = 0,89$ . From result of signification relation, show that determined factor concentration CO in ISPU is wind velocity, temperature, volume of personal car with diesel fuel, speed passanger car and weather with regression equation is CO in ISPU =  $4314 - 85.5$  wind velocity  $- 88.1$  temperature  $+ 0.183$  volume of personal car with diesel fuel  $-16.2$  speed passanger car  $- 125$  weather factor.

Keywords : CO in ISPU, transportation area, Stepwise Regression

## LATAR BELAKANG

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) ditetapkan dari pengukuran kadar pencemar udara CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, dan partikulat. Gas-gas dan partikulat tersebut berasal dari berbagai sumber kegiatan, diantaranya adalah kegiatan permukiman, pembakaran sampah, industri dan kegiatan transportasi. Khusus ISPU area transportasi, polutan utama udara yang diamati adalah gas CO. Pemilihan jenis pencemar didasarkan pada kenyataan bahwa CO adalah salah satu gas yang banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna pada mesin kendaraan bermotor. Area transportasi, walaupun bukan satu-satunya sumber pencemar, merupakan kontributor dalam pencemaran udara yang terjadi khususnya di kota-kota besar. Pada dasarnya, terdapat dua hal yang mempengaruhi penyebaran pencemar udara dan menentukan CO dalam ISPU yaitu unsur-unsur struktur lingkungan (metereologi dan topografi) dan karakteristik sumber emisi dari kegiatan yang berlangsung (aspek lalu-lintas).

Berdasarkan hal diatas maka dilakukan penelitian mengenai signifikansi hubungan antara CO dalam ISPU yang selama ini terukur, dengan aspek lalu-lintas dan aspek metereologi sebagai faktor yang mempengaruhi CO dalam ISPU. Dengan mengetahui signifikansi hubungan tersebut maka diharapkan akan dapat ditentukan faktor utama penentu CO dalam ISPU area transportasi.

---

<sup>1</sup>Staf Pengajar Teknik Mesin FT, UNS

<sup>2</sup>Staf Pengajar Teknik Kimia FT, UNS

## **Permasalahan**

Permasalahan yang dikaji adalah sebagai berikut :

1. Tingkat signifikan hubungan faktor arus lalu-lintas dan aspek meteorologi yang telah diidentifikasi dapat mempengaruhi CO dalam ISPU ?
2. Apakah dapat ditetapkan variabel penentu CO dalam Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) area transportasi yang didasarkan pada hubungan antara konsentrasi CO dan seluruh faktor yang mempengaruhi, yang dikaji berdasarkan pengamatan selama kurun waktu penelitian ?

## **Lingkup Penelitian**

1. Penelitian dilakukan terhadap seluruh faktor arus lalu-lintas dan faktor meteorologi yang diduga dapat mempengaruhi CO dalam ISPU
2. Penelitian dilaksanakan di wilayah pantauan Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien Setempat.
3. Pengambilan sampel arus lalu-lintas, aspek meteorologi dan CO dalam ISPU dilakukan pada bulan Pebruari – April 2003, selama 7 (tujuh) hari penelitian, dan mewakili pada musim kemarau.
4. Penentuan faktor penentu konsentrasi CO dalam ISPU menggunakan Multivariate Analisis dengan pendekatan Stepwise Regression Procedure.

## **Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji signifikansi hubungan antara faktor arus lalu-lintas dan faktor meteorologi terhadap konsentrasi CO dalam ISPU area transportasi baik secara individu maupun secara serentak.
2. Menentukan faktor penentu konsentrasi CO dalam ISPU area transportasi berdasarkan korelasi dan pengaruh yang kuat dari masing-masing faktor arus lalu-lintas dan faktor meteorologi terhadap setiap perubahan konsentrasi CO dalam ISPU.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi bagi masyarakat luas dan Pemerintah Kota Surakarta, sampai seberapa besar pengaruh variasi perubahan aspek lalu-lintas dan aspek meteorologi terhadap perubahan konsentrasi CO yang terukur dalam ISPU area transportasi.
2. Memberikan bahan informasi kepada masyarakat dan Pemerintah Kota Surakarta bahwa terdapat faktor-faktor penentu dari aspek lalu-lintas dan meteorologi yang secara kuat dapat memberikan perubahan CO dalam ISPU.
3. Dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan bagi Pemerintah Kota Surakarta dalam menentukan kebijakan pengaturan lalu-lintas terutama arus lalu-lintas di wilayah yang padat.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Pencemaran Udara**

Penguapan bahan bakar, sistem ventilasi mesin dan buangan dari knalpot hasil pembakaran bahan bakar dan hasil pencampuran ratusan gas dan aerosol menjadi penyebab utama keluarnya berbagai pencemar dari sektor transportasi. Dari beberapa polutan yang dihasilkan oleh kegiatan sektor transportasi, maka karbon monoksida (CO) merupakan polutan utama yang dihasilkan akibat proses pembakaran bahan bakar karbon yang digunakan sebagai bahan bakar, secara tidak sempurna (Soedomo, 2001).

### **Karakteristik Gas CO**

Gas karbon monoksida (CO) adalah zat pencemar udara yang tidak berwarna, tidak berbau, beracun, dan mudah terbakar dengan warna ungu kebiruan. Gas CO sangat stabil dan waktu tinggal di atmosfer adalah 2 sampai 4 bulan, dan di atmosfer bagian bawah, dan teroksidasi sangat lambat (Wark dan Warner, 1981). Gas ini diproduksi oleh segala proses pembakaran yang tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon (C) termasuk bahan bakar minyak bensin dan solar atau oleh pembakaran di bawah tekanan dan temperatur tinggi seperti yang terjadi di dalam mesin dan mobil dalam keadaan tak bergerak (idle).

### **Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)**

ISPU adalah angka yang tidak mempunyai satuan, yang menggambarkan kondisi kualitas udara di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. ISPU ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Sedangkan fungsi ISPU adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan informasi kepada masyarakat tentang kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah pusat dan pemerintah daerah dalam melaksanakan pengelolaan dan pengendalian pencemaran udara.

### **Faktor-faktor Penentu CO Area Transportasi**

#### *Unsur-Unsur Struktur Lingkungan*

Unsur-unsur struktur lingkungan yang dapat mempengaruhi penyebaran pencemar udara dan menentukan kualitas udara adalah aspek meteorologis dan karakteristik permukaan daerah sumber dan penerima.

1. Kecepatan Angin dan Arah Angin  
Kecepatan angin berperan menentukan jarak dan waktu perpindahan pencemar udara dari sumber ke reseptor. Selain itu kecepatan angin akan menentukan derajat pengenceran polutan searah pergerakan angin. Arah angin merupakan arah darimana angin bertiup (Perkins, 1974), sehingga arah angin mengindikasikan arah perjalanan pencemar udara.
2. Suhu dan Tekanan Udara  
Perbedaan suhu pada berbagai daerah di bumi akan mengakibatkan perbedaan tekanan yang menyebabkan terjadinya angin yang akan bertiup dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Secara vertikal akan terjadi perubahan temperatur karena perbedaan ketinggian, yang akan mempengaruhi pergerakan udara di atmosfer, menentukan kestabilan atmosfer dan terbentuknya lapisan inversi.
3. Ketinggian Pencampuran  
Tinggi rendahnya konsentrasi zat pencemar di atmosfer dipengaruhi tinggi rendahnya pencampuran antara pencemar udara dan udara ambien. Semakin tinggi pencampuran terjadi maka konsentrasi pencemar di udara terdispersi dengan kadar yang lebih rendah dibandingkan apabila ketinggian pencampuran lebih rendah.

#### *Karakteristik Utama Arus Lalu-Lintas*

1. Volume Lalu-lintas.  
Volume lalu-lintas adalah jumlah kendaraan-kendaraan yang melewati satu titik yang tetap pada jalan dalam satuan waktu, dihitung dalam jumlah kendaraan/hari atau jumlah kendaraan/jam.
2. Kecepatan lalu-lintas (traffict speed)  
Kecepatan lalu-lintas adalah tingkat perubahan jarak dibagi dengan waktu. Terkait dengan kandungan CO dalam gas buang yang dihasilkan, semakin rendah kecepatan kendaraan akan menyebabkan konsentrasi CO meningkat. Sebaliknya semakin tinggi kecepatan maka konsentrasi CO akan semakin rendah.

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **Keterkaitan Aspek Meteorologi, Arus Lalu-Lintas dan CO Dalam ISPU**

1. Dari hasil penelitian dapat dianalisa secara diskriptif hubungan antara aspek meteorologis (kecepatan angin dan suhu serta ada tidaknya hujan), arus lalu-lintas (volume dan kecepatan lalu-lintas) dan konsentrasi CO dalam Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).
2. Pada kondisi tertentu, terlihat bahwa pada hari Senin, 9 Pebruari 2004 terdapat konsentrasi CO yang tinggi sehingga melebihi Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Tingginya konsentrasi CO yang lebih dari 10.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dalam ISPU tersebut dapat dihubungkan dengan sangat rendahnya kecepatan angin yang menuju ke arah Stasiun Pemantau Kualitas Udara Setempat. Tinggi rendahnya kecepatan angin dapat mempengaruhi proses pengenceran polutan CO di udara. Kecepatan angin yang rendah mengakibatkan proses

pengenceran berlangsung lebih lama, sehingga ketika tertangkap sensor alat pengukur, konsentrasi CO yang terukur cukup tinggi. Secara umum hasil pencatatan konsentrasi CO relatif kecil pada saat kecepatan angin tinggi.

3. Suhu secara tidak langsung akan mempengaruhi konsentrasi CO dalam ISPU yaitu pada kondisi suhu yang tinggi dan ketinggian alat pengukur CO dalam ISPU yang relatif konstan, maka konsentrasi CO dalam ISPU cenderung kecil dibandingkan apabila suhu udara semakin rendah. Hal ini terkait dengan pengaruh suhu di udara atmosfer yang turut mempengaruhi terjadinya lapisan inversi. Dengan kondisi suhu udara semakin tinggi (panas) maka kemungkinan CO yang terukur pada alat pengukur CO dalam ISPU lebih rendah daripada dengan kondisi suhu udara yang lebih rendah (dingin). Selain hal tersebut, terkait dengan suhu yang tinggi adalah proses pemuaiannya. Proses pemuaiannya udara di atmosfer akan mengakibatkan pengaruh terhadap proses dispersi polutan.
4. Dari hasil penelitian juga diperoleh bentuk pola penyebaran konsentrasi CO dalam ISPU cenderung mengikuti pola pergerakan arus lalu-lintas dari berbagai jenis kendaraan. Artinya terdapat kecenderungan bahwa dengan volume kendaraan yang bertambah, maka konsentrasi CO dalam ISPU juga cenderung meningkat.
5. Keterkaitan kecepatan rata-rata kendaraan terhadap variasi perubahan CO dalam ISPU adalah apabila volume kendaraan tinggi maka kecepatan kendaraan akan cenderung turun karena gerak kendaraan dibatasi. Yang terlihat dari hasil data penelitian, kecepatan kendaraan rata-rata dengan jenis dan dimensi kendaraan yang lebih kecil akan memberikan kecepatan rata-rata yang besar, dan sebaliknya. Sehingga yang terlihat adalah masing-masing jenis kendaraan memberikan spesifikasi kecepatan yang berbeda-beda tergantung dari jenis kendaraan lain yang pada ruas jalan yang sama. Kecepatan kendaraan yang nyata untuk setiap jenis kendaraan, akan memberikan faktor emisi yang berbeda-beda, sehingga konsentrasi emisi gas buang berkadar CO juga berbeda-beda.

#### **Korelasi Parsial (Pearson) Selama Kurun Waktu Penelitian**

Korelasi parsial (Pearson) masing-masing variabel bebas terhadap konsentrasi CO dalam ISPU diperoleh hasil bahwa koefisien korelasi yang tinggi dihasilkan oleh variabel bebas kecepatan angin ( $x_1$ ) sebesar  $-0.789$  dan suhu udara ( $x_2$ ) sebesar  $-0.646$ . Terdapat hubungan linier negatif kecepatan angin dan suhu yang berarti bahwa dengan kenaikan kecepatan angin dan suhu secara parsial akan menurunkan konsentrasi CO di udara. Selain itu volume truk ( $x_4$ ), volume bis ( $x_5$ ), volume MPP bensin ( $x_8$ ), volume MPP solar ( $x_9$ ), kecepatan sepeda motor ( $x_{10}$ ) dan cuaca ( $x_{15}$ ) meskipun koefisien korelasinya berkisar 20-40%. Koefisien tinggi terjadi pada hubungan antara volume MPU bensin dan MPP solar yaitu  $0.871$  yang berarti bahwa volume MPP bensin dan volume MPP solar mungkin akan menjelaskan proporsi yang sama terhadap CO dalam ISPU.

#### **Penetapan dan Uji Statistik Persamaan Regresi**

Karakteristik persamaan regresi pengamatan selama 7 (tujuh) hari penelitian yang dilakukan untuk mengkaji signifikansi hubungan antara faktor lalu-lintas dan meteorologi terhadap variasi perubahan CO dalam ISPU memiliki standar deviasi  $S = 180.4$  dan koefisien determinan ( $R^2$ ) =  $80.2\%$ . Dengan memperhatikan besaran  $R^2$  tersebut maka jika variabel-variabel bebas pada model digunakan bersama-sama maka variabel bebas yang ada dapat menjelaskan konsentrasi CO dalam ISPU sebesar  $80.2\%$ . Dari uji asumsi residual IIDN terlihat pula bahwa asumsi IIDN telah terpenuhi. Bila ditinjau dalam pengamatan harian sebagai bagian dari pengamatan seluruh kurun waktu penelitian maka dapat dihasilkan uji statistik sebagai berikut:

**Tabel 1. Uji Statistik Model Berdasarkan Karakteristik Pengamatan Harian**

Hari Pengamatan	$R^2$ (%)	S	$H_0$ pada uji serentak	Variabel Signifikan pada uji parsial	IIDN
Senin	96,5	1.159	Ditolak	Kecepatan angin Suhu Volume bis	Terpenuhi

Selasa	94,0	267,6	Ditolak	Kecepatan sepeda motor	Terpenuhi
Rabu	92,6	117,6	Ditolak	Kecepatan MPP	
Kamis	97,3	73,52	Ditolak	Kecepatan angin	Terpenuhi
Jumat	96,1	164,8	Ditolak	Suhu	
Sabtu	94,6	210,9	Ditolak	Volume MPU solar	Terpenuhi
Minggu	90,2	96,6	Ditolak	Kecepatan MPP	
				Kecepatan angin	Terpenuhi
				-	
				Kecepatan angin	
				Volume sepeda motor	Terpenuhi
				Kecepatan truk	

Sumber : Data primer, 2004

### Penetapan Faktor Penentu CO dalam ISPU

Dengan melihat bahwa secara uji parsial variabel bebas yang digunakan tidak seluruhnya signifikan terhadap variasi perubahan CO dalam ISPU maka diperlukan langkah untuk menentukan faktor penentu CO dalam ISPU melalui pendekatan Stepwise Regression Procedure yang pada dasarnya mencari atau memilih faktor-faktor lalu-lintas maupun meteorologi yang memberikan pengaruh kuat terhadap perubahan CO dalam ISPU. Dari proses komputasi didapatkan bahwa pengamatan selama kurun waktu penelitian selama 7 (tujuh) hari diperoleh hasil persamaan regresi sebagai berikut :

$CO = 4314 - 85.5 \text{ kecepatan angin} - 88.1 \text{ suhu} + 0.183 \text{ vol. MPP solar} - 16.2 \text{ kecepatan MPU} - 125 \text{ faktor cuaca}$ , yang berarti bahwa konsentrasi CO dalam ISPU ditentukan oleh faktor kecepatan angin, suhu, volume MPP solar, kecepatan MPU dan faktor cuaca.

Dari persamaan diatas diperoleh nilai  $S = 179.3$  dan  $R^2 = 78.8\%$ . Artinya bahwa variabel di atas dapat menerangkan variasi CO dalam ISPU sebesar 78.8%. Dalam tahapan pengujian parsial menunjukkan bahwa seluruh koefisien regresi memberi petunjuk  $P_{\text{value}} < 0.05$  sesuai dengan tingkat kepercayaan 95% yang diambil. Artinya bahwa seluruh variabel bebas yang menerangkan CO dalam ISPU adalah signifikan dapat menjelaskan secara individu maupun serentak variasi perubahan CO dalam ISPU.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Terdapat hubungan linier yang cukup kuat antara CO dalam ISPU dan faktor arus lalu-lintas serta faktor meteorologi dengan nilai  $R^2 = 78,8\%$  atau  $r_{xy}$  sebesar 0,89.
2. Faktor penentu CO dalam ISPU selama kurun waktu penelitian adalah faktor kecepatan angin, suhu, volume MPP solar, kecepatan MPU dan faktor cuaca dengan membentuk persamaan regresi  $CO \text{ dalam ISPU } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 4314 - 85.5 \text{ kecepatan angin (km/jam)} - 88.1 \text{ suhu } (^\circ\text{C}) + 0.183 \text{ vol.MPP solar (kendaraan/jam)} - 16.2 \text{ kecepatan MPU (km/jam)} - 125 \text{ faktor cuaca}$ .
3. Terdapat ketidaksamaan faktor penentu ISPU area transportasi dalam tinjauan karakteristik seluruh kurun waktu penelitian dan kurun waktu harian, dimana hal ini disebabkan oleh karena kondisi arus lalu-lintas yang tidak sama, kondisi meteorologi yang berubah-ubah dan faktor lain di luar variabel yang tidak terukur yang dapat mempengaruhi CO dalam ISPU, perilaku pengemudi, faktor emisi masing-masing kendaraan, dan umur kendaraan.

### SARAN

Berdasarkan pada kesimpulan yang ada, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan lokasi ruas-ruas jalan yang lebih banyak dan representatif terhadap tingkat sensitivitas peralatan yang ada pada Stasiun Pemantau Kualitas Udara sejauh radius 1 km.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjut terhadap penentuan koefisien faktor emisi kendaraan bermotor sehingga dapat menentukan kontribusi emisi gas buang kendaraan bermotor secara tepat.

3. Perlunya dilakukan kajian mengenai pola penyebaran konsentrasi CO secara vertikal atau didasarkan pada fungsi ketinggian mengingat kondisi pengukuran CO dalam ISPU dilakukan pada ketinggian 5 meter di atas permukaan tanah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arends, Barendschot.H. (1990), *Motor Bensin*, PT. Erlangga.
- Berthouex , Paul Mac dan Brown, Linfield C. (1994), *Statistic Envoronmental Engineers*, Lewis Publisher –CRS Press.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1985), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 tahun 1985, tentang Jalan*, Direktorat Jendral Bina Marga
- Dobbins.Richard A. (1979), *Atmospheric Motion And Air Pollution*, A Willey Interscience Publication.
- Indratmo, D. (2002), *Thesis : Pengendalian Zat Pencemar Karbon Monooksida Dari Aspek Lalu-Lintas Di Surakarta*, Program Pascasarjana Program Studi Jurusan Teknik Lingkungan
- Kadiyali, L.R. (1983), *Traffic Engineering and Transport Planning*, Khana Publishers - Delhi
- Lyons, T.J., Scott, W.D. (1990), *Principles of Air Pollution Metereology*, Belhaven Press, London
- Mukono, H.J. (1997), *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap gangguan Saluran Pernafasan*, Airlangga University Press, Surakarta
- Nevers. Noel De. (1995), *Air Pollution Control Engineering*, McGraw-Hill International Edition
- Peavy, S. Howard *et al.* (1985), *Environmental Engineering*, McGraw Hill Inc., New York
- Perkins, Henry C. (1974), *Air Pollution*, McGraw-Hill Kogaskusha Ltd, Tokyo
- Soedomo, Moestikahadi. (2001), *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*, Penerbit ITB Bandung
- Wark K, Cecil Warner. (1981), *Air Pollution Its Origin and Control* Second Edition, Harper and Row, Publisher, New York
- Walpole R. (1986), *Statistika Untuk Insinyur*, Penerbit ITB Bandung