



# PENGARUH TINGKAT NO<sub>x</sub>, HIDROKARBON DAN FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP TINGKAT OZON DI RUAS JALAN

G. Gunawan

## RINGKASAN

Polutan NO, NO<sub>2</sub>, CO, hidrokarbon dan partikel diemisikan oleh kendaraan sebagai polutan primer ke udara. Interaksi antara polutan primer dengan lingkungan akan membentuk polutan sekunder seperti O<sub>3</sub> dan senyawa hidrokarbon. Untuk mengetahui karakteristik dan keterkaitan antara polutan, perlu dilakukan pengkajian pengaruh polutan-polutan primer dan faktor-faktor lingkungan terhadap polutan sekunder. Dari hasil uji analisis statistik dengan metode analisa jalur menunjukkan bahwa pengaruh tingkat konsentrasi NO, NO<sub>2</sub>, hidrokarbon dan faktor lingkungan (temperatur, energi matahari, dan volume kendaraan) terhadap tingkat ozon, menunjukkan bahwa perubahan tingkat konsentrasi ozon secara signifikan dipengaruhi oleh jumlah sumber (volume lalu lintas), energi matahari yang dipancarkan dan konsentrasi CH<sub>4</sub>. Besarnya pengaruh ketiga faktor tersebut adalah 5,93%, 9,11% dan 41,78%.

## SUMMARY

All kind of pollutants like NO, NO<sub>2</sub>, CO, SPM, CH<sub>4</sub> and non CH<sub>4</sub> which are emitted by motorized vehicles as primary pollutants. Interaction among primary pollutants and environmental factors may influence the concentration of secondary pollutants (O<sub>3</sub>, PAN, etc). Monitoring air pollution is necessary to be able to understand the characteristics and the relationship among the pollutants. Result of statistical analysis compared to path analysis shows an increase of ozon concentration, which is influenced by traffic volume, solar energy and CH<sub>4</sub> concentration, respectively as 5,93%, 9,11% and 41,78%.

## I. LATAR BELAKANG

Polusi udara <sup>1)2)3)</sup> memberikan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Di Jakarta hasil Penelitian yang dilakukan oleh Bank Dunia dan WHO pada tahun 1990 dan 1997 menunjukkan kerugian akibat polusi udara sekitar 1 triliun rupiah <sup>4)</sup>, dan 5,794 triliun rupiah <sup>5)</sup>. Angka tersebut belum termasuk kerugian yang ditimbulkan terhadap tumbuhan, bahan-bahan, estetika, dan lain-lain.

Beberapa hasil studi menunjukkan bahwa kualitas udara akan selalu mengalami perubahan menurut skala waktu dan ruangnya <sup>6)</sup>. Dimana variabel lingkungan dan interaksi antara polutan diduga sangat mempengaruhi tingkat konsentrasi dari polutan tersebut <sup>7)8)</sup>. Fluktuasi perubahan ini akan terasa sekali bila dilakukan pengukuran disekitar ruas jalan sehingga diduga akan mengalami kesulitan di dalam melakukan prediksi tingkat polusi udara <sup>9)</sup>, dilain pihak data tentang monitoring disekitar ruas jalan sangat bermanfaat dalam melakukan kontrol (pengendalian dan pengelolaan) terhadap polusi udara karena di perkotaan, dianggap sumber pencemar utama dianggap dari kendaraan bermotor (>70%)<sup>10)</sup>

Saat ini pengendalian pencemaran udara di kota-kota besar sangat dibutuhkan mengingat kualitas udara yang buruk dan kerugian ekonomi yang ditimbulkan akibat pencemaran udara sangat besar. Oleh karena itu perlu dikembangkan langkah-langkah pengendalian pencemaran udara yang efektif dan efisien tersebut, dengan cara melakukan monitoring polusi udara dan mengetahui karakteristik dari setiap parameter polutan.

## II. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik tingkat polusi udara dan mengetahui pengaruh tingkat polusi NO<sub>x</sub>, HC, dan faktor lingkungan terhadap tingkat konsentrasi Ozon.

## III. LINGKUP KERJA

Untuk merealisasikan tujuan penelitian ini beberapa tahapan harus dikerjakan:

- Melakukan pengukuran tingkat polusi udara (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, non CH<sub>4</sub>, dan Hidrokarbon total (HCT))



- Melakukan pengukuran parameter lingkungan (Temperatur, kelembaban, penyinaran Matahari, curah hujan, arah dan kecepatan angin)
- Melakukan pengukuran sumber pencemar (volume dan kecepatan lalu lintas).
- Menganalisa hubungan pengaruh tingkat polusi NOx, HC, dan faktor lingkungan terhadap tingkat konsentrasi Ozon dengan metoda statistik menggunakan analisis jalur

#### IV. PEMBATASAN MASALAH

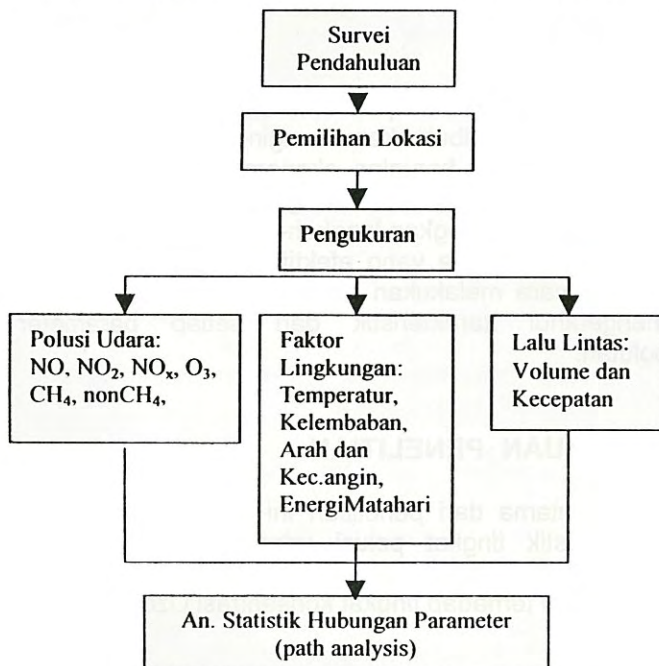
Didalam penelitian ini tidak dilakukan pengkajian skala laboratorium akan tetapi dilakukan skala penuh lapangan dengan batasan-batasan sebagai berikut :

- Pengukuran dilakukan di ruas jalan perkotaan dengan menghindari perimpangan atau belokan.
- Analisis dilakukan dengan anggapan hubungan antara variabel bersifat linier.

#### V. METODOLOGI

Adapun metodologi dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.1 tentang kegiatan penelitian yang dilakukan.

**Gambar 5.1**  
**DIAGRAM ALIR METODOLOGI PENELITIAN**



##### 5.1 Lokasi Penelitian

Survei pendahuluan untuk memilih dan menentukan lokasi-lokasi survei yang sesuai dengan kriteria dan tujuan penelitian ini, berikut adalah daftar kriteria pemilihan lokasi pada tabel 5.1

**Tabel 5.1.**  
**KRITERIA PEMILIHAN LOKASI SURVEI**

Survey Pemilihan Lokasi	Kriteria
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelajari, amati (dari peta jaringan jalan) dan nominasikan lokasi-lokasi survey</li> <li>- Identifikasi lokasi-lokasi yang memungkinkan</li> <li>- Identifikasi kesulitan-kesulitan yang mungkin timbul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokasi harus cukup tempat untuk mengeset alat dan tidak mengganggu arus lalu lintas.</li> <li>- Lokasi tidak dekat dengan tempat berhenti bus atau persimpangan kecil yang mungkin dapat mempengaruhi kelancaran lalu lintas</li> <li>- Lokasi tidak disekitar tikungan jalan</li> <li>- Hindari pemilihan lokasi untuk survei traffic dekat dengan tempat penyebrangan</li> </ul>

Pemilihan lokasi, pertama-tama dilakukan diatas meja, berdasarkan peta jaringan jalan dan fungsi jalan. Hasilnya adalah berupa nominasi lokasi-lokasi survei. Dengan item-item kriteria pemilihan lokasi, ditentukan lokasi-lokasi yang terpilih, hasilnya terlihat pada tabel 5.2.

**Tabel 5.2**  
**LOKASI PENGUKURAN**

Tipe Jalan	Nama Jalan	Kode	Kota
Arteri	Riau	AP 01	Bandung
	Sukajadi	AK 01	Bandung
	H.Mustopha	AM 01	Bandung
Kolektor	Palasari	KP 01	Bandung
	Pagarsih	KK 01	Bandung
	Tb. Ismail	KM 01	Bandung
Lokal	Patrakomala	LP 01	Bandung
	Solontongan	LK 01	Bandung
	Sriwijaya	LM 01	Bandung

Catatan : AP=arteri pemukiman; AK=arteri komersial; AM=arteri mix; KP=kolektor pemukiman; KK=kolektor komersial; KM=kolektor mix; LP=lokal pemukiman; LK=lokal komersial; LM=lokal mix.

Sedangkan untuk pengukuran di lokasi kota besar lain dilakukan di kota Surabaya (Jl. Diponegoro) dengan kode AM 02, Kota Semarang (Jl. Pandanaran) dengan Kode AM 03, dan Kota Solo (Jl. Adisucipto) dengan Kode AM 04, sementara itu dilakukan pengukuran di lokasi Dago Pakar Bandung sebagai kondisi *background*, dengan asumsi kondisi daerah tersebut masih dalam keadaan bersih. Atau polutan yang ada tidak bersumber dari lalu lintas.

##### 5.2 Waktu Pengukuran

Pengukuran dilakukan disekitar ruas jalan secara kontinyu selama 10 jam dan 24 jam, adapun waktu pengukuran dilakukan pada bulan Juli dan Agustus. Pengukuran yang dilakukan selama 10 jam dimulai dari jam 07.00 s/d 17.00, sedangkan pengukuran selama 24 jam dimulai dari jam 00.00 s/d 24.00. Didalam analisa perbedaan waktu ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh faktor energi sinar matahari terhadap polutan.



### 5.3 Metoda Pengukuran

#### 5.3.1 Polusi Udara<sup>10,11)</sup>

- Pengukuran NO, NO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dilakukan dengan alat *Analizer* NO<sub>x</sub> dengan model alat GLN-32 .
- Pengukuran O<sub>3</sub> dilakukan dengan alat *Analizer* ozon dengan model GUX-32.
- Pengukuran hidrokarbon (methan/CH<sub>4</sub> , non methan/nonCH<sub>4</sub> dan total hidrokarbon ) dilakukan dengan alat *analizer* hidrokarbon dengan model alat GHC-75M.

#### 5.3.2 Parameter Lingkungan<sup>10)</sup>

Parameter lingkungan yang diukur adalah temperatur (°C) kelembaban (%), kecepatan angin (m/det), arah angin, curah hujan (mm) dan energi sinar matahari (MJ/m<sup>2</sup>)

Adapun pengukuran menggunakan alat sistim observasi meteorologi dengan Model KV-020, dengan ketelitian alat adalah :

Arah angin	: ± 3°
Kecepatan angin	: 0,3 m/s
Temperatur	: 0,5 °C
Kelembaban	: ± 3 %
Curah Hujan	: ± 3 %
Energi Matahari	: ± 3 %

#### 5.3.3 Lalu Lintas<sup>12)</sup>

Pengukuran lalu lintas dilakukan secara manual dengan menggunakan alat penghitung jumlah kendaraan (selanjutnya disebut counter) dan stopwatch. Dimana untuk mengukur volume lalu lintas digunakan alat counter, pengukuran dilakukan setiap 0,5 jam. Sedangkan untuk mengukur kecepatan kendaraan digunakan stopwatch, dengan mengukur waktu kendaraan dari titik satu ke titik lain yang telah diketahui jaraknya (spot-speed).

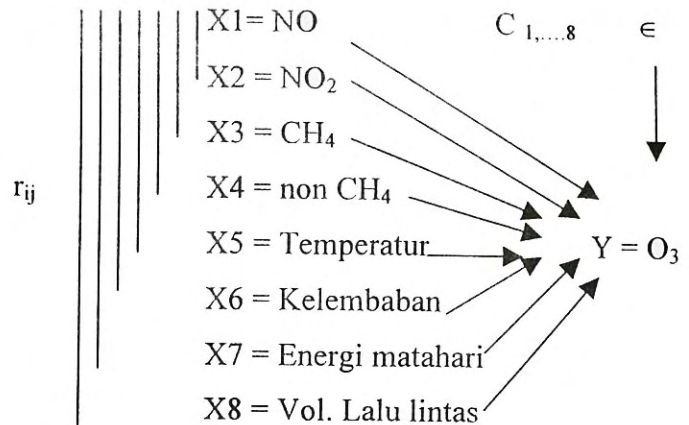
### 5.4 Analisis Hubungan setiap Parameter (Analisis Jalur)<sup>13,14)</sup>

Untuk mengetahui besarnya pengaruh NO<sub>x</sub>, HC, dan faktor lingkungan terhadap tingkat konsentrasi O<sub>3</sub> di udara ambient sekitar perkotaan atau ruas jalan dilakukan analisis jalur.

Analisis jalur digunakan untuk menerangkan pengaruh langsung dan tidak langsung seperangkat variabel, sebagai variabel penyebab, terhadap seperangkat variabel lainnya yang merupakan variabel akibat.

Tahap awal dalam melakukan analisis jalur adalah menggambarkan secara diagramatik struktur hubungan kausal antara variabel-penyebab dengan variabel-akibat.

Gambar 5.2  
DIAGRAM JALUR (PATH DIAGRAM)



Pada diagram itu tampak peubah y merupakan efek dari perubahan  $x_1, x_2, \dots, x_8$ , dan berbagai peubah selain x itu yang didefinisikan sebagai peubah  $\epsilon$  yang digambarkan bebas dari pengaruh x. Peubah  $x_1, x_2, \dots, x_8$  digambarkan saling menjalin hubungan sesamanya dengan kekuatan masing-masing sebesar  $r_{ij}$ , sedangkan  $c_1, c_2, \dots, c_8$  dan  $c_\epsilon$  disebut koefisien jalur (*path coefficient*), peubah x dan s terhadap peubah y. Koefisien dari  $c_1$  mengukur efek langsung  $x_1$  terhadap y, sedangkan  $c_j r_{ij}$  mengukur besarnya efek tak langsung  $x_1$  terhadap y melalui  $x_j$ .

Tahap kedua adalah menghitung matriks korelasi antar variabel yang kemudian dilakukan identifikasi persamaan yang akan dihitung koefisien jalurnya,

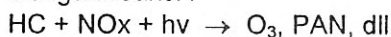
Tahap ke tiga hitung semua koefisien jalur  $r_{ij}, c = 1, 2, \dots, 8$  dan hitung  $Rx^2 (x_1, x_2, \dots, x_8)$  yaitu koefisien yang menyatakan *determinasi* total  $x_1, x_2, \dots, x_8$  terhadap y (dalam analisa regresi koefisien ini disebut koefisien *determinasi multipel*).

Tahap keempat adalah melakukan pengujian hipotesis dengan uji F dan uji t (student).

## VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 6.1 Interaksi Polutan NO<sub>x</sub>, HC dan O<sub>3</sub>

Interaksi polutan NO<sub>x</sub> dan Hidrokarbon di udara dengan adanya energi radiasi matahari akan menghasilkan polutan sekunder seperti O<sub>3</sub>, PAN, dll. Dengan reaksi :



Bila diperhatikan grafik hubungan ozon vs NO<sub>2</sub>/NO (grafik 6.1) terlihat bahwa sebaran tingkat ozon dan ratio NO<sub>2</sub>/NO, ada korelasi yang signifikan khususnya pada siang hari yaitu konsentrasi O<sub>3</sub> berbanding lurus dengan ratio NO<sub>2</sub>/NO, tetapi pada malam hari relatif

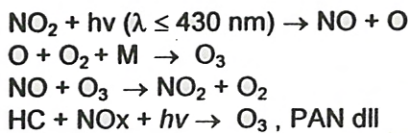


tidak ada perubahan sehingga dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa diduga faktor radiasi (energi) matahari mempunyai peranan yang sangat penting dalam berlangsungnya interaksi diantara polutan..

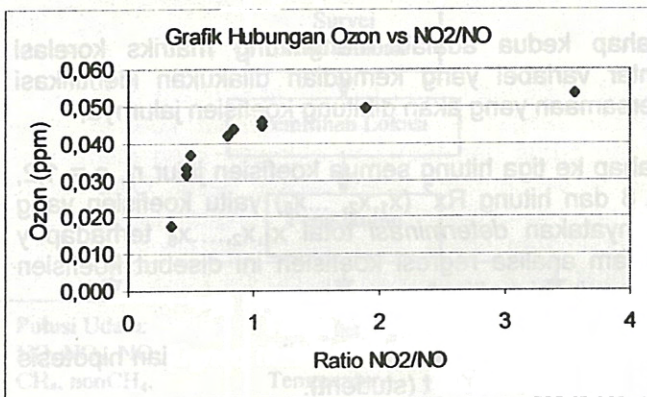
Sedangkan bila kita perhatikan grafik 5.2, yang menggambarkan hubungan antara tingkat konsentrasi ozon dengan ratio HC/NOx, terlihat sampai ratio HC/NOx = 120 menunjukkan korelasi yang cukup signifikan yaitu konsentrasi ozon berbanding lurus dengan ratio HC/NOx.

Dari hubungan tingkat O<sub>3</sub> dengan ratio NO<sub>2</sub>/NO dan rata-rata HC/NOx, yang menunjukkan ada korelasi yang signifikan atau ada keteraturan dalam sebarannya, menunjukkan bahwa parameter NO, NO<sub>2</sub>, NOx dan Hidrokarbon ada interaksi yang cukup signifikan..

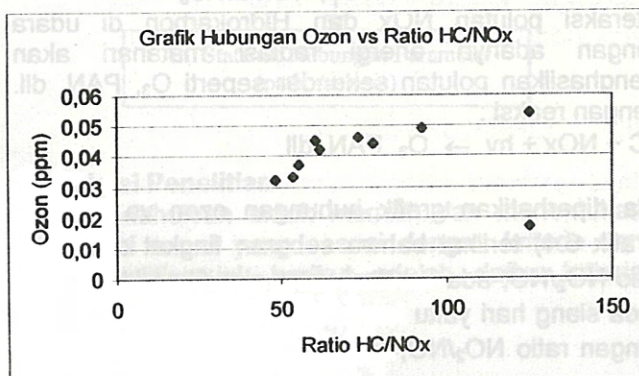
Kemungkinan interaksi yang terjadi adalah reaksi fotokimia yang melibatkan parameter NO, NO<sub>2</sub>, NOx, dan Hidrokarbon dan energi matahari. Dengan kemungkinan-kemungkinan reaksi yang terjadi :



**Grafik 6.1**  
**HUBUNGAN OZON VS RATIO NO2/NO**



**Grafik 6.2**  
**HUBUNGAN OZON VS RATIO HC/NOX**



## 6.2 Analisa Pengaruh NOx, HC dan Faktor Lingkungan terhadap Tingkat Ozon (Analisis Jalur)

Dalam melakukan Analisis Pengaruh NOx, HC dan faktor lingkungan terhadap tingkat ozon, data dikelompokkan menjadi dua (2), yaitu : data yang diukur selama 24 jam dan 10 jam. Pengelompokan ini didasarkan adanya perbedaan yang sangat menyolok dari faktor lingkungan, khususnya faktor radiasi sinar matahari yang pada malam hari tidak ada, dimana dari hasil penggambaran secara grafik menunjukkan bahwa faktor energi matahari mempunyai pengaruh yang sangat besar.

Adapun hipotesis dari penelitian adalah faktor parameter polutan dan lingkungan yang meliputi parameter NO, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, non CH<sub>4</sub>, temperatur, kelembaban, energi matahari dan volume lalu lintas secara simultan berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi ozon.

Ringkasan dari hasil Analisis Jalur adalah sebagai berikut :

### A. Data Pengukuran 24 jam

- Dari hasil uji F terhadap pengaruh dari setiap parameter menunjukkan bahwa  $F_{hitung} (7,16078) > F_{tabel} (2,1)$ , hal ini menunjukkan bahwa faktor NO, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, nonCH<sub>4</sub>, temperatur, kelembaban, energi matahari dan volume lalu lintas secara simultan berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi ozon..
- Hasil uji t (student) terhadap pengaruh secara parsial dari setiap parameter menunjukkan bahwa untuk parameter NO, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, nonCH<sub>4</sub>, temperatur, kelembaban, dan energi matahari secara parsial tidak berpengaruh. Adapun parameter yang secara signifikan berpengaruh hanya satu yaitu parameter volume lalu lintas ditunjukkan dengan nilai  $t_{hit} (2,82681) > t_{tabel} (1,667)$ .
- Adapun besarnya total pengaruh seluruh parameter secara simultan dengan menghitung nilai dari korelasi determinan adalah  $(R_{xy}^2) = 0,476249$  atau secara signifikan hanya 47,6249 %.

### B. Data Pengukuran 10 Jam

- Dari hasil uji F terhadap pengaruh dari setiap parameter menunjukkan bahwa  $F_{hitung} (31,7954) > F_{tabel} (2,1)$  hal ini menunjukkan bahwa secara signifikan faktor NO, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, non CH<sub>4</sub>, temperatur, kelembaban energi matahari dan volume lalu lintas secara simultan berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi ozon
- Hasil uji t (student) terhadap pengaruh secara parsial dari setiap parameter menunjukkan bahwa secara signifikan parameter NO, NO<sub>2</sub>, nonCH<sub>4</sub>, temperatur dan kelembaban tidak berpengaruh ditunjukkan dengan nilai  $t_{hit} < t_{tabel}$ . Akan tetapi untuk parameter CH<sub>4</sub>, energi matahari dan volume lalu lintas secara signifikan berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi ozon ditunjukkan dengan nilai  $t_{hit} > t_{tabel}$  (lihat lampiran perhitungan)



- Adapun besar dari pengaruh seluruh parameter secara simultan diketahui dengan menghitung nilai korelasi determinan ( $R_{xy}^2$ ) = 0,758412, ini berarti secara signifikan parameter NO, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, nonCH<sub>4</sub>, temperatur, kelembaban, energi matahari dan volume lalu lintas berpengaruh sekitar 75,8442%.
- Dengan memperhatikan nilai korelasi  $R_{xy}^2$  = 0,758442 yang cukup besar dan tiga parameter yang berpengaruh, analisa dilanjutkan untuk mengetahui berapa besar pengaruh dari masing-masing parameter (CH<sub>4</sub>, energi matahari dan volume lalu lintas) terhadap tingkat konsentrasi ozon. Dengan memperhatikan pengaruh langsung dan tidak langsung dari setiap parameter menunjukkan bahwa :
  1. Pengaruh langsung dan tidak langsung dari CH<sub>4</sub> terhadap konsentrasi ozon adalah sebesar 0,41783 atau sebesar 41,783%
  2. Pengaruh langsung dan tidak langsung dari energi matahari terhadap konsentrasi ozon adalah sebesar 0,0911 atau sebesar 9,11%.
  3. Sementara pengaruh secara langsung dan tidak langsung dari volume lalu lintas terhadap konsentrasi ozon adalah sebesar 0,05934 atau 5,934%.

## VII. KESIMPULAN

- Interaksi polutan NO<sub>x</sub>, HC dan O<sub>3</sub> di udara dapat terjadi dengan bantuan energi matahari. Interaksi ini dapat terlihat dari hubungan yang signifikan antara tingkat O<sub>3</sub> dengan ratio NO<sub>2</sub>/NO dan ratio HC/NO<sub>x</sub>
- Analisis hubungan setiap parameter menunjukkan untuk waktu pengukuran 24 jam, hanya parameter volume lalu lintas yang berpengaruh secara signifikan. Sementara untuk pengukuran 10 jam parameter yang berpengaruh secara signifikan adalah CH<sub>4</sub>, energi matahari dan volume lalu lintas dengan  $R^2$  = 0,758442
- Pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap konsentrasi O<sub>3</sub> untuk pengukuran 10 jam sebagai berikut :
  - CH<sub>4</sub> sebesar 41,783%
  - Energi matahari sebesar 9,11%
  - Volume lalu lintas sebesar 5,934%

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) Henry C. Perkins ; *Air Pollution*, Mc. Graw-Hill Book Company, USA, 1974, p:3.
- 2) Grolier's ; *Encyclopedia International*, Vol. I, p : 198
- 3) Altshuller, A.P; *Air Pollution, J. Anal Chem*, vol., 41, 5, April 1969, IR-13R
- 4) A World Bank Country Study; *Indonesia Environment and Development*, The World Bank, Washington DC, 1994
- 5) Heuberger, Renat; *Health Costs Due to Particulate Pollution*, Swiscontact, Mei – 2000
- 6) LPM – ITB; *Pengukuran Kualitas Udara*, BAPEDAL, Maret 1992
- 7) Graedel, TE, and Crutzen P.J; *Atmospheric Chance*, W.H. Freeman and Co, New York, 1992, p. 139-167
- 8) Finlayson-Pitts, B.J. and James N. Pitts, Jr; *Atmospheric Chemistry*, John Willey & Sons, 1986, p. 93 – 199
- 9) Gunawan G dan Gunarta S; *Model Prediksi Polusi Udara*, P3J, 1994
- 10) BAPEDAL; *Lingkungan dalam Angka*, 1998
- 11) Donki Kagaku Koiki ; *Mobile Laboratory for Air Pollution*, DKK Co., 1995
- 12) Skoog, Douglas A, Hooller F. James and Timothy A Nieman; *Principles of Instrumental Analysis*, Sounders College Publishing, 1998
- 13) Santoso, Iman; *Teknik Pengukuran Volume dan Kecepatan Lalu Lintas*, P3J, 1994
- 14) Sitepu, NSK; *Analisis Jalur (Path Analysis)*, Statistik FMIPA- UNPAD, 1994
- 15) Lehmann, E.L ; *Testing Statistical Hypothesis*, 2<sup>nd</sup> ed John Wiley & Sons, 1986, p. 365 – 444

### Penulis :

**Drs. G. Gunawan, MS**, Peneliti Bidang Lingkungan Jalan di Puslitbang Prasarana Transportasi

## Lampiran :

## Rangkuman Hasil Pengujian Hipotesis untuk data 24 Jam

No	Hipotesis Penelitian	Nilai Hitung	Nilai Tabel	Keputusan
1	Faktor-faktor cuaca yang meliputi dimensi NO ( $X_1$ ), NO <sub>2</sub> ( $X_2$ ), HC <sub>4</sub> ( $X_3$ ), non HC <sub>4</sub> ( $X_4$ ), temperatur ( $X_5$ ), HUMI ( $X_6$ ), solar ( $X_7$ ), dan volume lalu lintas ( $X_8$ ) secara simultan berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	F = 7,16078	F = 2,1	Ho ditolak : $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7,$ dan $X_8$ secara simultan berpengaruh terhadap Y
2	Secara parsial NO depan ( $X_1$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -1.47236	t = 1,667	Ho diterima : $X_1$ , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
3	Secara parsial NO <sub>2</sub> ( $X_2$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -0.43860	t = 1,667	Ho diterima : $X_2$ , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
4	Secara parsial HC <sub>4</sub> ( $X_3$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -0.04961	t = 1,667	Ho diterima : $X_3$ , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
5	Secara parsial non HC <sub>4</sub> ( $X_4$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -0.94245	t = 1,667	Ho diterima : $X_4$ , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
6	Secara parsial temperatur ( $X_5$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 0,02902	t = 1,667	Ho diterima : $X_5$ , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
7	Secara parsial HUMI ( $X_6$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -1.47406	t = 1,667	Ho diterima : $X_6$ , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
8	Secara parsial solar ( $X_7$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -0.69278	t = 1,667	Ho diterima : $X_7$ secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
9	Secara parsial volume lalu lintas ( $X_8$ ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 2.82681	t = 1,667	Ho ditolak : $X_8$ , secara parsial berpengaruh terhadap Y

## Rangkuman Hasil Penghitungan

Variabel	Koeffisien jalur ( $p_{yxi}$ )
X1	-0.240534
X2	-0.105114
X3	-0.008139
X4	-0.164950
X5	0.010508
X6	-0.529854
X7	-0.093048
X8	0.575873
Pengaruh total variabel X secara simultan ( $R_{yx}^2$ )	0,476249
Pengaruh lainnya di luar variabel X ( $p_{ye}$ )	0,72370



### Rangkuman Hasil Pengujian Hipotesis untuk data 10 Jam

No	Hipotesis Penelitian	Nilai Hitung	Nilai Tabel	Keputusan
1	Faktor-faktor cuaca yang meliputi dimensi NO (X <sub>1</sub> ), NO <sub>2</sub> (X <sub>2</sub> ), HC <sub>4</sub> (X <sub>3</sub> ), non HC <sub>4</sub> (X <sub>4</sub> ), temperatur (X <sub>5</sub> ), HUMI (X <sub>6</sub> ), solar (X <sub>7</sub> ), dan volume lalu lintas (X <sub>8</sub> ) secara simultan berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	F = 31,7904	F = 2,1	Ho ditolak : X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>7</sub> , dan X <sub>8</sub> secara simultan berpengaruh terhadap Y
2	Secara parsial NO depan (X <sub>1</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -4.27548	t = 1,664	Ho diterima : X <sub>1</sub> , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
3	Secara parsial NO <sub>2</sub> (X <sub>2</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 1.49276	t = 1,664	Ho diterima : X <sub>2</sub> , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
4	Secara parsial HC <sub>4</sub> (X <sub>3</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 2.96062	t = 1,664	Ho ditolak : X <sub>3</sub> , secara parsial berpengaruh terhadap Y
5	Secara parsial non HC <sub>4</sub> (X <sub>4</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = -3.56147	t = 1,664	Ho diterima : X <sub>4</sub> , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
6	Secara parsial temperatur (X <sub>5</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 1.55257	t = 1,664	Ho diterima : X <sub>5</sub> , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
7	Secara parsial HUMI (X <sub>6</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 0.15678	t = 1,664	Ho diterima : X <sub>6</sub> , secara parsial tidak berpengaruh terhadap Y
8	Secara parsial solar (X <sub>7</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 2.55814	t = 1,664	Ho ditolak : X <sub>7</sub> secara parsial berpengaruh terhadap Y
9	Secara parsial volume lalu lintas (X <sub>8</sub> ) berpengaruh terhadap O <sub>3</sub> (Y)	t = 3.38325	t = 1,664	Ho ditolak : X <sub>8</sub> , secara parsial berpengaruh terhadap Y

### Rangkuman Hasil Penghitungan

Variabel	Koeffisien jalur (p <sub>vxi</sub> )
X1	-0.350094
X2	0.115120
X3	0.266795
X4	-0.362753
X5	0.141154
X6	0.018438
X7	0.218458
X8	0.293002
Pengaruh total variabel X secara simultan (R <sub>yx</sub> <sup>2</sup> )	0.758442
Pengaruh lainnya di luar variabel X (p <sub>ye</sub> )	0,49148

rx1	rx2	rx3	rx4	rx5
1.00000	0.18804	0.20801	0.66887	0.60583
0.18804	1.00000	0.15407	0.33929	0.23881
0.20801	0.15407	1.00000	0.17644	0.18722
0.66887	0.33929	0.17644	1.00000	
p <sub>ye</sub> = 0,847610				

### Untuk variabel X1

1. Pengaruh langsung

$$Y \leftarrow X_1 \rightarrow Y \quad : P_{yx1}P_{yx1}$$
$$= 0.60583 (0.60583)$$
$$= 0,36703$$

2. Pengaruh tidak langsung

$$Y \leftarrow X_2 \Omega X_1 \rightarrow Y \quad : P_{yx1}r_{x2x1}P_{yx2}$$
$$= 0.60583 (0.18804)(0.23881)$$
$$= 0,02720$$

3. Pengaruh tidak langsung

$$Y \leftarrow X_3 \Omega X_1 \rightarrow Y \quad : P_{yx1}r_{x3x1}P_{yx3}$$
$$= 0.60583 (0.20801)(0.18722)$$
$$= 0,02360$$

4. Jumlah pengaruh secara langsung dan tidak langsung dari X1 terhadap Y sebesar 0,41783

### Untuk variabel X2

1. Pengaruh langsung

$$Y \leftarrow X_2 \rightarrow Y \quad : p_{yx2}P_{yx2}$$
$$= 0.23881 (0.23881)$$
$$= 0,0570$$

2. Pengaruh tidak langsung

$$Y \leftarrow X_1 \Omega X_2 \rightarrow Y \quad : P_{yx1}r_{x2x1}P_{yx2}$$
$$= 0.60583 (0.18804)(0.23881)$$
$$= 0,02720$$

3. Pengaruh tidak langsung

$$Y \leftarrow X_3 \Omega X_2 \rightarrow Y \quad : p_{yx2}r_{x3x2}P_{yx3}$$
$$= 0.23881 (0.15407)(0.18722)$$
$$= 0,00069$$

4. Jumlah pengaruh secara langsung dan tidak langsung dari X2 terhadap Y sebesar 0,09109

### Untuk variabel X3

1. Pengaruh langsung

$$Y \leftarrow X_3 \rightarrow Y \quad : p_{yx3}P_{yx3}$$
$$= 0.18722 (0.18722)$$
$$= 0,03505$$

2. Pengaruh tidak langsung

$$Y \leftarrow X_1 \Omega X_3 \rightarrow Y \quad : P_{yx1}r_{x3x1}P_{yx3}$$
$$= 0.60583 (0.20801)(0.18722)$$
$$= 0,02360$$

3. Pengaruh tidak langsung

$$Y \leftarrow X_2 \Omega X_3 \rightarrow Y \quad : P_{yx2}r_{x3x2}P_{yx3}$$
$$= 0.23881 (0.15407)(0.18722)$$
$$= 0,00069$$

4. Jumlah pengaruh secara langsung dan tidak langsung dari X3 terhadap Y sebesar 0,05934



