



# PENELITIAN PENGARUH LALU LINTAS TERHADAP TINGKAT KONSENTRASI POLUTAN NO<sub>x</sub> DI UDARA PADA JALAN ARTERI DI BEBERAPA KOTA BESAR INDONESIA

**Agus Bari Sailendra**

## Ringkasan

*Pencemaran udara di kota besar pada umumnya disebabkan oleh gas buang kendaraan bermotor, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor emisinya, seperti kecepatan, jumlah dan komposisi kendaraan, pemeliharaan kendaraan, jenis bahan bakar, dan faktor meteorologi dalam penyebarannya. Karena itu, pengenalan terhadap perilaku lalu lintas yang dikaitkan dengan geometri jalan perlu dilakukan dengan melakukan rangkaian penelitian pencemaran udara (kandungan NO<sub>x</sub> di udara) pada beberapa ruas jalan Arteri dan Tol di kota Jakarta dan Bandung.*

*Melalui pengukuran langsung di lapangan dengan metode aktif (pengukuran kandungan NO<sub>x</sub> di Udara), dan pengukuran arus lalu lintas (Volume dan Kecepatan), akan di cari hubungan korelasi antar variabel tersebut di atas. Hasil dari analisa menunjukkan bahwa pada angka kepadatan lalu lintas optimum, tercapai tingkat konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara yang "minimum", walaupun konsentrasi tersebut rataannya melebihi ambang ambient.*

## Summary

*Air pollution in large cities are usually caused by exhausting gas from motorised vehicle which is affected by their emission factor such as; speeds, vehicle main tenance, traffic volume and composition, the type of patrol, and meteorological factor according to its spread. Therefore, identifying the traffic behaviour which is related to the road geometric, should be elaborated by conducting a sequence of research on air pollution (the concentration of NO<sub>x</sub> in the air) at several arterial and Tol road in Jakarta and Bandung.*

*Applying active methodology using concentration NO<sub>x</sub> measurement, and traffic volume & speed measurement, to obtain the correlation of the variables. The results of the analysis are that the optimum traffic density will produce a minimum concentration of NO<sub>x</sub> in the air, although the level of concentration the ambient.*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pencemaran udara adalah terjadinya perubahan komposisi udara normal yang dapat disebabkan oleh adanya aktifitas alam (gunung meletus, dll) dan atau oleh aktifitas manusia seperti oleh kegiatan transportasi, industri, pembakaran dan pemukiman, atau dikatakan apabila telah meningkatnya konsentrasi salah satu polutan (bahan pencemar) di udara baik secara langsung ataupun tidak langsung, di mana dalam konsentrasi tertentu dan waktu tertentu yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan terhadap mahluk hidup dan benda-benda lain yang berada

disekitarnya, disebut udara telah tercemar.

Sedangkan udara yang bersih adalah udara tersebut tidak mengandung unsur atau zat (polutan) sedemikian rupa yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan benda lainnya.

Manusia selama hidup dan kehidupannya selalu bernapas dengan membutuhkan udara yang bersih, yang dibutuhkan setiap saat tanpa berhenti. Lain halnya dengan kebutuhan manusia akan air, atau makanan yang masih dapat berhenti dalam beberapa kurun waktu tertentu, dengan melakukan langkah upaya yang bersifat sementara (alternatif). Karena itu terjadinya pencemaran udara akan lebih berbahaya dan memerlukan perhatian lebih serius, dalam upaya

meningkatkan kelangsungan hidup terutama manusia untuk sehat dan nyaman.

Terjadinya pencemaran udara di muka bumi oleh aktifitas manusia, ialah sejak dimulai mengenal adanya proses pembakaran atau di mana sejak manusia menemukan api (Ahmadi, 1987), namun mengingat kemampuan alam untuk membersihkan bahan-bahan pencemar (polutan) yang ada masih cukup tinggi, maka keseimbangan alam bisa teratasi.

Dengan makin berkembangnya kemajuan dibidang teknologi sebagai tulang punggung kemajuan peradaban manusia, yang disatu pihak memungkinkan makin berkembangnya aktifitas kehidupan manusia dalam waktu dan kesempatan yang relatif lebih singkat, cepat dan berkesinambungan, namun dilain pihak telah menimbulkan banyaknya bahan-bahan pencemar terbuang/dibuang ke udara sedemikian rupa.

Di sisi lain kemampuan alam untuk membersihkan bahan pencemar tersebut secara alamiah makin berkurang, sehingga zat pencemar (polutan) tersebut makin lama akan berakumulasi dan pada gilirannya dapat mengganggu kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya.

Keadaan dan kondisi di atas umumnya terjadi di daerah perkotaan (kota besar) di mana sebagian besar penduduk terkonsentrasi dan kegiatan manusia sangat tinggi intensitasnya, di samping kegiatan penggunaan teknologi sangat dominan; seperti penggunaan teknologi transportasi, teknologi untuk industri, pembangkit tenaga listrik, pembuangan sampah, dan lain-lain. Karena itulah kasus pencemaran udara telah menjadi salah satu masalah besar di perkotaan.

Di negara-negara berkembang khususnya Indonesia masalah pencemaran udara di kota besar sudah mulai terasa, karena sebagai akibat makin dirasakannya kebutuhan akan standar kehidupan yang makin meningkat seperti; Tingkat kenyamanan, tingkat kesehatan dan keselamatan yang tinggi, yang tidak terlepas dari adanya proses pembangunan nasional disegala bidang.

Makin meningkatnya kegiatan manusia dan kegiatan pembangunan di Indonesia dewasa ini, telah menimbulkan kecenderungan yang meningkat dari pergerakan arus orang dan barang. Pergerakan arus orang dan barang tersebut pada daerah-daerah di atas, sudah barang tentu harus dilayani oleh berbagai moda transportasi (darat) yang ada, terutama seperti Kereta Api, dan Angkutan Jalan Raya (bus, truk, sedan, dll).

Pada umumnya peran angkutan Kereta Api di daerah perkotaan masih jauh lebih kecil dibandingkan penggunaan angkutan jalan raya, yaitu sekitar di bawah 2 % (Ariani, 1991). Sehingga dominasi angkutan jalan raya dengan angkutan bermotor masih terasa sangat besar. Gambaran ini dapat dilihat dari data rata-rata peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cenderung tinggi (di atas 15% / tahun) dan peningkatan arus (volume) lalu lintas jalan raya di beberapa ruas jalan cukup besar (>10% / tahun).

Kondisi di atas tersebut terjadi antara lain; karena disatu sisi adanya indikasi pelayanan dari angkutan penumpang umum yang ada di kota besar umumnya belum memadai, karena meningkatnya pendapatan perkapita penduduk (kota), atau karena terkait dengan masalah aspek sosial lainnya. Sehingga orang lebih cenderung memilih lebih baik memiliki kendaraan pribadi.

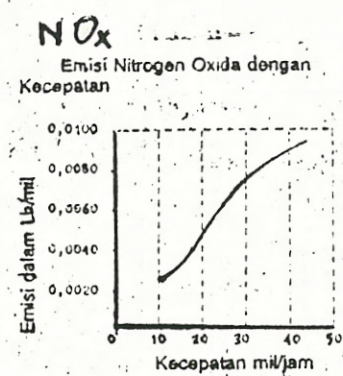
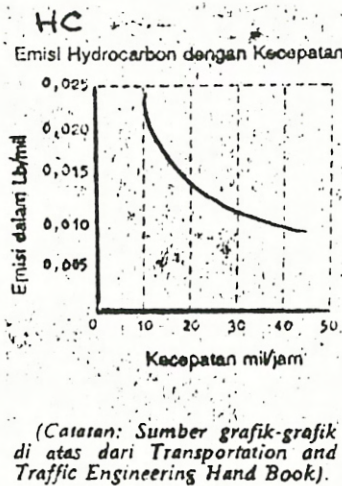
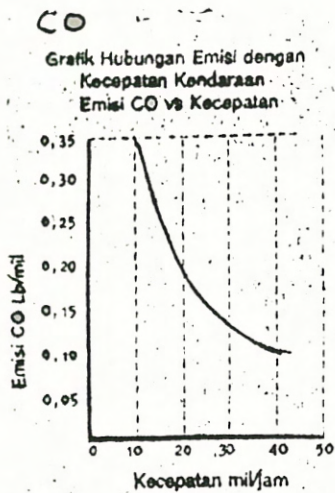
Dilain pihak, prosentase peningkatan pembangunan prasarana jalan yang terjadi tidak seimbang dibandingkan dengan kenaikan pemilikan jumlah kendaraan bermotor, kebutuhan akan sarana transportasi umum juga tidak seimbang, selain masalah disiplin pemakai jalan sangat rendah, maka tidaklah heran sering dijumpai banyaknya lokasi-lokasi rawan kemacetan lalu lintas.

Gas buang kendaraan bermotor mengeluarkan bahan pencemar (polutan) yang disebut polutan primer dan polutan sekunder, sebagai akibat proses pembakaran (mesin), yaitu berupa polutan : Carbon monoksida (CO), Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), Hidrocarbon (HC), Sulphur oksida (SO), Pb dan partikel-debu.

Secara teoritis kemacetan lalu lintas akan menimbulkan pencemaran udara, karena kemungkinan lebih banyak dikeluarkan dan terakumulasinya polutan dari gas buang kendaraan bermotor pada saat volume lalu lintas tinggi, dan kecepatan relatif rendah, sehingga kepadatan lalu lintas mendekati macet.

Pada umumnya tingkat kondisi konsentrasi polutan akan mengikuti kondisi arus lalu lintas tertentu seperti terjadinya "jam sibuk", di mana operasi kendaraan mengalami tingkat kecepatan yang berubah dan cenderung menjadi lebih rendah. **Karena faktor kecepatan merupakan faktor emisi kendaraan** seperti terlihat dari beberapa grafik yang hubungan emisi dan kecepatan.

Tingkat konsentrasi polutan CO dan HC (Grafik 1.1 dan 1.2) cenderung akan naik bilamana kecepatan semakin rendah, sebaliknya jika kecepatan makin tinggi konsentrasi CO dan HC cenderung menurun. **Namun untuk emisi NO<sub>x</sub> terjadi kebalikannya dari emisi CO dan HC.** (Grafik 1.3)



(Catatan: Sumber grafik-grafik di atas dari *Transportation and Traffic Engineering Hand Book*).

Grafik 1.1 s/d 1.3

Dengan dibangunnya jalan-jalan tol (bebas hambatan) yang masuk kota sebagai salah satu pemecahan masalah lalu lintas terutama kemacetan, maka selain akan meningkatkan nilai waktu dan efisiensi dibidang angkutan, juga diharapkan dapat menurunkan tingkat konsentrasi polutan tertentu yang diduga sudah cukup tinggi. Namun di sisi lain dengan tingkat kecepatan yang tinggi, kecenderungan meningkatnya konsentrasi polutan lainnya dalam hal ini **konsentrasi NOx** diduga akan terjadi.

Hasil penelitian Winarto 1989, dan Suprianto 1989 memperlihatkan adanya indikasi bahwa pencemaran udara yang terjadi di kota besar disumbang oleh beberapa kegiatan seperti transportasi jalan raya, pusat industri, pemukiman, dsb. Dari peran masing-masing sumber pencemar (emisi) tersebut baik di kota Jakarta dan Bandung, menggambarkan bahwa lalu lintas merupakan sumber pencemar yang dominan dalam menimbulkan pencemaran udara (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Emisi Pencemar (%) di Wilayah DKI Jakarta dan Bandung.

Bahan	Industri		Lalu Lintas		Pemukiman		Pembakaran	
	DKI	BDG	DKI	BDG	DKI	BDG	DKI	BDG
CO	0,1	0,1	98,8	97,4	0,1	0,1	1,0	2,4
HC	1,2	1,8	88,9	78,5	2,2	2,2	7,7	17,5
NOx	15,9	29,0	73,4	56,8	9,6	11,2	1,1	3,0
SO2	62,7	71,2	26,5	11,3	10,7	16,9	0,2	0,6
Debu	14,6	20,2	44,1	27,7	33,0	33,5	8,4	19,6

Sumber : Adopsi paper "Lokakarya Persiapan Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Jawa Barat", Juni 1990

Demikian pula, menurut hasil penelitian "Sumbernya dan emisi bahan pencemar di USA (1986)", menunjukkan kendaraan bermotor menimbulkan emisi bahan pencemar paling besar. (Tabel 1.2)

Tabel 1.2 Emisi Bahan Pencemar Udara di USA 1986 (dalam juta Ton per-tahun)

Sumber	NOx	CO	SO2	CHO	Debu
- Kendaraan bermotor	6	66	1	12	1
- Industri	2	2	9	4	6
- Pembangkit listrik	3	1	12	1	3
- Pembakaran/pemanasan rumah tangga	1	1	3	1	1
- Pembuangan Sampah	1	1	1	1	1

Sumber : Walton Purdon. Environmental Health, Ny., Academic Press, 1971. Adopsi Widyapura, NO.3 Tahun V, Agustus 1987, hal. 27.

Tingkat pencemaran udara yang terjadi sangat dipengaruhi pula oleh **faktor meteorologi dalam proses penyebarannya** (Siswoyo, 1979), seperti : Arah dan kecepatan angin, stabilitas udara, radiasi Matahari, kelembaban Udara dan suhu Udara.

Kendaraan bermotor di jalan raya umumnya terdiri dari dua jenis, yaitu yang menggunakan bahan bakar bensin dan bahan bakar solar (mesin disel). Perbandingan polutan yang dikeluarkan oleh kedua jenis kendaraan tersebut adalah :

Tabel 1.3 Perbandingan Polutan yang dikeluarkan kendaraan berbahan bakar bensin dan solar

Pollutan	Kendaraan berbahan bakar	
	Bensin	Solar
CO	***	*
SO <sub>2</sub>	*	**
NO <sub>x</sub> (NO NO <sub>2</sub> )	*	*
HC	*	*
Pb (Alkylead-compound)	**	--
Asap	--	***

Sumber : Widyapura No.3 Tahun V, 1987 hal 14.

Melihat perbandingan di atas dapat disimpulkan secara umum bahwa; **kendaraan bermotor berbahan bakar bensin lebih banyak mengeluarkan gas-polutan yang dapat menyebabkan pencemaran udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan bermotor berbahan bakar solar**, walaupun kendaraan bertenaga diesel seolah-olah memberi kesan terhadap tingkat pencemaran udara yang lebih hebat (dilihat dari kepekatan asap gas buang motor diesel).

Karena itu, kendaraan jenis Truk/Bus yang pada umumnya menggunakan motor diesel dapat dianggap kurang besar peranannya dalam kontribusinya terhadap pencemaran udara, dibandingkan dengan emisi dengan kendaraan motor bensin, kecuali jika ditinjau dari masalah keselamatan lalu lintas (terhadap kemampuan pandangan). Namun, untuk emisi polutan NO<sub>x</sub> baik kendaraan berbahan bakar bensin maupun dengan solar, mengeluarkan tingkat emisi yang sama (Tabel 1.3).

Dari jumlah kendaraan bermotor dan komposisi di Indonesia (1985) menunjukkan bahwa jenis Sepeda motor mencapai 70%, dari sekitar 7 juta kendaraan bermotor terdaftar, Mobil penumpang (sedan/jeep) 14%, sedangkan Bus dan Truk hanya sekitar 16%. Di wilayah DKI Jakarta (1988) persentase komposisinya terdiri dari; Sepeda motor 52%, Mobil penumpang 25%, Bus 10%, dan truk 13%. Demikian pula untuk Bandung komposisi Sepeda motor masih paling tinggi. Karena itu, dengan melihat komposisi tersebut di atas, kemungkinan jenis **Sepeda motor merupakan faktor emisi sumber pencemar udara yang potensial** sangat memungkinkan.

Selain faktor-faktor penentu emisi tersebut di atas, **faktor usia kendaraan dan kurangnya pemilihan kendaraan merupakan faktor utama lainnya dalam mempengaruhi tingkat emisi pencemaran udara.**

Dari gambaran tersebut di atas, sudah memperlihatkan indikasi kaitan antara tingkat pencemaran udara dan lalu lintas jalan raya terutama di daerah perkotaan (kota besar), yaitu akan membawa masalah serius bagi kesehatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pengaruh polutan pada konsentrasi tertentu terhadap kesehatan pada umumnya akan memberikan **gangguan yang bersifat akut maupun kronis**, misalnya terhadap iritasi saluran pernapasan, iritasi mata, alergi kulit dan yang kronis adalah seperti asthma, bronchitis, dan kanker paru-paru. Pada tingkat konsentrasi "yang tinggi" akan dapat mengakibatkan manusia koma, dan mati.

Lebih jauh, gangguan tadi akan mempengaruhi fisik seseorang di mana pada gilirannya akan **mempengaruhi kemampuan kerja dan selanjutnya akan mengurangi tingkat produksi dan secara ekonomis akan merugikan**. Selain itu, kerugian yang diderita akan termasuk kerugian terhadap tanaman, binatang, dan pengaruh terhadap cuaca dan iklim bumi secara menyeluruh.

Untuk itu, pengenalan yang lebih mendalam terhadap perilaku tingkat pencemaran udara di kota besar (Jakarta dan Bandung) terutama polutan NO<sub>x</sub>, dalam hubungannya dengan masalah lalu lintas dan geometri jalan perlu diketahui dan dikenali karakteristiknya, dalam upaya untuk mereduksi tingkat konsentrasinya sedemikian rupa.

## 1.2. Maksud dan Tujuan

Dalam upaya untuk mengurangi tingkat konsentrasi polutan terutama NO<sub>x</sub> di udara, pengenalan pengaruh perilaku lalu lintas dan geometri jalan terhadap tingkat konsentrasi menjadi salah satu tujuan dari program penelitian pencemaran udara.

Diharapkan dari gambaran distribusi datanya, dapat diketahui tingkat konsentrasi polutan (NO<sub>x</sub>) dalam kaitannya dengan pencemaran udara (ambang ambient yang ada), serta mengetahui hubungan antar variabel datanya, di samping untuk mempersiapkan langkah program penelitian lanjutan.

## 1.3. Metodologi Penelitian

### 1.3.1. Hipotesis

Dalam program penelitian ini diasumsikan bahwa tingkat konsentrasi polutan NO<sub>x</sub> di udara sangat dipengaruhi oleh kondisi volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan. Sebagai variabel bebas adalah tingkat kepadatan lalu

lintas (kend/Km) yang dianggap merupakan penampilan dari perilaku volume LL dan kecepatan kendaraan.

Untuk mendapatkan gambaran tersebut dilakukan dengan membuat asumsi model matematis berupa persamaan regresi linier sederhana, atau multiple regresion, yaitu : Fungsi dari tingkat konsentrasi (NOx) yang dipengaruhi oleh fungsi kepadatan lalu lintas.

$$\text{Konsentrasi (NOx)} = C + a X$$

### 1.3.2. Teknik Analisis

Angka kepadatan lalu lintas merupakan petunjuk dari hubungan jumlah (volume) kendaraan dan kecepatan arus lalu lintas, yang dapat menggambarkan perilaku arus lalu lintas yang dapat dikaitkan dengan perilaku dari gas buang yang dikeluarkan selama kendaraan hidup mesinnya, baik pada posisi berjalan atau posisi macet. Sehingga dengan melihat angka kepadatan lalu lintas (kend/Km) diharapkan ada hubungannya dengan konsentrasi polutan NOx (ppm) di udara dan mendekati kenyataan lapangan.

Analisis data Lalu lintas, dilakukan untuk mengetahui besaran volume lalu lintas (kend/jam) dan besaran rata-rata kecepatan kendaraan (kpi), menurut kondisi dan geometri jalan tertentu.

Kondisi jalan (geometri) dan arus lalu lintas tertentu yang dianggap berpengaruh terhadap tingkat kepadatan lalu lintas, merupakan faktor penting dalam usaha mengelompokkan kasus-kasus ke dalam beberapa kelompok lokasi penelitian. Dengan demikian analisis dapat lebih mencapai sasarannya.

Pengelompokan didasarkan kepada antara lain; lingkungan sisi jalan, geometri jalan dan pola arus lalu lintasnya. Lebih lanjut kriteria penetapan dalam pengelompokan kasus studi, ditentukan melalui pendekatan penetapan lokasi penelitian lapangan.

### 1.3.3. Teknik Pengumpulan Data

1. Teknik pengukuran konsentrasi polutan NOx di udara, dilakukan dengan menganggap lalu lintas sebagai sumber bergerak atau sumber garis (line source), karenanya pencuplikan contoh udara dilaksanakan dengan metode aktif dengan bantuan peralatan pencuplik udara dan bahan kimia sebagai absorber, dengan kecepatan hisap 0,4 lt/dt, kemudian contoh tersebut diuji di laboratorium dengan

bantuan alat spectrometer dengan menggunakan gelombang electromagnetis (panjang gelombang 540 m). Selanjutnya konsentrasi NOx dihitung berdasarkan satuan dalam ppm atau gr/m<sup>3</sup>.

2. Alat pencuplik udara ditempatkan pada salah satu sisi jalan (trotoar/bahu/halaman rumah) dengan jarak antara 5-10 meter dan ketinggian 1-1,5 meter dari permukaan tanah.
3. Pencatatan jumlah kendaraan dan kecepatan kendaraan untuk tiap jam, dan tiap arah lalu lintas, disesuaikan dengan kondisi jalan yang diamati, dilakukan secara manual sehingga komposisi jenis kendaraan tercatat, sedangkan untuk kecepatan dipergunakan alat Gatsometer dan lonoscope.
4. Waktu pengukuran di DKI Jakarta dilaksanakan dalam hari kerja (1990) dan untuk tiap titik pada setiap pos diamati selama 6 jam, mulai jam 06.00-12.00. Tiap pos pengukuran dilakukan selama 2 sampai 3 hari berturut-turut. Sehingga satu Pos mempunyai data dianggap dapat mewakili keadaan di lapangan.
5. Waktu pengukuran di Bandung dilaksanakan dalam hari kerja (1989-1990) dan untuk setiap titik/pos pengukuran diamati selama 6 jam dengan masing-masing 2 jam pada jam sibuk pagi-siang dan sore. Tiap pos pengukuran dilakukan hanya dalam satu hari saja. Pada beberapa pos tertentu dilakukan pengukuran ulang, baik karena adanya perubahan arah lalu lintas ataupun adanya perubahan waktu (1989 dan 1990).

### 1.3.4. Penentuan Lokasi

#### 1. Wilayah DKI Jakarta

- 1) Kelompok I dengan kriteria jalan bebas hambatan (tol) yang tidak berdekatan dengan jalan alternatifnya, serta jauh dari lingkungan pemukiman/industri, dsb.
  - Jalan Tol Akses Cengkareng (dua pos ukur)
  - Jalan Tol Jakarta-Cikampek (satu pos ukur)
- 2) Kelompok II dengan kriteria jalan Tol yang sejajar dengan jalan alternatif dan pada lingkungan pemukiman/perkantoran, dsb.
  - Jalan Tol Cawang-Grogol (dua pos ukur)
- 3) Kelompok III dengan kriteria jalan Tol berada di atas jalan alternatif, pada lingkungan pemukiman/perkantoran.
  - Jalan Tol Wiyoto Wiyono/Arteri Jend.A.Yani (Cawang-Tj. Priok).

## 2. Wilayah Bandung

- 1) Kelompok I dengan kriteria Jalan Arteri/ Kolektor Primer, lalu lintas dua arah.
  - Jalan Kiaracondong (dua pos ukur)
  - Jalan Soekarno-Hatta (tiga pos ukur)
  - Jalan Setiabudhi (satu pos ukur)
- 2) Kelompok II dengan kriteria jalan Arteri/ Kolektor sekunder dan lalu lintas dua arah.
  - Jalan A.Yani (tiga pos ukur)
  - Jalan Buah Batu (satu pos ukur)
  - Jalan Gatot Subroto (satu pos ukur)
  - Jalan KH. Mustofa (Suci, dua pos ukur)
  - Jalan Siliwangi (satu pos ukur)
- 3) Kelompok III dengan kriteria jalan Arteri/ Kolektor Sekunder dan lalu lintas satu arah.
  - Jalan Asia Afrika (tiga pos ukur)
  - Jalan Sudirman (dua pos ukur)
  - Jalan Rajawali (terusan) satu pos ukur
  - Jalan A.Yani (satu pos ukur)

## II. INDIKASI PENCEMARAN UDARA (KONSENTRASI POLUTAN NO<sub>x</sub>)

### 2.1. Konsentrasi NO<sub>x</sub> di Jalan Arteri/Tol Jakarta

1. Hasil pengukuran pada jalan tol akses Cengkareng dan tol Bekasi-cikampek (kelompok I) **kadar polutan NO<sub>x</sub>** di udara menunjukkan rata-ratanya sekitar 0,096 ppm/jam, dalam jangka waktu pengukuran 6 jam dengan standar deviasi 0,11 ppm/jam. Angka tersebut memberikan **indikasi** sudah melampaui baku mutu ambien menurut KLH (0,05 ppm/24 jam). Jika dikaitkan dengan standar di daerah urban konsentrasi NO<sub>x</sub> sudah masuk dalam kriteria batas ambangnya, yaitu sekitar 0,15 ppm untuk 1 jam (Victoria-Australia/1979). Nilai maksimum konsentrasi NO<sub>x</sub> yang terjadi adalah 0,755 ppm pagi hari dan terendah 0,027 ppm/jam. (Tabel 2.1.1)

Dari fluktuasi distribusi datanya menunjukkan konsentrasi tertinggi umumnya pada pagi hari. Karena pada koridor kelompok I, merupakan lingkungan sisi jalan yang masih terbuka dan relatif jauh dari daerah kegiatan manusia (pemukiman/pertokoan/dsb), maka tingkat konsentrasi di atas dianggap belum berbahaya.

2. Pada kasus di mana jalan tol dan jalan alternatif sejajar (kelompok II), hasil pengukuran **konsentrasi NO<sub>x</sub>** menunjukkan rata-rannya 0,095 ppm/jam, standar deviasi 0,073 ppm/jam, dan maksimumnya mencapai 0,284 ppm/jam dan minimum 0,023 ppm/jam (Tabel 2.1.2).

Angka rata-rannya sudah **menunjukkan indikasi yang sama** dengan kasus kelompok I, jika dilihat dari nilai maksimum dan minimum, maka konsentrasi pada kelompok II ternyata lebih kecil dibandingkan dengan kelompok I.

Dari gambaran fluktuasinya, kondisi pada siang hari kandungan NO<sub>x</sub> umumnya lebih tinggi dibandingkan pada pagi hari.

Dilihat dari kemungkinan **pengaruh negatif terhadap lingkungan sisi jalan**, di mana pada sepanjang koridor kasus kelompok II aktifitas manusia relatif tinggi intensitasnya, bahkan diantaranya merupakan Rumah Sakit, maka pada kondisi kualitas udara di sekitar kelompok II dianggap menjadi lebih berbahaya.

3. Untuk kelompok III, yaitu jalan tol berada di atas jalan alternatif (layang), **kandungan NO<sub>x</sub> di udara** rata-rannya adalah 0,11 ppm/jam dengan SD adalah 0,08 ppm/jam. Maksimum kandungan NO<sub>x</sub> mencapai 0,301 ppm/jam dan terendah 0,023 ppm/jam. (Tabel 2.1.3)

Dengan melihat angka rata-rata tingkat konsentrasinya yang dibandingkan terhadap kelompok I dan II, maka nilai di **kelompok III berada di atas kedua kelompok sebelumnya**.

Kandungan NO<sub>x</sub> yang tinggi umumnya terjadi pada pagi hari (sama dengan kelompok I).

Kondisi lingkungan pada kelompok III dapat dianggap mendekati sama dengan kelompok II, sehingga konsentrasi yang terjadi (kandungan NO<sub>x</sub>) dianggap sudah memberikan indikasi lebih berbahaya.

4. Dari gambaran angka-angka hasil pengukuran di tiga kelompok kriteria jalan di atas (kelompok I, II, III), nilai tingkat konsentrasi polutan NO<sub>x</sub> di udara rata-rannya sudah di atas baku mutu ambien (KLH -di atas 0,05 ppm/24 jam). Demikian juga pada kondisi tingkat konsentrasi maksimum untuk satu jam ada yang sudah jauh di atas standar yang berlaku (Luar Negeri >0,15 ppm/jam), maka kondisi kualitas udara disekitar kasus studi sudah memberikan indikasi yang dapat dianggap berbahaya, terutama jika lingkungannya adalah daerah pusat atau dekat dengan pemukiman/perkantoran, dsb.

### 2.2. Konsentrasi NO<sub>x</sub> di Jalan Arteri Bandung

1. Pada kasus kelompok I, **kandungan NO<sub>x</sub>** di udara rata-rannya mencapai 0,077 ppm/jam, dengan

standar deviasi adalah 0,042 ppm/jam. Nilai maksimum adalah 0,169 ppm/jam dan terendah 0,01 ppm/jam. Nilai yang terjadi sudah dapat dikatakan melampaui baku mutu ambient. (Tabel 2.2.1)

Fluktuasi tingkat konsentrasi umumnya siang hari lebih tinggi dibanding pada pagi hari.

Lingkungan sisi jalan sepanjang koridor kelompok I ini umumnya berada di sepanjang pinggiran kota dan merupakan daerah pemukiman dan daerah terbuka, sehingga angka konsentrasi NOx di udara yang terjadi dianggap sebagai tanda lampu kuning.

2. Pada kasus kelompok II, jalan dengan fungsi Sekunder nilai **konsentrasi rataannya** lebih tinggi dibanding dengan kelompok satu (fungsi primer) yaitu 0,105 ppm/jam, dengan SD 0,067 ppm di mana nilai maksimumnya 0,307 ppm, dan nilai minimumnya 0,028 ppm. Hasil pengukuran pada tahun 1990 (2 pos yang sama), rataannya memperlihatkan sedikit lebih kecil (0,08 ppm/jam).

Pola fluktuasi tingkat konsentrasi (Tabel 2.2.2) umumnya mendekati sama dengan pola kelompok I. Namun dari pengukuran tahun 1990, pada beberapa pos yang sama menunjukkan pola pagi hari cenderung lebih tinggi.

Dari pandangan lingkungan sisi jalan dan kepadatan penduduk, kondisi di sepanjang jalur jalan ini umumnya lebih padat dibanding dengan kelompok I, sehingga dengan konsentrasi NOx di udara yang terjadi di atas memberikan **Indikasi dianggap berbahaya**.

3. Kelompok III (fungsi sekunder dan arus lalu lintas satu arah), nilai **kandungan NOx** di udara rataannya **lebih tinggi** lagi dibanding dengan kedua kelompok sebelumnya, yaitu rataannya 0,20 ppm/jam, standar deviasi 0,177 ppm, maksimum 0,86 ppm, minimum 0,09 ppm/jam. (Tabel 2.2.3)

Agak berbeda pola fluktuasi datanya dengan kedua kelompok sebelumnya, yaitu pada pagi hari cenderung lebih tinggi dibanding dengan siang dan sore hari.

Dengan melihat angka di atas, maka pada kondisi kelompok III nilai konsentrasi NOx di udara dipandang lebih berbahaya, mengingat lingkungannya sama dengan kelompok II.

4. Dari hasil pengamatan di atas **konsentrasi NOx di udara cenderung sudah menunjukkan indikasi berbahaya**, terutama jika dikaitkan dengan lingkungan sisi jalan.

Dari pola pengaturan lalu lintas tertentu, maka konsentrasi NOx yang paling tinggi terjadi pada kondisi dengan pola lalu lintas satu arah. Kondisi tersebut dapat dilihat dari hasil pengukuran pada kasus Jalan, yang diukur pada keadaan sebelum dan sesudah pola arus lalu lintas berubah (Ahmad Yani Pos 01 & 21)

Nilai rata-rata Konsentrasi NOx pada arus lalu lintas dua arah (Pos 01) adalah 0,085 ppm/jam, sedangkan pada kondisi arus lalu lintas satu arah (Pos 21) konsentrasi NOx adalah 0,137 ppm/jam, jauh lebih tinggi.

### III. KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS

#### 3.1. Pada Jalan Tol dan Arteri Kota Jakarta

1. Karakteristik arus lalu lintas pada kondisi kelompok I menggambarkan : **Volume** lalu lintas rata-rata tiap arah adalah 508 kend/jam, dengan komposisi lalu lintas untuk lokasi Pos Akses Cengkareng umumnya 92% kendaraan penumpang, bus 5%, truk 3%. Sedangkan di Pos Jakarta Cikampek, umumnya 60% kendaraan penumpang, 15% bus dan truk sekitar 25%. Kecepatan rata-rata adalah 82 kph, dengan **kecepatan** rata-rata tertinggi umumnya di jalan Tol Jakarta-Cikampek.

**Angka kepadatan** lalu lintas rata-rata tiap arah 7 kend/Km, yang dapat diterjemahkan bahwa angka kepadatan tersebut masih mencerminkan kapasitas dan tingkat pelayanan jalan yang baik (Level A-B)

2. Pada jalur jalan Tol dan Arteri (alternatif) sejajar Tol (kelompok II), kondisi arus lalu lintasnya menunjukkan angka sbb: **Volume LL** arah Grogol di **jalan Tol** rata-rata tiap jam adalah 2955 kendaraan, dengan komposisi bus 4,5%, truk 15% dan mobil penumpang 80%. Pada jalan **Arteri (alternatif)** **volumenya** adalah 3503 kend/jam dan komposisi 65% MP, bus 3,5%, truk 2% dan sepeda motor 26%. Angka rata-rata kecepatan kendaraan adalah 68 Kph (jalan Tol) dan 50 Kph pada jalan Arteri (alternatif).

Kepadatan lalu lintas pada jalan tol rataannya (tiap arah) adalah 39 kend/Km, sedang di jalan Arteri 77 kend/Km. Lebih jauh, angka-angka di atas dapat memberikan gambaran, untuk tingkat pelayanan dan kapasitas jalan tol sudah menurun mendekati tingkat C/B. Pada kondisi **jam sibuk** angka kepadatan di jalan tol menunjukkan tertinggi 169 kend/Km. Secara teoritis angka kepadatan pada jam sibuk sudah mendekati atau bahkan dikatakan sudah macet, bila disesuaikan dengan batasan tingkat pelayanan yang dikehendaki.

3. Pada kasus kelompok III, di mana jalan Tol berada di atas jalan Arteri (alternatif), maka gambaran arus lalu lintasnya memperlihatkan : **Volume lalu lintas** di jalan tol (layang) rata-rata 1633 kend/jam tiap arah, dan komposisinya Mobil penumpang 85%, bus 2%, truk 13%.

Pada jalan Arteri (cepat) Volume rataannya tiap arah 3294 kend/jam, dengan komposisi Mobil penumpang sekitar 70%, Sepeda motor 19%, bus 3% dan truk 7%. Volume lalu lintas pada jalur lambat menunjukkan angka rata-rata 922 kend/jam tiap arah (komposisi MP 40%, SM 49%, bus 10 %). **Kecepatan** pada jalan tol rataannya adalah 77 Kpj, di jalan Arteri Jalur Cepat 56 Kpj, jalur lambat 49 Kpj.

**Angka kepadatan** (tiap arah) yang diperoleh adalah rata-rata di jalan tol 22 kend/Km, jalan Arteri (cepat) 56 kend/Km dan jalur lambat 64 kend/Km. **Pada jam sibuk** di jalan arteri (cepat) angka kepadatan tertinggi mencapai 141 kend/Km. Pada jalan tol tertinggi sekitar 30 kend/Km. Arti dari angka kepadatan secara teoritis dapat menunjukkan kapasitas dan tingkat pelayanan jalan pada jalan Arteri menunjukkan tingkat C/D, sedang pada jalan Tol masih diperkirakan pada level B.

#### IV. HUBUNGAN TINGKAT KONSENTRASI NO<sub>x</sub> DAN ARUS LALU LINTAS

##### 4.1. Pada Jalan Tol dan Arteri Kota Jakarta

1. Gambaran hasil analisis dengan pendekatan regresi sederhana untuk kelompok I (jalan Akses Cengkareng dan jalan Tol Jakarta - Cikampek), menjadikan modelnya sbb:

$$\text{Konsentrasi NO}_x = 0,002 + 0,015 X$$

Koeffisien Korelasi R kuadrat = 5 %  
X = Kepadatan rata-rata (kend/km)

Artinya :

- 1) Tingkat konsentrasi NO<sub>x</sub> akan meningkat sejalan dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas. Kepadatan meningkat sejalan dengan meningkatnya volume pada suatu keadaan tertentu, dan menurunkan kecepatan.
- 2) Dengan melihat model di atas, dapat dianggap bahwa peran kecepatan dan peran volume LL bekerja bergiliran sejalan dengan naik/turunnya angka kepadatan LL dalam meningkatkan konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara.
- 3) Namun dengan melihat distribusi datanya, di-

tafsirkan ada pola kecenderungan yang memperlihatkan hubungan tingkat konsentrasi NO<sub>x</sub> dan kepadatan merupakan garis non-linier. Sehingga dapat dianggap pada posisi angka kepadatan LL optimum, tingkat konsentrasi NO<sub>x</sub> akan minimum. (Gbr. 4.1.1)

- 4) Dari analisis regresi linier hubungan antar datanya memang menunjukkan koefisien korelasi yang kurang kuat.
2. Dari hasil analisis regresi (multiple) linier pada kelompok II (jalan Tol Cawang - Grogol) dengan pendekatan bahwa pada satu tingkat konsentrasi polutan NO<sub>x</sub> yang sama, angka kepadatan pada jalan tol dan Arteri (alternatif) akan "berbeda" (tingkat kepadatan dan atau tingkat pelayanan/LOS yang berbeda), maka analisis dilakukan dengan model :  
Konsentrasi (NO<sub>x</sub>) = C + a X + b X<sub>1</sub>  
C = Konstanta  
X = Kepadatan di Jalan Tol (kend/km)  
X<sub>1</sub> = Kepadatan di Jalan Arteri/Alternatif (kend/km)  
a dan b = Koeffisien parameter

Model menjadi :

$$\text{Konsentrasi (NO}_x) = 0,11 - 0,0009 X + 0,0002 X_1$$

Koeffisien Korelasi R (kuadrat) = 6%

Artinya :

- 1) Konsentrasi NO<sub>x</sub> akan berkurang jika angka kepadatan di jalan tol makin tinggi (minus), atau dapat memberikan pengertian bahwa kepadatan yang rendah di jalan tol, volume lalu lintas kecil dan kecepatan akan makin meningkat, sehingga terlihat **peran kecepatan lebih dominan untuk jalan tol**.
- 2) Konsentrasi NO<sub>x</sub> meningkat jika kepadatan di jalan Arteri meningkat (positif), dengan arti lain **peran volume lalu lintas dan kecepatan** bergantian dalam meningkatkan konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara, sejalan dengan naik/turunnya angka kepadatan LL.
- 3) Dari distribusi datanya dapat ditafsirkan pula, bahwa bisa dicapai suatu **kadar NO<sub>x</sub> yang paling rendah**, melalui **angka kepadatan (optimum)** pada kedua fungsi jalan tersebut pada saat bersamaan. Dari penafsiran terhadap hubungan kepadatan LL tiap fungsi jalan terhadap kadar NO<sub>x</sub> yang paling rendah, diperoleh gambaran (Gbr. 4.1.2) :  
- Di jalan Tol angka Kepadatan optimum sekitar 40-50 kendaraan per kilometer.  
- Di jalan Arteri kepadatan optimum sekitar 60-70 kendaraan per kilometer.



4) Dalam analisis koefisien hubungan antar datanya, ditafsirkan mempunyai hubungan antar datanya yang kurang kuat.

3. Pada kelompok III (jalan Tol Layang - Wiyoto Woyono dan jalan Arteri), dengan melalui pendekatan analisis dan model yang sama dengan kelompok II, maka model persamaan menjadi :

$$\text{Konsentrasi NOx} = 0,127 - 0,0022 X + 0,0001 X_1 + 0,0002 X_2$$

Koefisien korelasi R (kuadrat) = 6 %

X = Kepadatan di Jalan Tol (kend/km)

X<sub>1</sub> = Kepadatan di Jalan Arteri Cepat (kend/km)

X<sub>2</sub> = Kepadatan di Jalan Arteri Lambat (kend/km)

Artinya :

1) Menunjukkan pola yang sama dengan pola kelompok II, di mana pada jalan tol kelihatannya peran **kecepatan masih dominan**, dengan angka kepadatan makin tinggi, sehingga kecepatan rendah konsentrasi NOx menurun.

2) Demikian pula untuk hal yang sama pada jalan Arteri baik yang berfungsi sebagai jalur cepat maupun lambat, di mana peran **volume lalu lintas dan kecepatan** bergiliran sesuai dengan naik/turunnya angka kepadatan LL.

3) Untuk mencapai **kadar NOx minimum**, maka angka **kepadatan optimum** perlu diketahui, melalui penafsiran terhadap distribusi datanya, karena dari analisis regresi linier antara hubungan NOx dengan kepadatan tiap fungsi jalan kurang tepat. Sehingga diperoleh suatu gambaran sbb : (Gbr. 4.1.3)

- Pada jalan Tol Layang, angka kepadatan dicapai pada tingkat 20-30 kendaraan per kilometer.
- Pada jalan Arteri Cepat, kepadatan yang dicapai pada 60-70 kend/km, dan pada jalur lambat 60-70 kend/km.

4) Dari hubungan antar datanya menunjukkan korelasi yang kurang kuat, hal yang sama seperti pada kelompok II.

#### 4.2. Pada Jalan Arteri Kota Bandung

1. Pada kelompok I dan kelompok II model yang diperoleh adalah :

$$\text{Konsentrasi NOx} = 0,0134 - 0,0007 X \text{ (kelop. I)}$$

$$\text{Konsentrasi NOx} = 0,0836 - 0,0001 X \text{ (Kelop. II)}$$

Nilai koefisien Korelasi R kuadrat = 22%

Nilai koefisien Korelasi R kuadrat = 2%

Artinya .

1) Dari kedua kelompok tersebut baik Jalan Arteri primer maupun sekunder (lalu lintas dua arah) menunjukkan tingkat konsentrasi NOx akan berkurang jika angka kepadatan bertambah (negatif).

2) Dengan melihat model matematis di atas dapat diartikan bahwa **peran kecepatan** lebih menonjol dibandingkan dengan peran volume LL.

3) Dari distribusi datanya, kedua kelompok tadi cenderung mempunyai hubungan garis non-linier, sehingga ditafsirkan pada kondisi kepadatan LL optimum dapat diperoleh nilai konsentrasi NOx minimum. (Gbr. 4.2.1 & 4.2.2) yaitu : Nilai kepadatan 80-90 kend/km, pada arteri primer dan nilai 95-105 kend/km pada arteri sekunder.

4) Hubungan antar datanya sama dengan pola sebelumnya menunjukkan koefisien korelasi yang kurang kuat.

2. Dari hasil analisis kelompok III, yaitu jalan arteri dengan arus lalu lintas satu arah, memberikan model matematis :

$$\text{Konsentrasi (NOx)} = 0,0182 + 0,00208 X$$

Koefisien korelasi R kuadrat = 24%

Artinya :

1) Menggambarkan korelasi positif, di mana angka kepadatan LL meningkat, tingkat konsentrasi NOx akan meningkat pula (Gbr. 4.2.3).

2) Jadi pada kondisi kepadatan LL rendah (kecepatan tinggi, dan volume rendah), dan di mana pada posisi kepadatan LL tinggi (kecepatan rendah-volume besar), maka tingkat konsentrasi NOx tetap akan menunjukkan peningkatan, karena itu **faktor volume dan kecepatan** berperan seirama dengan kenaikan/penurunan angka kepadatan LL.

3) Dalam kajian distribusi datanya kondisi pada kelompok ini membuat pola yang mendekati sama dengan pola kelompok sebelumnya, yaitu ditafsirkan dapat membentuk garis non-linier. Karena itu diperkirakan dapat dilihat angka kepadatan optimum untuk memperoleh nilai konsentrasi NOx yang paling rendah. Angka kepadatannya adalah sekitar 70-80 kend/km.

4) Pola hubungan antar datanya tetap menunjukkan koefisien yang kurang kuat.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Tingkat konsentrasi polutan NO<sub>x</sub> di Udara yang ditunjukkan oleh berbagai kondisi jalan dan lalu lintasnya, sudah memberikan nilai di atas ambient yang berlaku, bahkan untuk kondisi daerah dengan lingkungan sisi jalan cukup padat atau dekat dengan berbagai kegiatan manusia, tingkat konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara yang terjadi sudah harus mendapat perhatian.

2. Dari pendekatan analisis regresi linier diperoleh gambaran bahwa hubungan antar variabel data-nya (konsentrasi NO<sub>x</sub> dan kepadatan LL) kurang memberikan tafsiran yang kuat. Namun dari penafsiran terhadap perilaku model dan dari koefisien parameternya dapat diidentifikasi sbb:

- Pada jalan Tol (akses Cengkareng & Jakarta-Cikampek) nilai konsentrasi NO<sub>x</sub> sangat dipengaruhi oleh faktor kecepatan dan volume LL bergantian, yang sejalan dengan turun/naiknya angka kepadatan LL.
- Umumnya di jalan tol (sejajar/ di atas Arteri), faktor kecepatan lebih dominan dalam mempengaruhi tingkat konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara.
- Pada jalan Arteri (sejajar tol), faktor volume kelihatannya lebih dominan dibandingkan faktor kecepatan.
  - Untuk jalan Arteri dengan lalu lintas dua arah, faktor kecepatan lebih dominan dalam meningkatkan kadar NO<sub>x</sub>, sedangkan pada lalu lintas satu arah, baik faktor volume maupun kecepatan berperan bergantian sejalan dengan turun/naiknya angka kepadatan LL.

3. Dalam analisis melalui pendekatan gambaran distribusi datanya (tingkat konsentrasi NO<sub>x</sub> dan angka kepadatan LL); ditafsirkan terlihat garis hubungan kedua variabel data tersebut mendekati bentuk curva parabola (terbalik) dengan titik puncak tertentu. Karena itu, melalui titik puncak tersebut dapat dicari angka konsentrasi NO<sub>x</sub> yang "**paling rendah**" dengan angka kepadatan lalu lintas yang optimum.

- Pada jalan tol (dengan daerah terbuka) atau daerah sedikit di luar kota (Jakarta-Cikampek dan Akses Cengkareng), angka kepadatan berkisar 7-10 kend/km.
- Pada jalan tol dalam kota (sejajar alternatifnya), angka kepadatan optimum adalah 30-40 kend/km.

- Pada jalan Arteri (alternatif) Jakarta, angka kepadatan mencapai 60-70 kend/km.
- Pada jalan Arteri Bandung (lalu lintas dua arah), angka kepadatan optimum sekitar 80-90 kend/km.
- Pada jalur jalan dengan lalu lintas satu arah (Arteri), angka kepadatan mencapai 70-80 kend/km.

4. Dari sisi lain, dengan melihat angka-angka kepadatan tersebut dapat digambarkan bagaimana perilaku tingkat pelayanan jalan pada kondisi jalan dan lalu lintasnya, sehingga disatu sisi nilai ekonomis dari manfaat jalan tetap tercapai, dengan tanpa menimbulkan pihak dampak pencemaran udara yang berarti.

5. Disadari nilai hubungan korelasi antar variabel datanya masih kurang kuat, sehingga masih ada variabel-variabel berpengaruh yang belum dapat dikurangi perannya, seperti arah angin.

### 5.2. Saran - Saran

1. Untuk mendapatkan nilai konsentrasi NO<sub>x</sub> yang minimum, maka faktor pengaturan batas kecepatan minimum dan maksimum, kelihatannya akan banyak berperan.
2. Upaya mengurangi jumlah kendaraan di jalan (volume lalu lintas) akan lebih sulit untuk dilakukan, mengingat banyak aspek-aspek lain yang memerlukan penanganan secara terpadu baik antar berbagai instansi terkait maupun disiplin ilmu. Namun dengan cara peningkatan fasilitas dan pelayanan transportasi umum yang lebih "memadai" dan bersifat "masal" mungkin dapat membantu dalam mengurangi beroperasinya kendaraan pribadi di jalan.
3. Pengaturan sistem arus lalu lintas (one-way) pada jalan Arteri (sekunder) harus dilakukan sedemikian rupa, dengan memperhatikan lebih banyak aspek-aspek keuntungan dan kerugiannya. Mengingat pada kondisi dewasa ini di beberapa Kota besar, umumnya pengaturan lalu lintas dengan arus satu arah merupakan "mode" dan bukan lagi sebagai alternatif pemecahan (Traffic Management) yang berdasarkan kepada konsep yang jelas dan matang.
4. Untuk memperoleh gambaran yang lebih detail dan lebih akurat, terutama yang menyangkut bentuk geometri jalan tertentu dan masalah angin, maka program penelitian lanjutan dengan lebih memperhatikan kondisi lapangan dalam menempatkan berbagai posisi alternatif pengukuran perlu dilakukan.

Tabel 2.1.1

KONSENTRASI (NOX)	KEPADATAN (KEND/KM)		Rata - rata (c) (CKR/PLT)
	(a) (CKR)	(b) (PLT)	
0	0	0	0
0.035	7.25	5.35	4.20
0.036	8.76	5.83	4.86
0.034	7.32	6.62	4.65
0.032	6.21	3.66	3.29
0.027	6.29	6.65	4.31
0.05	0	2.98	0.99
0.054	7.18	4.47	3.88
0.064	6.35	3.31	3.22
0.049	4.69	6.37	3.69
0.085	5.47	4.02	3.16
0.075	4.91	4.32	3.08
0.135	9.19	0	3.06
0.125	7.57	8.39	5.32
0.085	8.16	10.16	6.11
0.065	7.01	7.54	4.85
0.076	6.19	8.54	4.91
0.055	6.13	8.05	4.73
0.115	9.16	5.07	4.74
0.115	10.05	6.45	5.50
0.118	7.91	5.53	4.48
0.114	7.15	5.15	4.10
0.065	8.25	3.89	4.05
0.086	8.14	4.58	4.24
0.181	4.65	8.16	4.27
0.177	5.52	8.29	4.60
0.057	5.29	7.49	4.26
0.045	6.23	6.13	4.12
0.05	5.98	5.87	3.95
0.07	6.08	5.88	3.99
0.167	3.80	7.98	3.93
0.755	4.74	9.51	4.75
0.065	5.29	7.54	4.28
0.063	5.73	6.50	4.07
0.062	7.07	6.12	4.40
0.062	6.32	5.90	4.07
0.155	3.40	8.55	3.98
0.111	4.69	10.55	5.08
0.091	5.48	9.26	4.91
0.075	4.91	8.16	4.36
0.032	6.06	6.63	4.23
0.03	5.68	6.01	3.90

Tabel 2.1.2

KONSENTRASI (NOX)	KEPADATAN (KEND/KM)		Rata - rata (c) (CWG/Grgl)
	(a) (TOLL)	(b) (ALT)	
0.024	16.23	59.61	75.84
0.024	25.61	169.48	195.09
0.024	30.10	163.63	193.73
0.023	29.73	70.48	133.20
0.069	24.64	65.31	89.96
0.064	22.81	56.34	79.15
0.280	14.36	38.42	52.78
0.284	26.63	151.40	178.03
0.265	28.44	120.81	149.26
0.261	29.08	60.55	89.63
0.197	23.95	60.43	84.38
0.167	23.99	56.92	80.91
0.059	14.76	64.42	79.18
0.075	23.67	164.24	187.91
0.159	30.55	141.08	171.62
0.171	30.61	127.24	157.85
0.139	26.09	68.17	94.26
0.097	29.89	67.89	97.78
0.069	102.44	57.23	159.68
0.073	0.00	34.64	34.64
0.080	0.00	49.53	49.53
0.084	32.80	45.78	78.58
0.088	38.75	48.30	87.05
0.094	35.31	40.72	76.03
0.044	30.80	54.70	85.50
0.050	56.90	64.76	121.66
0.057	40.98	49.49	90.47
0.055	60.75	53.98	114.73
0.050	60.91	46.82	107.72
0.049	62.88	50.14	113.02
0.050	45.69	58.43	105.12
0.041	113.58	54.00	167.58
0.038	73.45	50.21	123.66
0.049	56.29	54.03	110.32
0.049	47.92	56.69	104.61
0.033	46.53	52.69	99.21

Tabel 2.1.3

KONSENTRASI (NOX)	KEPADATAN (KEND/KM)			
	(a) ALT/CPT	(b) AI/LBT	(c) LYG	(d) Jumlah Alt Cpt/Lbt
0.155	72.59	28.07	8.79	36.86
0.147	195.26	47.88	20.47	68.35
0.047	108.96	57.06	50.55	77.61
0.043	80.96	61.86	23.24	85.11
0.028	63.15	67.92	22.86	90.78
0.034	75.87	62.26	32.62	94.87
0.117	78.08	25.70	15.22	40.92
0.169	141.23	391.48	27.58	419.06
0.102	94.69	35.33	19.93	55.26
0.090	83.94	40.34	18.28	58.62
0.149	82.92	45.13	23.44	68.57
0.153	75.75	57.79	22.16	79.95
0.054	23.65	53.24	9.80	63.05
0.048	34.64	90.15	20.01	110.15
0.009	35.58	65.73	19.45	85.18
0.073	36.18	61.66	20.46	82.13
0.142	42.77	60.15	32.24	92.39
0.136	35.39	55.15	30.07	85.22
0.301	23.65	53.24	9.80	63.05
0.207	34.64	90.15	20.01	110.15
0.079	35.58	65.73	19.45	85.18
0.075	36.18	61.66	20.46	82.13
0.045	42.77	60.15	32.24	92.39
0.057	35.39	55.15	30.07	85.22
0.259	54.97	52.67	0.00	52.67
0.255	50.77	47.61	0.00	47.61
0.225	46.92	53.31	0.00	53.31
0.222	50.88	53.00	0.00	53.00
0.050	54.97	52.67	0.00	52.67
0.040	50.77	47.61	0.00	47.61
0.024	46.92	53.31	0.00	33.31
0.023	50.88	53.00	0.00	53.00

Tabel 2.2.1

DATA KONSENTRASI NOx DAN KEPADATAN LALAU LINTAS KELOMPOK I (ARTERI/KOLEKTOR PRIMER)				
NO. POS	NAMA JALAN	NO DATA	KONSENTRASI NOx (ppm)	KEPADATAN (KEND/KM)
L 09	KIARACONDONG	1	0,059	68,82
		2	0,059	60,40
		3	0,01	66,57
		4	0,131	71,96
		5	0,15	57,93
L 10	KIARACONDONG	6	0,059	102,82
		7	0,049	95,03
		8	0,06	104,94
		9	0,082	128,86
		10	0,062	141,72
L 11	SOEKARNO - HATTA	11	0,076	49,23
		12	0,054	59,92
		13	0,167	25,33
		14	0,169	50,66
		15	0,085	81,50
L 12	SOEKARNO - HATTA	16	0,057	95,34
		17	0,043	56,91
		18	0,042	84,65
		19	0,052	65,48
		20	0,046	73,89
L 13	SOEKARNO - HATTA	21	0,071	72,85
		22	0,123	25,03
		23	0,063	68,33
		24	0,122	50,71
		25	0,063	40,38
L 19	SETIABUDHI	26	0,052	63,08
		27	0,084	79,36
		28	0,042	72,78
		29	0,041	90,74
		30	0,038	110,14
6 POS	RATA - RATA STANDAR DEVIASI	-	0,077 0,042	73,645 26,83

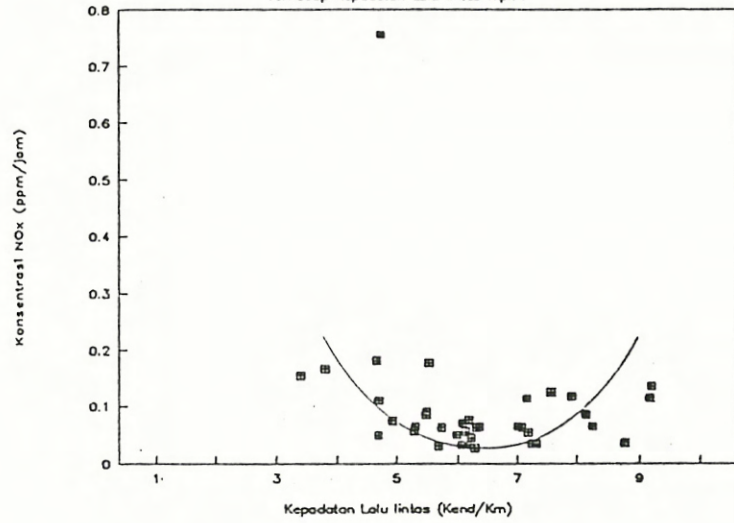
Tabel 2.2.2

DATA KONSENTRASI NO <sub>x</sub> DAN KEPADATAN LALU LINTAS KELOMPOK II (ARTERI / KOLEKTOR SEKUNDER - DUA ARAH)				
NO. POS	NAMA JALAN	NO DATA	KONSENTRASI NO <sub>x</sub> (ppm)	KEPADATAN (KEND/KM)
L 01	AHMAD YANI	1	0,073	125,96
		2	0,077	92,89
		3	0,076	162,29
		4	0,101	90,79
		5	0,075	82,72
L 02	AHMAD YANI	6	0,19	89,57
		7	0,142	91,05
		8	0,177	198,16
		9	0,194	106,24
		10	0,166	106,28
L 03	AHMAD YANI	11	0,143	117,38
		12	0,07	158,91
		13	0,067	140,97
		14	0,062	155,47
		15	0,064	131,13
L 14	BUAH BATU	16	0,056	162,99
		17	0,037	84,41
		18	0,039	69,81
		19	0,08	71,71
L 15	GATOT SUBROTO	20	0,028	96,32
		21	0,068	96,04
		22	0,051	89,93
		23	0,033	92,77
		24	0,056	88,65
L 16	KH. MUSTOFA (SUCI)	25	0,033	107,93
		26	0,147	177,15
		27	0,133	58,58
		28	0,138	72,66
		29	0,105	115,51
L 17	KH. MUSTOFA (SUCI)	30	0,056	116,21
		31	0,071	81,90
		32	0,105	60,11
		33	0,076	71,80
		34	0,081	78,8
L 18	SILIWANGI	35	0,067	116,32
		36	0,211	81,02
		37	0,146	84,17
		38	0,296	95,22
8 POS	RATA-RATA STANDAR DEVIASI	-	0,105	104,39
		-	0,067	34,52

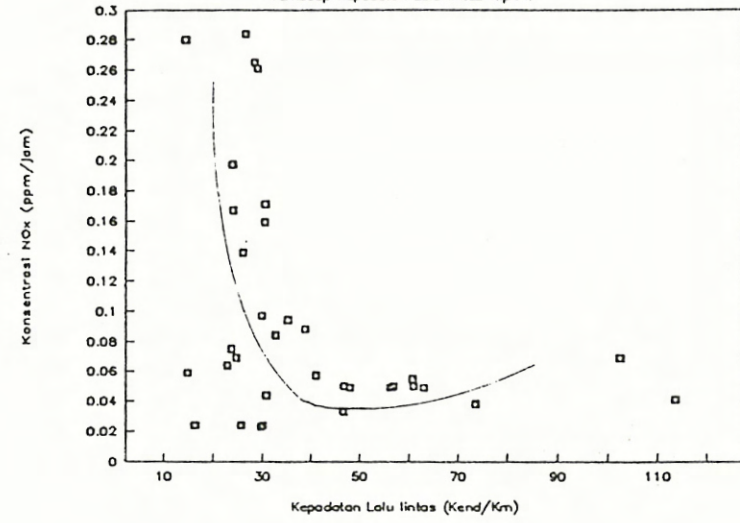
Tabel 2.2.3

DATA KONSENTRASI NO <sub>x</sub> DAN KEPADATAN LALU LINTAS KELOMPOK III (ARTERI / KOLEKTOR SEKUNDER - SATU ARAH)				
NO. POS	NAMA JALAN	NO DATA	30KONSENTR NO <sub>x</sub> (ppm)	KEPADATAN (KEND/KM)
L 04	ASIA AFRIKA	1	0,86	149,86
		2	0,223	112,53
		3	0,191	83,73
		4	0,21	103,29
		5	0,218	98,71
L 05	ASIA AFRIKA	6	0,67	158,65
		7	0,093	123,66
		8	0,18	134,55
		9	0,183	208,83
L 06	ASIA AFRIKA	10	0,074	41,20
		11	0,09	44,47
		12	0,129	44,02
		13	0,176	26,77
		14	0,173	45,72
L 07	JEND. SUDIRMAN	15	0,079	77,04
		16	0,1	92,78
		17	0,82	89,42
L 08	JEND. SUDIRMAN	18	0,098	70,91
		19	0,059	44,26
		20	0,047	48,91
L 20	RAJAWALI	21	0,09	49,60
		22	0,208	82,93
		23	0,248	69,46
		24	0,337	74,71
		25	0,408	76,03
L 21	AHMAD YANI	26	0,191	86,11
		27	0,106	95,14
		28	0,172	106,92
7 POS	RATA-RATA STANDAR DEVIASI	-	0,20	87,69
		-	0,177	40,55

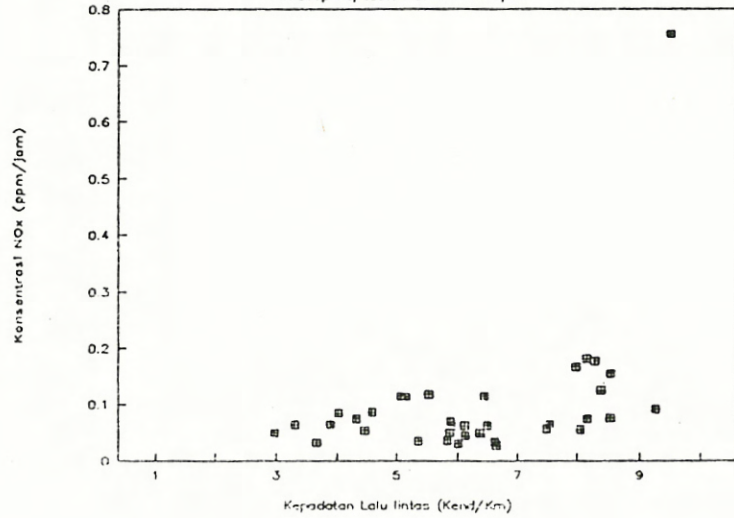
Gambar 4.1.1.  
Grafik Tingkat Konsentrasi NOx  
Terhadap Kepadatan Lalu Lintas Klpk I



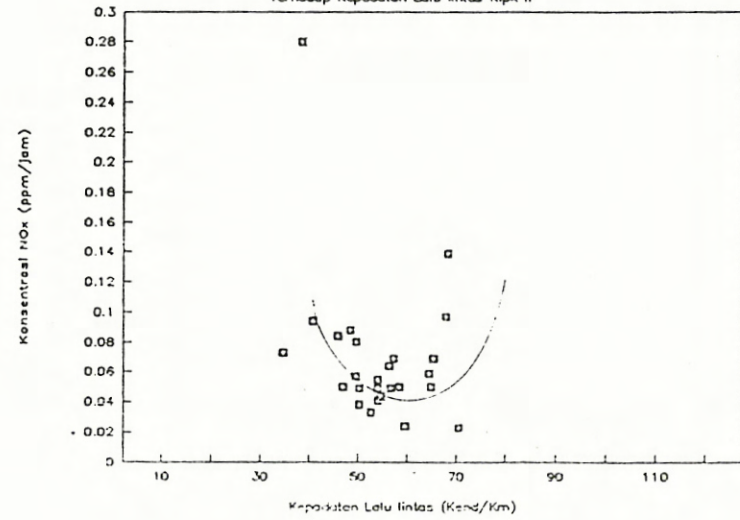
Gambar 4.1.2.  
Grafik Tingkat Konsentrasi NOx  
Terhadap Kepadatan Lalu Lintas Klpk II



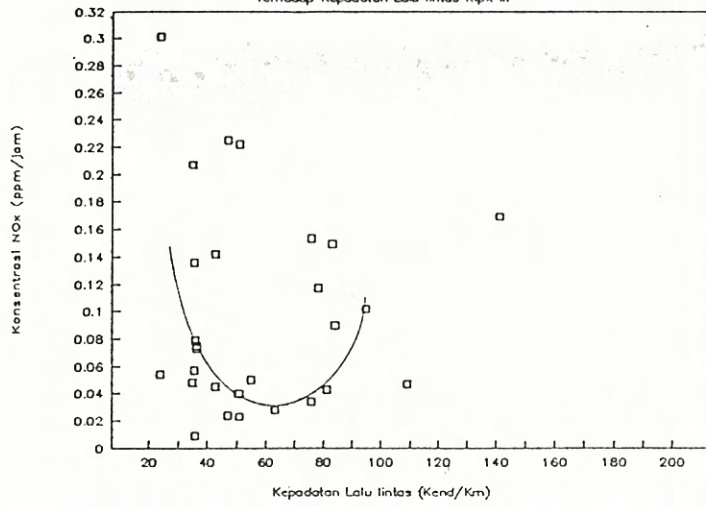
Grafik Tingkat Konsentrasi NOx  
Terhadap Kepadatan Lalu Lintas Klpk I



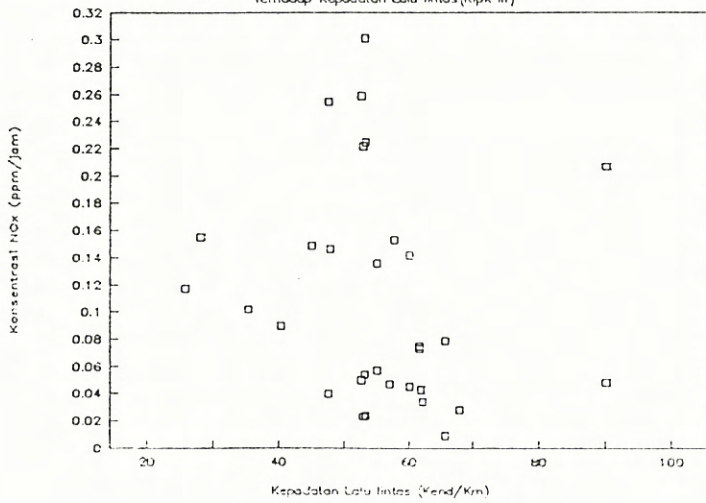
Grafik Tingkat Konsentrasi NOx  
Terhadap Kepadatan Lalu Lintas Klpk II



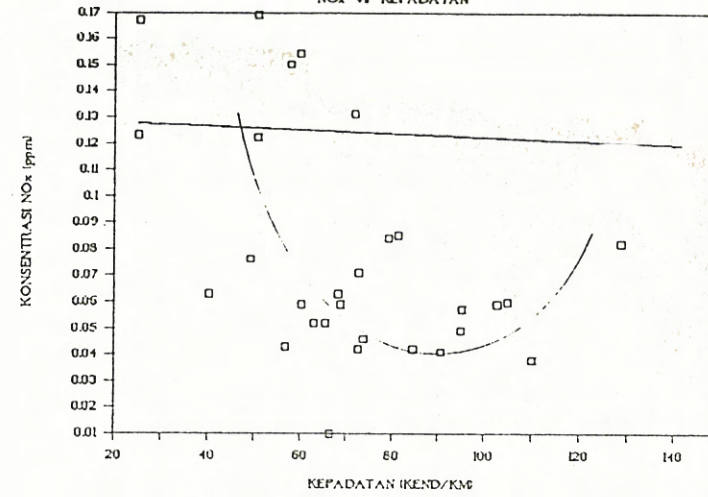
Gambar 4.1.3.  
Grafik Tingkat Konsentrasi NO<sub>x</sub>  
Terhadap Kepadatan Lalu lintas Klpk III



Grafik Tingkat Konsentrasi NO<sub>x</sub>  
Terhadap Kepadatan Lalu lintas (Klpk III)

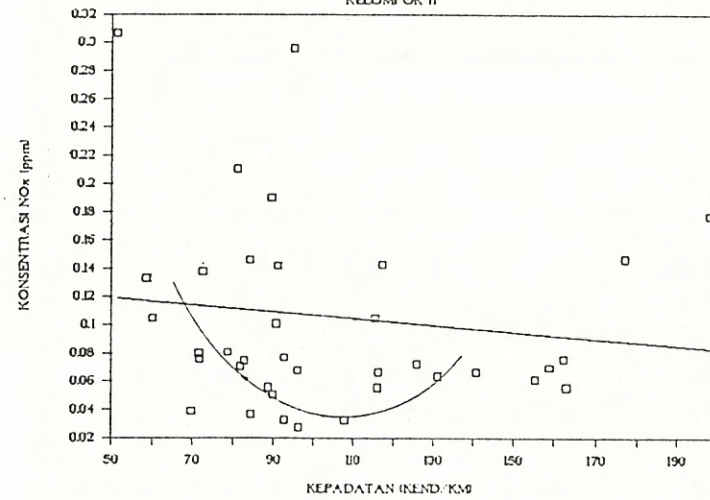


GRAFIK HUBUNGAN  
NO<sub>x</sub> vs KEPADATAN



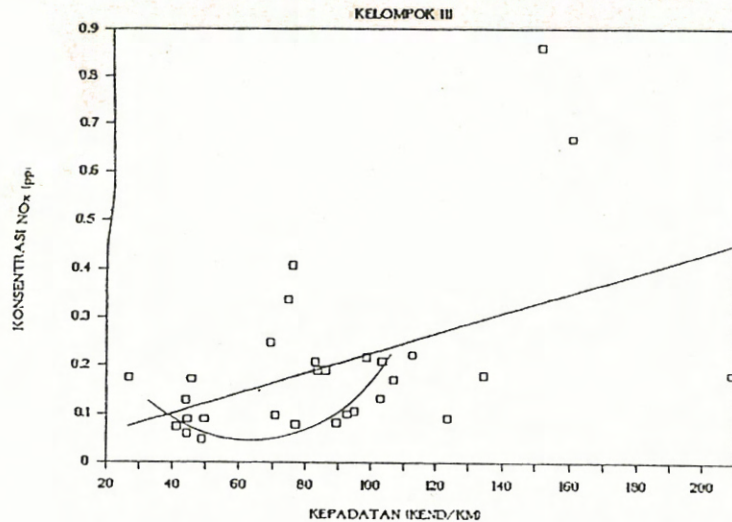
Gbr. 4.21

GRAFIK HUBUNGAN NO<sub>x</sub> DENGAN KEPADATAN  
KELOMPOK II



Gbr. 4.22

## GRAFIK HUBUNGAN NO<sub>x</sub> vs KEPADATAN



Gbr. 4.23.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Achmadi, U.F. (1991) : "Pokok Pemikiran Kearah Pengamatan Indikator Kesehatan Lingkungan Pemukiman". **Majalah Widyapura**. No 5. Th VI. P4L. Jakarta.
2. Ariani, R.P. (1991) : "Perlunya Amdal untuk Perencanaan Transportasi Kota". **Majalah Widyapura**. No 5.Th VI.P4L. Jakarta
3. Budiharjo (1991) : "Pencemaran Udara". **Majalah Widyapura**. No 5 Th VI P4L. Jakarta
4. Ditjend.Hubdar. (1988) : "Emisi Kendaraan Bermotor". **Majalah Widyapura**. No 6.Th V. P4L. Jakarta.
5. Honburger, W.S. (1982) : **Transportation and Traffic Engineering Hand Book**. Institute of Transportation Engineering. Sec. Ed. Prentice-Hall. New Jersey.
6. Kantor Menteri KLH (1988) : "Buku Mutu Udara". **Majalah Widyapura**. No 6. Th V. P4L. Jakarta.
7. Perkins, H.C. (1982) : "Air Pollution". Mc-Graw-Hill. Sydney.
8. Sailendra, A.B. (1990) : "Tingkat Konsentrasi Polutan NO<sub>x</sub> di Udara Dalam Hubungannya dengan Arus Lalu Lintas". Laporan Teknis Penelitian Pencemaran Udara dan Kebisingan 1989-1990, dan tahun 1990-1991. Pusat Litbang Jalan. Unpublished.
9. Sailendra, A.B. (1990) : "Indikasi Pencemaran Udara dan Hubungannya dengan Arus Lalu lintas". **Makalah pada KTTJ ke 4**. Nopember 1990. Jakarta.
10. Soemarwoto, O. Prof. (1990) : "Kondisi Udara Ambient di Bandung dan Sekitarnya". **Makalah Lokakarya tentang Persiapan Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Jabar**. Juni 1990. DLLAJR-Jabar.
11. Taylor, M.A.P. & Young, W. : **Traffic Analysis New Technology & New Solution**. First Pub. 1988. Hargreen Publishing co. Vic-Aust.

*Penulis :*

*Ir. Agus bari sailendra, lulusan Sarjana Teknik Sipil Perhubungan (ITS) mulai aktif dalam bidang penelitian teknik lalu lintas sejak tahun 1978-sekarang.*



**FORMAT ARTIKEL FORUM PENELITIAN**

**Pendahuluan  
Metoda Penelitian  
Kerangka Pemikiran  
Hasil dan Pembahasan  
Kesimpulan dan Saran  
Daftar Pustaka  
Lampiran**

