

**KAJIAN KORELASI TINGKAT KEPADATAN LALU LINTAS DI KOTA  
SEMARANG TERHADAP KONSENTRASI CO DAN Pb  
DENGAN MODEL GAUSSIAN**



**T E S I S**

**Oleh :**

**WIDAYANI**

**NIM. L4K 0020 54**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2004**

TESIS

KAJIAN KORELASI TINGKAT KEPADATAN LALU LINTAS DI KOTA  
SEMARANG TERHADAP KONSENTRASI CO DAN Pb  
DENGAN MODEL GAUSSIAN

Disusun oleh :

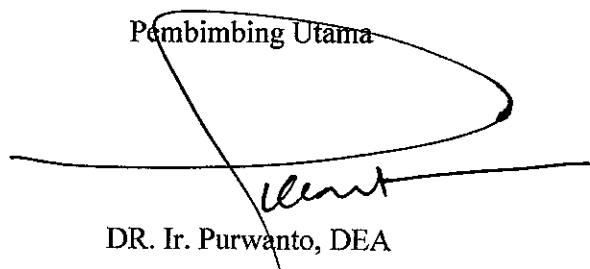
WIDAYANI

NIM. L4K 002 054

Menyetujui :

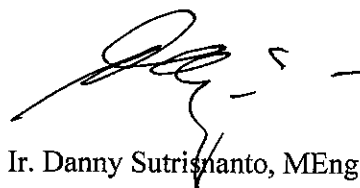
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama



DR. Ir. Purwanto, DEA

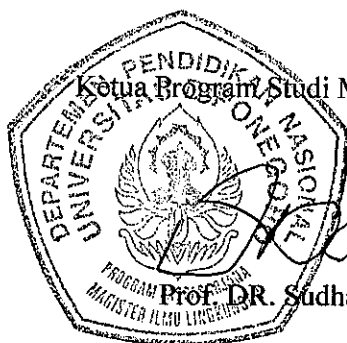
Pembimbing Kedua



Ir. Danny Sutrisnanto, MEng

Mengetahui :

Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan



Prof. DR. Sudharto. P. Hadi, MES

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft.: 3202/T/MIL/c/

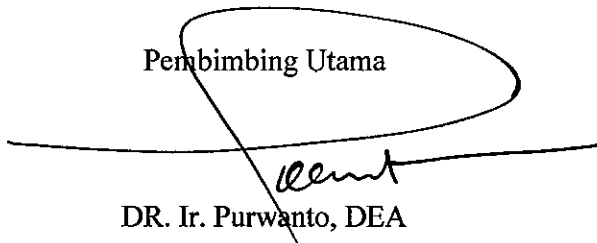
Tgl. : 30/12 04

Judul Tesis : Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Lalu Lintas di Kota Semarang Terhadap Konsentrasi CO dan Pb dengan Model Gaussian  
Nama Mahasiswa : Widayani  
Nomor Mahasiswa : L4K 0020054  
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan  
Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 27 Mei 2004  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk di terima

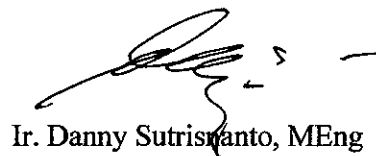
Menyetujui :

Pembimbing Utama



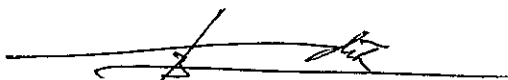
DR. Ir. Purwanto, DEA

Pembimbing Kedua



Ir. Danny Sutriswanto, MEng

Penguji I



Ir. Syafrudin, CES, MT

Penguji II



Ir. Parfi Khadiyanto, MS

Mengetahui :

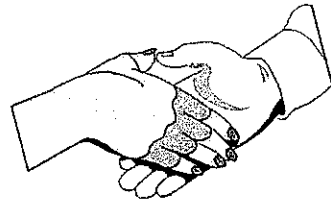
Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan



Prof. DR. Sudharto. P. Hadi, MES

**BESOK ADALAH HARI PEMBAYARAN ATAS APA YANG ANDA LAKUKAN HARI INI**

*Karena Tuhan tidak mengurangi jangka hidup yang diberikan kepada seseorang karena membuang-buang waktu untuk menolong orang lain*



*(pepatah Indian Amerika)*

*Kupersembahkan untuk ayahanda tercinta yang tidak sempat melihat anakmu berhasil mendapatkan kesempatan ini, canda, tawa dan nasihatmu masih terbayang menemani kebahagiaanku saat ini, semoga bapak mendapatkan tempat di sisiNya, amien.....*

## BIO DATA PENULIS



**Widayani**, lahir di Jakarta 29 Oktober 1962. Tahun 1993 lulus Sarjana (S1) dari Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti Jakarta, Tahun 1995 menjadi pegawai harian pada Direktorat Jendral Bina Marga Dep. PU dan diangkat menjadi PNS pada tahun 1998 yang ditempatkan pada seksi AMDAL. Tahun 2000 ditempatkan pada Subdit Bina Lingkungan Ditjen Prasarana Wilayah Dep. Kimpraswil hingga saat ini. Akhir tahun 2002 mendapatkan beasiswa program RSSP-ADB untuk melanjutkan studi pada Program Pasca Sarjana Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. Beberapa pelatihan baik sebagai peserta maupun instruktur telah diikuti, sebagai peserta Kabupaten Training Master Plan, 1995; Resettlement Management in Road Project Training Seminar, 1995; Training of Presenter P3DT, 1999; Training of Trainer P3DT, 2000. Sebagai instruktur pada, Environmental Management Project-ADB, 1996; Pelatihan Sistem Manajemen Lingkungan Jalan, ISEM-World Bank, 1999; Pelatihan pengelolaan Lingkungan Hidup Pada Pembangunan Jalan dan Jembatan, ISEM (*updating*), 2001; Pelatihan Pengelolaan Lingkungan Hidup Bidang Jalan dan Jembatan, SRRP-World Bank, 2002. Tahun 1999-hingga saat ini, aktif dalam tim koordinai pusat P3DT/P2D. Mengambil tesis dengan Judul "Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Lalu Lintas di Kota Semarang terhadap Konsentrasi CO dan Pb dengan Model Gaussian adalah salah satu bentuk sumbangan kepada bidang lingkungan jalan terhadap dampak yang ditimbulkan akibat transportasi.

## P E R N Y A T A A N

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis in adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan Lembaga Pendidikan lainnya.

Semua informasi dan pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum atau tidak diterbitkan, dengan ataupun dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dimana sumbernya dijelaskan didalam tulisan dan daftar pustaka dan isi tesis ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Semarang , Mei 2004

Penulis,

Widayani

NIM. L4K 0020054

## KATA PENGANTAR

Puji Tuhan kami panjatkan atas kekuatan yang diberikan untuk menyelesaikan tesis ini yang disusun untuk memenuhi tugas akhir pada Program Pasca sarjana Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang. Tesis ini merupakan rangkaian akhir dari persyaratan dalam mencapai gelar kesarjanaan Program Pasca Sarjana (S2) yang telah di seminarkan dan mendapatkan tanggapan, koreksi dan penyempurnaan.

Tesis dengan Judul "Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Lalu Lintas di Kota Semarang terhadap Konsentrasi CO dan Pb dengan Model Gaussian" telah mendapatkan bimbingan dan arahan guna menyempurnakan isi dan tulisan sekaligus persetujuan dari dosen pembimbing dan penguji.

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Prof. DR. Sudharto. P Hadi, MES sebagai Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan;
2. DR. Ir. Purwanto, DEA, sebagai dosen pembimbing 1;
3. Ir. Danny Sutrisnanto, MEng, sebagai pembimbing 2;
4. Ir. Jany Agustin, MSc, Kasubdit Bina Lingkungan Ditjen Prasarana Wilayah yang telah memberikan ijin dan semangatnya untuk melanjutkan studi Program Pasca Sarjana;
5. Ir. Mochtar Napitupulu, MSC, MIHT, Pimpro Pembinaan Manajemen Prasarana Wilayah Ditjen Prasarana Wilayah Dep. Kimpraswil;
6. Project RSSP (Road Rehabilitation Sector Project) Loan 1798 INO-ADB yang telah memberikan beasiswa pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang;
7. Para Dosen, pengelola dan karyawan Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang, yang telah memberikan kuliah dan membantu dalam penyelesaian tesis ini;

8. Ibuku tercinta, yang telah berdoa agar aku sehat dan dimudahkan dalam segala urusannya;
9. Mbak ku Dr. Widiarti Isbandi, Mph, adik-adiku dan keponakanku yang selalu memberikan kangen dan semangat untuk cepat selesai;
10. Kakaku dan sahabatku Ir. Nurmala Simanjuntak, M.Eng.Sc yang tidak bosan-bosannya memberikan semangat dan nasihatnya dengan canda-candanya yang segar;
11. Seseorang yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tesis dan kuliah;
12. Teman-teman Magister Ilmu Lingkungan angkatan 2002 kelas Kimpraswil yang selama perkuliahan memberikan banyak kenangan yang indah;
13. Serta rekan-rekan lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan semangat, dorongan dan bantuannya dalam proses menyelesaikan tesis ini.

Semoga kebaikan dan ketulusan hati Bapak/Ibu/Saudara dalam membatu penyelesaian tesis ini mendapatkan imbalan dari Allah SWT, amien

## *Abstract*

### *Study Correlation Mount Density Traffic In Semarang Town To Concentration CO And Pb with Gaussian Model*

*Widayani*

*Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro,  
Jl. Imam Barjo No. 3 Semarang, 50238*

*Semarang Town have potency make-up of density of traffic causing at jam, and society do not feel impact effect of jam as economic inefficiencies, because having the character of intangible. CO (Carbonmonoksida) coming from gas throw away vehicle, in a condition Idle than bigger 4-6% compared to condition walk normal 1-4%, that way the things of with Pb (timbal) when Hb child blood have age to 5-10 year found by lead rate 0,30 ppm, can degrade intelligence level.*

*Jam effect of vehicle volume when society activities which concurrently, generating contamination of air in the form of CO and Pb on the air and this require to be looked for by its handling solution. The research carried out on February 2004 at three joint streets in Semarang Town (Teuku Umar, Brigjen Katamsa and MT. Haryono) used correlation and Gaussian Model Plume to get CO concentration and Pb predicts on the air with amount of vehicle a period to come.*

*Correlation between amount of vehicle with make-up of CO concentration and Pb have positive correlation to at the time of society activities time started with different correlation level. The result of that highest vehicle volume at streets of Teuku Umar and Brigjen Katamsa at 06.30-07.30 and 16.30-17.30 WIB, whereas MT. Haryono, highest vehicle volume in the evening (16.30-17.30 WIB) while highest CO concentration in third the joint streets found at 16.30-17.30 WIB and have Standard abysmal Quality Of CO Air Ambient Province Central Java, whereas Pb concentration found highest at 16.30-17.30 WIB.*

*Considering third potency and problems of streets which vary hence operation alternative of make-up of CO concentration and Pb on the air effect of density of traffic at each streets also differ, covering the transfer of current, arrangement of time in usage of joint streets, and environmental settlement of road*

*Keyword : CO (Karbonmonoksida), Pb (Plumbum), Contamination of air pollutant, Mount density of traffic.*

## Ringkasan

Kota Semarang mempunyai potensi peningkatan kepadatan lalu lintas yang berakibat pada kemacetan, dan masyarakat tidak merasakan dampak akibat kemacetan sebagai inefisiensi ekonomi, karena bersifat *intangibile*. CO (Karbonmonoksida) yang berasal dari gas buang kendaraan, dalam kondisi *Idle* (diam) lebih besar 4-6% dibandingkan dengan kondisi berjalan normal 1-4%, demikian halnya dengan Pb (timbal) bila Hb darah anak berusia 5-10 tahun ditemukan kadar timbal 0,30 ppm, dapat menurunkan tingkat kecerdasan.

Kemacetan akibat volume kendaraan pada waktu aktifitas masyarakat yang secara bersamaan, menimbulkan pencemaran udara berupa CO dan Pb di udara yang sangat berbahaya bagi kesehatan dan ini perlu dicarikan solusi penanganannya. Penelitian dilakukan dengan menganalisis waktu pengguna jalan terhadap perubahan volume kendaraan yang berakibat pada peningkatan konsentrasi CO dan Pb yang menggunakan model Gaussian.

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2004 pada tiga ruas jalan Kota Semarang (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) dengan menggunakan metode korelasi dan *Model Gaussian Plume* untuk mendapatkan hubungan serta prediksi antara konsentrasi CO dan Pb di udara dengan jumlah kendaraan dimasa yang akan datang.

Korelasi antara jumlah kendaraan dengan peningkatan konsentrasi CO dan Pb didapatkan berkorelasi positif pada saat waktu aktifitas masyarakat dimulai dengan tingkat korelasi yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa volume kendaraan tertinggi pada ruas jalan Teuku Umar dan Brigjen Katamso yaitu jam 06.30-07.30 dan 16.30-17.30 WIB sementara jalan MT. Haryono, volume kendaraan tertinggi pada sore hari (16.30-17.30 WIB) sedangkan konsentrasi CO tertinggi di ketiga ruas jalan tersebut ditemukan pada jam 16.30-17.30 WIB dan telah melampaui Baku Mutu CO Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah, sementara konsentrasi Pb ditemukan tertinggi pada jam 16.30-17.30 WIB pada ketiga ruas jalan tersebut.

Mengingat permasalahan dan potensi ketiga ruas jalan yang bervariasi maka alternatif pengendalian peningkatan konsentrasi CO dan Pb di udara akibat kepadatan lalu lintas pada masing-masing ruas jalan juga berbeda, yang meliputi pengalihan arus, pengaturan waktu dalam pemakaian ruas jalan, dan penataan kembali lingkungan jalan.

**Kata kunci :** CO (*Karbon monoksida*), Pb (*Plumbum*), Pencemaran Udara, Tingkat kepadatan lalu lintas

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1 Latar Belakang Masalah .....	1
I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	4
I.3 Tujuan Penelitian .....	5
I.4 Kegunaan Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Landasan Teori .....	7
2.1.1 Sistem Jaringan Jalan Raya .....	7
2.1.2 Survei Lalu Lintas .....	11
2.1.3 Kapasitas Jalan .....	12
2.1.3.1 Kapasitas Dasar .....	13
2.1.3.2 Faktor Penyesuaian Lebar Jalan .....	14
2.1.3.3 Faktor Penyesuaian Arah Lalu Lintas .....	15
2.1.3.4 Faktor Ukuran Kota .....	15
2.1.4 Satuan Mobil Penumpang .....	15
2.1.5 Volume Kendaraan .....	17

2.1.6	Tingkat Pelayanan Jalan ( <i>Level Of Service</i> ) .....	18
2.1.7	Pencemaran Lingkungan Hidup dan Udara .....	21
2.1.8	Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara .....	23
2.1.9	Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) .....	25
2.1.10	Proses Perpindahan Zat Pencemar Udara di Atmosfer .....	27
2.1.11	Penggunaan Model Dispersi Kontaminan CO di Atmosfer .....	28
2.1.12	Model Gaussian Plume .....	30
2.1.13	Klasifikasi Zat Pencemar Udara .....	31
2.1.14	Karakteristik Zat Pencemar Udara .....	31
2.1.15	Dampak Emisi Kendaraan (CO dan Pb) Bermotor pada Kesehatan	38
2.1.16	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyebaran Polutan .....	40
2.2	Pembahasan Penelitian Terdahulu yang Relevan .....	42
2.2.1	Pencemaran Emisi CO .....	43
2.2.2	Pencemaran Emisi Pb .....	45
2.3	Dampak CO dan Pb Terhadap Lingkungan .....	46
2.3.1	Dampak Terhadap Tumbuhan .....	46
2.3.2	Dampak Terhadap Kesehatan Manusia .....	47
2.4	Original penelitian .....	48
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN...</b> .....	<b>49</b>
3.1	Rancangan Penelitian .....	4
3.2	Ruang Lingkup/Fokus Penelitian .....	51
3.3	Lokasi Penelitian .....	51
3.4.	Variabel Penelitian Yang Diamati .....	54

3.5	Jenis dan Sumber Data .....	55
3.6	Instrumen Penelitian .....	55
3.6.1	Pengukuran Konsentrasi CO dan Pb .....	55
3.6.1.1	Pengukuran Konsentrasi CO ( <i>Karbon Monoksida</i> ) .....	58
3.6.1.2	Pengukuran Konsentrasi Pb ( <i>Plumbum</i> ) .....	61
3.6.2	Penghitungan Volume Kendaraan .....	63
3.6.3	Metoda Penghitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) ...	64
3.6.4	Analisis Korelasi .....	65
3.6.5	Analisis Model Gaussian .....	
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>67</b>
4.1	Rona Lingkungan Daerah Penelitian .....	67
4.1.1	Ruas Jalan Teuku Umar .....	69
4.1.2	Ruas Jalan Brigjen Katamso .....	74
4.1.3	Ruas Jalan MT. Haryono .....	77
4.1.4	Tingkat Pelayanan Ruas Jalan Dengan Volume Per Kapasitas (V/C)	81
4.1.5	Pemakaian Jenis Bahan Bakar .....	82
4.1.6	Pemakaian Model Gaussian Plume .....	83
4.2.	Hasil Penelitian dan Pembahasan .....	85
4.2.1	Kemampuan Jalan Terhadap Lalu Lintas .....	85
4.2.2	Konsentrasi CO ( <i>Carbonmonoksida</i> ) .....	89
4.2.3	Perubahan Konsentrasi Pb ( <i>Plumbum</i> ) di Udara .....	100
4.3	Indeks Pencemar Udara (ISPU) .....	109
4.4	Upaya pengendalian .....	110

4.4.1	Ruas Jalan Teuku Umar .....	111
4.1.2	Ruas Jalan Brigjen Katamso .....	114
4.1.3	Ruas Jalan MT. Haryono .....	118
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN REKOMENDASI .....</b>	<b>120</b>
5.1	Kesimpulan .....	120
5.2	Rekomendasi .....	121
5.2.1	Ruas Jalan Teuku Umar .....	121
5.2.2	Ruas Jalan Brigjen Katamso .....	122
5.2.3	Ruas Jalan MT. Haryono .....	122

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN - LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b>	Pengelompokan jalan menurut kewenangan pembinaan jalan .....	9
<b>Tabel 2.</b>	Pengelompokan jalan menurut peran .....	10
<b>Tabel 3.</b>	Gambaran teknis sistem jaringan jalan .....	10
<b>Tabel 4.</b>	Kapasitas dasar jalan .....	14
<b>Tabel 5.</b>	Faktor penyesuaian lebar jalan .....	14
<b>Tabel 6.</b>	Faktor penyesuaian arah .....	15
<b>Tabel 7.</b>	Faktor ukuran kota .....	15
<b>Tabel 8.</b>	Daftar konversi satuan mobil penumpang (smp) .....	16
<b>Tabel 9.</b>	Karakteristik tingkat pelayanan .....	19
<b>Tabel 10.</b>	Jumlah pencemar per-km-penumpang pada empat jenis alat transport relative terhadap mobil pribadi .....	21
<b>Tabel 11.</b>	Parameter CO dan Pb dalam Baku Mutu Udara Ambient Nasional .....	22
<b>Tabel 12.</b>	Parameter CO dan Pb dalam Baku Mutu Udara Ambient Propinsi Jawa Tengah. ....	23
<b>Tabel 13.</b>	Parameter CO dan Pb dalam Baku Mutu Udara Ambien Internasional .....	23
<b>Tabel 14.</b>	Indeks Standar Pencemar Udara .....	26
<b>Tabel 15.</b>	Zat pencemar primer dan sekunder .....	27
<b>Tabel 16.</b>	Sumber pencemaran gas CO .....	32
<b>Tabel 17.</b>	Komponen Pb di dalam asap mobil .....	36

<b>Tabel 18.</b>	Kategori pencemaran Pb di dalam darah orang dewasa .....	37
<b>Tabel 19.</b>	Toksisitas relative polutasn udara.....	37
<b>Tabel 20.</b>	Pengaruh konsentrasi COHb dalam darah terhadap kesehatan manusia .....	39
<b>Tabel 21.</b>	Dampak gas CO dan Pb terhadap kesehatan .....	39
<b>Tabel 22.</b>	Pengaruh kondisi pengoperasian mesin terhadap komposisi Gas buang kendaraan bermotor .....	42
<b>Tabel 23.</b>	Kontribusi gas buang berdasarkan jenis bahan bakar .....	43
<b>Tabel 24.</b>	Ringkasan jenis pencemar dan emisi untuk berbagai kombinasi mesin/bahan bakar .....	44
<b>Tabel 25.</b>	Beban polusi udara dari kendaraan bermotor di Jawa Tengah.....	44
<b>Tabel 26.</b>	Perbandingan emisi dari mesin bensin dan disel dalam berbagai keadaan operasional .....	44
<b>Tabel 27.</b>	Prakiraan penghilangan cemaran gas untuk hutan model .....	47
<b>Tabel 28.</b>	Pertimbangan pemilihan lokasi penelitian berdasarkan LHR .....	52
<b>Tabel 29.</b>	Data primer dan sekunder yang digunakan .....	54
<b>Tabel 30.</b>	Peralatan dan bahan pengukuran Pb .....	59
<b>Tabel 31.</b>	Peralatan penghitungan volume kendaraan .....	62
<b>Tabel 32.</b>	Batas Indeks Standar Pencemaran Udara (dalam satuan SI) .....	64
<b>Tabel 33.</b>	Batas wilayah ruas jalan Teuku Umar .....	69
<b>Tabel 34.</b>	Kondisi Jalan Teuku Umar .....	74
<b>Tabel 35.</b>	Batas wilayah ruas jalan Brigjen Katamso .....	74
<b>Tabel 36.</b>	Kondisi jalan Brigjen Katamso .....	77
<b>Tabel 37.</b>	Batas wilayah ruas jalan MT. Haryono .....	78
<b>Tabel 39.</b>	Perhitungan volume kendaraan dan kapasitas ruas jalan Teuku Umar .....	81
<b>Tabel 40.</b>	Perhitungan volume kendaraan dan kapasitas ruas jalan Brigjen Katamso .....	82

<b>Tabel 41.</b>	Perhitungan volume kendaraan dan kapasitas ruas jalan MT. Haryono .....	82
<b>Tabel 42.</b>	Prosentase pemakaian bahan bakar pada kendaraan .....	82
<b>Tabel 43.</b>	Indeks Pencemar Udara (ISPU) untuk parameter CO pada ruas jalan TeukunUmar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono .....	109

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b>	Alur pikir pendekatan penelitian .....	5
<b>Gambar 2.</b>	Diagram keterkaitan antara fungsi jalan dengan fungsi kota (UU No.13/1990 dan PP No. 26/1985) .....	8
<b>Gambar 3.</b>	Hubungan arus antara kecepatan dengan volume arus lalu lintas..	13
<b>Gambar 4.</b>	Hubungan antara volume total untuk kedua arah lalu lintas dan kecepatan rata-rata .....	20
<b>Gambar 5.</b>	Proses pembakaran bahan bakar pada mesin kendaraan .....	33
<b>Gambar 6.</b>	Alur pikir pendekatan penelitian .....	50
<b>Gambar 7.</b>	Lokasi penelitian .....	53
<b>Gambar 8.</b>	Mobil dan peralatan pemantauan udara .....	55
<b>Gambar 9.</b>	Spektra absorpsi bermacam-macam gas dalam selang merah .....	56
<b>Gambar 10.</b>	Diagram skematik cara kerja CO dengan analisis NDIR .....	57
<b>Gambar 11.</b>	Alat <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS) .....	58
<b>Gambar 12.</b>	Cara kerja persiapan benda uji pengukuran Timbal (Pb) .....	60
<b>Gambar 13.</b>	Uji kadar timbal (Pb) dengan AAS .....	61
<b>Gambar 14.</b>	Tahapan penghitungan tingkat pelayanan .....	62
<b>Gambar 15.</b>	Lokasi ruas jalan Teuku Umar .....	70
<b>Gambar 16.</b>	Suasana ruas jalan Teuku Umar pada siang dan sore hari, tampak pada sore hari penumpukan kendaraan pada perpotongan jalan jangli .....	70
<b>Gambar 17.</b>	Perubahan lajur jalan Teuku Umar yang juga penyebab terjadinya kemacetan .....	70

<b>Gambar 18.</b>	Jalan-jalan akses sebagai salah satu penyebab berkurangnya kecepatan kendaraan. ....	72
<b>Gambar 19.</b>	Kondisi tanaman pada ruas jalan Teuku Umar .....	73
<b>Gambar 20.</b>	Lokasi ruas jalan Brigjen Katamso .....	75
<b>Gambar 21.</b>	Lingkungan sekitar ruas jalan Brigjen Katamso .....	75
<b>Gambar 22.</b>	Kondisi tanaman tepi jalan yang kurang terawat .....	76
<b>Gambar 23.</b>	Lokasi ruas jalan MT. Haryono .....	78
<b>Gambar 24.</b>	Lingkungan sekitar ruas jalan MT. Haryono .....	78
<b>Gambar 25.</b>	Badan jalan yang digunakan parkir pada ruas jalan MT. Haryono dan kendaraan umum yang menaik dan menurunkan penumpang di sembarang tempat .....	79
<b>Gambar 26.</b>	Badan jalan yang digunakan parkir pada ruas jalan MT. Haryono dan tidak efektifnya jalur lambat .....	80
<b>Gambar 27.</b>	Banyaknya persimpangan pada ruas jalan MT. Haryono yang berakibat menurunnya kecepatan kendaraan .....	80
<b>Gambar 28.</b>	Tahapan penyusunan Model Persamaan Konsentrasi CO/Pb di udara .....	83
<b>Gambar 29.</b>	Tahapan rinci penyusunan Model Persamaan Konsentrasi CO dan Pb di udara pada ruas jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono .....	84
<b>Gambar 30.</b>	Perhitungan V/C per-jam pada ruas jalan Teuku Umar .....	85
<b>Gambar 31.</b>	Perhitungan V/C per-jam pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	87

<b>Gambar 32.</b>	Perhitungan V/C per-jam pada ruas jalan MT. Haryono .....	88
<b>Gambar 33.</b>	Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi CO pada ruas jalan Teuku Umar .....	90
<b>Gambar 34.</b>	Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi CO pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	90
<b>Gambar 35.</b>	Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi CO pada ruas jalan MT. Haryono .....	91
<b>Gambar 36.</b>	Korelasi antara V/C terhadap konsentrasi CO pada ruas jalan Teuku Umar .....	91
<b>Gambar 37.</b>	Korelasi antara V/C terhadap konsnetrasi CO pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	92
<b>Gambar 38.</b>	Korelasi antara V/C terhadap konsnetrasi CO pada ruas jalan MT. Haryono .....	92
<b>Gambar 39.</b>	Perubahan konsesntrasi CO di udara pada ruas jalan Teuku Umar berdasarkan volume kendaraan .....	94
<b>Gambar 40.</b>	Perubahan konsesntrasi CO di udara pada ruas jalan Brigjen Katamso berdasarkan volume kendaraan .....	94
<b>Gambar 41.</b>	Perubahan konsesntrasi CO di udara pada ruas jalan MT. Haryono berdasarkan volume kendaraan .....	95
<b>Gambar 42.</b>	Hasil pengukuran CO pada ruas jalan Teuku Umar berdasarkan pengamatan pada jam 06.00-18.00 WIB .....	95
<b>Gambar 43.</b>	Hasil pengukuran CO pada ruas jalan Brigjen Katamso berdasarkan pengamatan pada jam 06.00-18.00 WIB .....	96

<b>Gambar 44.</b>	Hasil pengukuran CO pada ruas jalan MT. Haryono berdasarkan pengamatan pada jam 06.00-18.00 WIB .....	96
<b>Gambar 45.</b>	Hasil pengukuran Pb (Timbal) pada ruas jalan Teuku Umar .....	100
<b>Gambar 46.</b>	Hasil pengukuran Pb (Timbal) pada ruas jalan Brigjen Katamso..	101
<b>Gambar 47.</b>	Hasil pengukuran Pb (Timbal) pada ruas jalan MT. Haryono ....	101
<b>Gambar 48.</b>	Konsentrasi Pb (timbal) terhadap baku mutu udara ambient propinsi Jawa Tengah pada ruas jalan Teuku Umar .....	102
<b>Gambar 49.</b>	Konsentrasi Pb (timbal) terhadap baku mutu udara ambient propinsi Jawa Tengah pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	103
<b>Gambar 50.</b>	Konsentrasi Pb (timbal) terhadap baku mutu udara ambient propinsi Jawa Tengah pada ruas jalan MT. Haryono .....	103
<b>Gambar 51.</b>	Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi Pb pada ruas jalan Teuku Umar .....	104
<b>Gambar 52.</b>	Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi Pb pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	104
<b>Gambar 53.</b>	Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi Pb pada ruasjalan MT. Haryono .....	105
<b>Gambar 54.</b>	Hubungan antara konsentrasi Pb dengan V/C pada ruas jalan Teuku Umar .....	105
<b>Gambar 55.</b>	Hubungan antara konsentrasi Pb dengan V/C pada ruasjalan Brigjen Katamso .....	106
<b>Gambar 56.</b>	Hubungan antara konsentrasi Pb dengan V/C pada ruas jalan MT. Haryono .....	106

<b>Gambar 57.</b>	Alur pikir pendekatan pengendalian peningkatan konsentrasi CO dan Pb di udara. ....	110
<b>Gambar 58.</b>	Rencana pengalihan lalu lintas ruas jalan Teuku Umar pada pagi hari (06.00-08.00 WIB) Utara-Selatan .....	113
<b>Gambar 59.</b>	Upaya mengurangi kepadatan lalu lintas terhadap V/C dengan tidak adanya sepeda motor (MC) ruas jalan Teuku Umar .....	114
<b>Gambar 60.</b>	Upaya mengurangi konsentrasi CO terhadap baku mutu dengan dilarangnya sepeda motor (MC) masuk pada ruas jalan Teuku Umar .....	114
<b>Gambar 61.</b>	Rencana pengalihan lalu lintas ruas jalan Brigjen Katamso pada pagi hari antara jam 06.00-08.00 WIB (Utara-Selatan).....	116
<b>Gambar 62.</b>	Upaya mengurangi konsentrasi CO terhadap baku mutu dengan dilarangnya sepeda motor (MC) masuk pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	117
<b>Gambar 63.</b>	Upaya mengurangi kepadatan lalu lintas terhadap V/C dengan tidak adanya sepeda motor (MC) pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	118

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b>	Hasil pengukuran volume kendaraan di jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono .....	L - 1
<b>Lampiran 2.</b>	Hasil pengukuran CO di udara pada ruas jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono .....	L - 2
<b>Lampiran 3.</b>	Hasil pengukuran Pb di udara pada ruas jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono .....	L - 3
<b>Lampiran 4.</b>	Rekapitulasi survey volume lalu lintas pada ruas jalan Teuku Umar .....	L - 4
<b>Lampiran 5.</b>	Rekapitulasi survey volume lalu lintas pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	L - 6
<b>Lampiran 6.</b>	Rekapitulasi survey volume lalu lintas pada ruas jalan MT. Haryono .....	L - 8
<b>Lampiran 7.</b>	Model persamaan konsentrasi dan penyimpangan sebaran konsentrasi CO di udara pada ruas jalan Teuku Umar .....	L - 10
<b>Lampiran 8.</b>	Model persamaan konsentrasi dan penyimpangan sebaran konsentrasi Pb di udara pada ruas jalan Teuku Umar .....	L - 11
<b>Lampiran 9.</b>	Model persamaan konsentrasi dan penyimpangan sebaran konsentrasi CO di udara pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	L - 12
<b>Lampiran 10.</b>	Model persamaan konsentrasi dan penyimpangan sebaran konsentrasi Pb di udara pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	L - 13

<b>Lampiran 11.</b>	Model persamaan konsentrasi dan penyimpangan sebaran konsentrasi CO di udara pada ruas jalan MT. Haryono.....	L – 14
<b>Lampiran 12.</b>	Model persamaan konsentrasi dan penyimpangan sebaran konsentrasi Pb di udara pada ruas jalan MT. Haryono .....	L – 15
<b>Lampiran 13</b>	Prediksi $V/C = 1$ ruas jalan Teuku Umar dan Model Persamaan serta penyimpangan sebaran konsentrasi CO di udara dengan $V/C = 1$ pada ruas jalan Teuku Umar .....	L – 16
<b>Lampiran 14</b>	Prediksi $V/C = 1$ ruas jalan Teuku Umar dan Model Persamaan serta penyimpangan sebaran konsentrasi CO di udara dengan $V/C = 1$ pada ruas jalan Brigjen Katamso .....	L – 17
<b>Lampiran 15</b>	Prediksi $V/C = 1$ ruas jalan Teuku Umar dan Model Persamaan serta penyimpangan sebaran konsentrasi CO di udara dengan $V/C = 1$ pada ruas jalan MT. Haryono .....	L – 18
<b>Lampiran 16.</b>	Batas maksimal kendaraan per jam yang diperbolehkan untuk masing-masing ruas jalan berdasarkan model persamaan dan nilai baku mutu co di udara yang dipersyaratkan .....	L – 19
<b>Lampiran 17.</b>	Pengaruh jenis kendaraan terhadap konsentrasi CO di udara .....	L – 20

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan penduduk di perkotaan mempunyai konsekwensi meningkatnya mobilitas warga masyarakat yang berakibat peningkatan kepemilikan kendaraan pribadi. Di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya dan Semarang, satu mobil untuk satu orang di dalam keluarga yang cukup berada sudah biasa, akibatnya jumlah kendaraan pribadi menduduki rangking pertama terbanyak dalam antrian kemacetan lalu lintas di jalan. Kota Semarang sebagai kota terbesar ketiga setelah Jakarta, dan Surabaya, mempunyai potensi peningkatan kepadatan lalu lintas, dalam 4 (empat) tahun terakhir, peningkatan jumlah mobil pribadi setiap tahun rata-rata mencapai 5,67%, sementara pada tahun 2002 jumlah bus meningkat lebih dari 50% ( BPS Kota Semarang, 2002).

Kecenderungan peningkatan jumlah kendaraan angkutan dari tahun ke tahun dimungkinkan terjadi, karena Semarang sebagai kota propinsi dan kota industri mempunyai daya tarik bagi tenaga kerja yang berakibat pada peningkatan aktifitas dan kepadatan penduduk. Aktifitas penduduk Semarang yang tinggi menuntut pelayanan jasa angkutan yang memadai bagi masyarakat yang tidak memanfaatkan kendaraan pribadi. Saat ini ada 3 (tiga) jenis angkutan penumpang yang memanfaatkan jasa layanan jalan Kota Semarang, yaitu a). Angkutan Penumpang Angkutan Antar Kota Propinsi (AKAP), b). Angkutan Penumpang Antar Kota Dalam Propinsi (AKDP), dan c). Angkutan Penumpang Kota (AK)/Angkutan Pedesaan (AP) (Direktorat Perkotaan Metropolitan, 2001). Namun karena angkutan umum belum

dapat memberikan pelayanan yang maksimal (nyaman dan aman), maka penggunaan kendaraan pribadi masih merupakan alternatif berkendara yang masih diminati terutama masyarakat menengah keatas.

Mobilitas warga kota yang tinggi menjadikan beban jalan-jalan di perkotaan menjadi sangat berat. Jakarta sebagai tolak ukur, saat ini jumlah perjalanan orang di Jakarta berdasarkan Rencana Umum Tata Ruang DKI Jakarta untuk tahun 2005 diperkirakan sudah mencapai lebih dari 2,5 juta perjalanan per hari (Kompas, 01 November 2003). Besarnya jumlah perjalanan ini jika melebihi kapasitas daya tampung jalan yang tersedia maka akan terjadi kemacetan. Selain itu, kemacetan lalu lintas yang terjadi secara umum disebabkan oleh pemakaian jalan dengan waktu yang bersamaan.

Masyarakat sebagai pengguna tidak merasakan dampak akibat kemacetan sebagai inefisiensi ekonomi, karena bersifat *intangibile*, artinya tidak langsung dapat diukur dengan rupiah, padahal biaya sosial ekonomi akibat kemacetan ini sangat besar. Dampak lain yang ditimbulkan akibat kepadatan lalu lintas adalah pencemaran udara yang berasal dari gas buang kendaraan, diketahui bahwa polutan CO (Karbonmonoksida) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dalam kondisi *Idle* (diam) lebih besar, yaitu 4-6% dibandingkan dengan kondisi kendaraan berjalan normal sebesar 1-4% (Sidjabat, Obelin, 2000). Isnaeni dkk (2001), membagi sumber gas buang CO berdasarkan jenis bahan bakar dan kendaraan, yaitu kendaraan penumpang (pribadi) dengan bahan bakar bensin dapat menimbulkan CO tertinggi sebesar 462.63 gram/liter, dibandingkan dengan jenis bahan bakar disel sebesar 11.86 gram/liter.

Selain itu CO (Karbonmonoksida) yang terakumulasi dengan gas lainnya di udara dapat menimbulkan keracunan bagi manusia dalam bentuk COHb (*karboksihemoglobin*) pada darah. Afinitas CO yang lebih besar dibandingkan oksigen (O<sub>2</sub>) terhadap Hb menyebabkan fungsi Hb untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh dapat mengakibatkan terganggunya syaraf presepsi, daya pikir dan memperlambat refleksi. CO juga dapat menyebabkan kejang berlanjut kepada ketidaksadaran dan kematian. (Soedomo, Moestikahadi 2001;8, dalam *Kumpulan Karya Ilmiah mengenai Pencemaran Udara*).

Demikian halnya dengan timah hitam atau timbal (Pb) yang dikeluarkan dari bensin melalui kendaraan merupakan suatu ancaman kesehatan yang signifikan. Bank Dunia (2002) telah mengidentifikasi pengeluaran emisi timbal dari bensin sebagai suatu bahaya lingkungan yang besar bagi orang Indonesia, khususnya anak-anak. Pengaruh kesehatan pada sistem syaraf, ginjal, reproduksi, liver, jantung dan urat darah serta lambung dan usus. Dampak pada golongan anak-anak terhadap tingkat intelegensi mereka sangat sensitive, perkembangan pengetahuan dan tingkah laku dapat juga terpengaruh secara signifikan karena timbal. Bila dalam darah anak berusia 5-10 tahun ditemukan kadar timbal 0,30 ppm, maka dapat menyebabkan gerakan otot berlebihan, sehingga bisa menurunkan tingkat kecerdasan IQ). Setiap kenaikan kadar timbal dalam darah sebesar 10 mikrogram bisa menurunkan IQ 2,5 poin. (Aminah, 2002)

Mengingat dampak akibat zat pencemar CO dan Pb yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor terhadap kesehatan, maka pencegahan, pengawasan dan pengendalian menjadi hal yang sangat penting, sehingga perbaikan dan pengaturan (*management*) diseluruh komponen transportasi diharapkan menjadi suatu tindakan

yang efektif, sehingga dampak yang di timbulkan akibat pencemaran udara dapat berkurang.

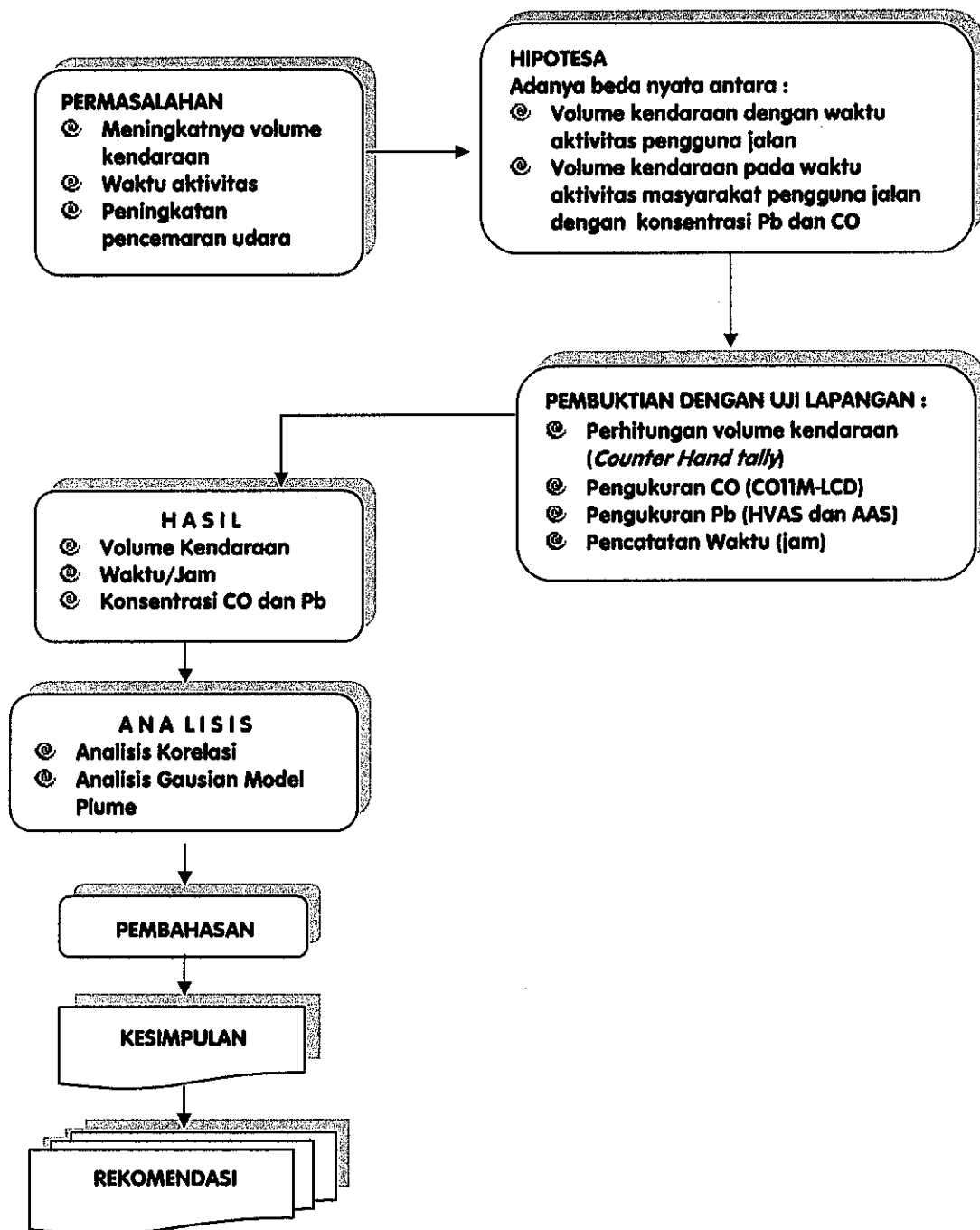
## 1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pertumbuhan penduduk dan peningkatan kepemilikan kendaraan pribadi untuk menunjang aktifitasnya tidak dapat dipisahkan bagi penduduk kota-kota berkembang, akibatnya jumlah kendaraan pribadi menduduki rangking pertama terbanyak dalam antrian kemacetan lalu lintas di jalan. Banyaknya penelitian yang telah dilakukan terhadap dampak yang ditimbulkan akibat pencemaran udara dari gas buang atau emisi kendaraan yang sedang beroperasi di jalan raya, menjadikan suatu pemikiran bagaimana menurunkan kadar gas buang seperti CO dan Pb pada udara ambien di lingkungan jalan.

Puncak kepadatan lalu lintas adalah kemacetan, dimana kemacetan yang sering dijumpai lebih banyak diakibatkan oleh kendaraan pribadi. Menurut Obelin (2000), kendaran bermotor dengan kondisi diam (*Idle*) menimbulkan polutan CO yang lebih besar (4-6%) dibandingkan kondisi berjalan normal (1-4%), sehingga pada saat terjadinya kepadatan lalu lintas, polutan CO akan terjadi peningkatan. Selain itu Isnaeni (2001) menyatakan, kendaraan dengan bahan bakar bensin menimbulkan CO lebih besar (462.63 gram/liter), dibandingkan dengan jenis bahan bakar disel sebesar (11.86 gram/liter).

Pengamatan di lapangan jarang ditemui sebuah ruas jalan terjadi kepadatan yang sama di setiap waktu, tingkat kepadatan biasanya bersifat fluktuatif. Fluktuatif kepadatan lalu lintas ini dipengaruhi oleh waktu aktifitas masyarakat, dimana waktu pemakaian jalan yang bersamaan merupakan faktor utama penyebab terjadinya puncak kepadatan yang dapat berakibat kemacetan, Untuk mengetahui waktu

terjadinya kepadatan, volume kendaraan, dan perubahan polutan konsentrasi CO dan Pb pada ruas jalan, perlu dilakukan penelitian dengan alur pikir pendekatan dapat yang dapat disajikan pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Alur pikir pendekatan penelitian

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis pengaruh waktu aktivitas pengguna jalan (dalam jam-jam tertentu) terhadap volume kendaraan di jalan Kota Semarang..
2. Menganalisis pengaruh perubahan volume kendaraan terhadap perubahan konsentrasi CO dan Pb di udara pada lingkungan jalan Kota Semarang.
3. Penyusunan model konsentrasi CO dan Pb di udara pada lingkungan jalan Kota Semarang.

### **1.4. Kegunaan Penelitian**

Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah terutama instansi pengelolaan jalan dalam merencanakan dan menetapkan kebijakan transportasi Kota Semarang dan mencari alternatif pengendaliannya akibat peningkatan konsentrasi CO, Pb, terhadap kepadatan lalu lintas jalan di Kota Semarang.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Landasan Teori

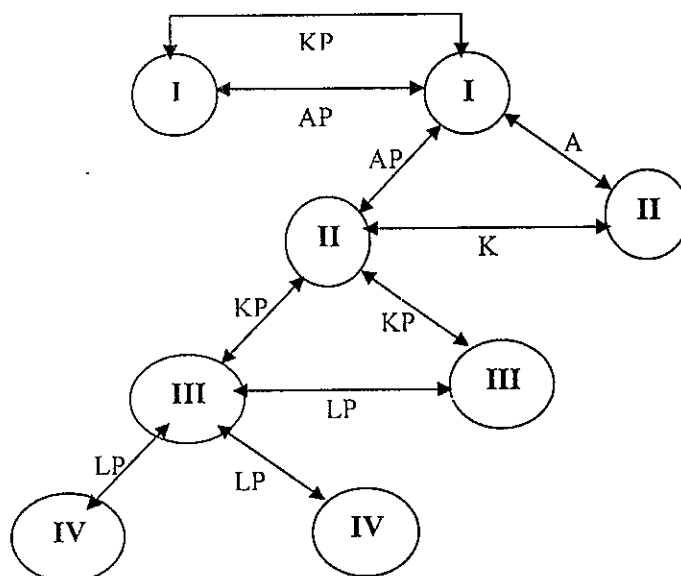
##### 2.1.1 Sistem jaringan jalan raya

###### 1. Klasifikasi jalan

Klasifikasi jalan terhadap peran dan wewenang pembinaan dalam Sistem Jaringan Jalan yang membentuk kota-kota dengan satu kesatuan sistem dengan kawasannya yang diatur dalam Undang-Undang No. 13 tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah No. 26 tahun 1985 tentang Jalan. Fungsi kota dalam rancangan RTRWN (Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional) dapat dibedakan secara hirarki sebagai berikut:

- a) Kota yang berfungsi sebagai Pusat Kegiatan Nasional (PKN)
- b) Kota yang berfungsi sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW)
- c) Kota yang berfungsi sebagai Pusat Kegiatan Lokal (PKL)

Sementara berdasarkan peran dan pembinaannya, klasifikasi jalan berdasarkan peranan dan pembinaan, membagi ruas jalan dalam sistem jaringan jalan, baik dalam sistem primer maupun sekunder, yang secara skematis disajikan dalam Gambar 2 sebagai berikut :



**Gambar 2.** Diagram keterkaitan antar fungsi jalan dengan fungsi kota (UU No.13/1990 dan PP No. 26/1985)

**Keterangan :**

- I. Kota Jenjang I → Kota PKN (Pusat Kegiatan Nasional)
- II. Kota Jenjang II → Kota PKW (Pusat Kegiatan Wilayah)
- III. Kota Jenjang III → Kota PKL (Pusat Kegiatan Lokal)
- IV. Kota Jenjang dibawahnya (persil)

AP : Arteri Primer  
 KP : Kolektor Primer  
 LP : Lokal Primer

**2. Pengelompokan Berdasarkan Kewenangan Pembinaan Jalan**

Agar jalan-jalan dapat berfungsi sesuai dengan umur rencana maka perlunya pemeliharaan dan pengawasan yang dilakukan pembina jalan sesuai dengan kewenangannya, berikut ini pengelompokan jalan menurut kewenangan Pembina jalan pada Tabel 1, sebagai berikut :

Tabel. 1. Pengelompokan jalan menurut kewenangan pembinaan jalan

No.	Kelompok Jalan	Pembinaan
1.	Jalan Nasional	Pembinaannya berada pada Pemerintah Pusat, adalah : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalan Arteri Primer</li> <li>• Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar Ibukota Propinsi</li> <li>• Jalan Lainnya yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional</li> </ul>
2.	Jalan Propinsi	Pembinaannya berada pada Pemerintah Daerah Propinsi, adalah: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan Ibukota Propinsi Ibukota Kabupaten/Kodya</li> <li>• Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar Ibukota Kabupaten/Kodya</li> <li>• Jalan lainnya yang mempunyai nilai strategis ditinjau dari kepentingan propinsi</li> <li>• Jalan yang berada dalam Daerah Khusus Ibukota</li> </ul>
3.	Jalan Kabupaten	Ruas jalan yang berdasarkan tingkat kepentingannya, pembinaan diserahkan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten, adalah : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalan Kolektor Primer yang tidak termasuk Jl. Nas. maupun Jalan Propinsi</li> <li>• Jalan Lokal Primer</li> <li>• Jalan Sekunder yang tidak termasuk Jalan Nasional ataupun Jalan Propinsi</li> <li>• Jalan lainnya yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten</li> </ul>
4.	Jalan Kotamadya	Jaringan jalan sekunder di dalam kotamadya
5.	Jalan Desa	Jaringan jalan sekunder di dalam desa
6.	Jalan khusus	Jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/Badan Hukum/Perorangan untuk melayani kepentingan masing-masing

Sumber : UU No. 13 tentang Jalan

### 3. Pengelompokan Jalan Menurut Peran

Berdasarkan Undang-Undang Jalan No. 13 tahun 1980 pengelompokan jalan berdasarkan peran dan gambaran teknis dari sistem jaringan jalan dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3, sebagai berikut:

Tabel 2. Pengelompokan Jalan Menurut Peran

No.	Kelompok Jalan	Peran
1.	Arteri	Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien
2.	Kolektor	Jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi
3.	Lokal	Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi

Sumber : UU No.13 Tahun 1980 Bab II, Bagian Kedua, Pasal 4

Tabel 3. Gambaran teknis sistem jaringan jalan

Sistem	Faktor	Arteri	Sekunder	Lokal
Primer	a) Jarak Perjalanan	Jauh	Sedang	Dekat
	b) Kecepatan (km/jam)	$\geq 65$ km/jam	$\geq 40$ km/jam	$\geq 20$ km/jam
	c) Lebar Badan Jalan	$> 8$ m	$> 7$ m	$> 6$ m
	d) Jumlah Jalan Masuk	Dibatasi secara efisien	dibatasi	Tidak dibatasi
Sekunder	a) Kecepatan	$\geq 30$ km/jam	$\geq 20$ km/jam	$\geq 10$ km/jam
	b) Lebar Badan Jalan	$> 8$ m	$> 7$ m	$> 5$ m
	c) Lalu Lintas	Tidak mengganggu lalu lintas lambat	-	-

Sumber : UU No. 13 Th. 1980 dan PP No.26 th. 1985

#### 4. Fungsi Dan Hirarki Jalan

Fungsi dan hirarki jalan mempunyai prinsip yang bertentangan, kecepatan sedang hingga tinggi dibutuhkan untuk menggerakkan volume, sementara jika jalan memiliki akses yang tinggi, maka akan banyak kendaraan yang yang memperlambat kecepatannya sesuai dengan kepentingan pribadinya (membelok, parkir, bongkar muat barang dan bus atau angkot yang menunggu penumpang)

Pengembangan tata guna lahan yang berakibat pada pembukaan akses jalan yang tidak dikendalikan dan disesuaikan dengan pengembangan jaringan jalan berakibat pada kemacetan dan kecelakaan lalu lintas yang sering terjadi.

### 2.1.2 Survei Lalu Lintas

Survei lalu lintas dilakukan untuk mengumpulkan data/informasi mengenai karakteristik sistem lalu lintas jalan yang ada. Survey merupakan proses atau aktivitas yang dilakukan dalam pengumpulan data/informasi. Permasalahan yang ada sehubungan dengan desain dan pengoperasian infrastruktur dapat diidentifikasi, demikian juga dengan penyebabnya.

Survey lalu lintas digunakan untuk mengumpulkan data mengenai tingkat penggunaan jaringan jalan yang telah ada, seperti :

1. Volume lalu lintas per jam;
2. Volume lalu lintas per hari (harian);
3. Klasifikasi kendaraan;
4. Pergerakan membelok;
5. Jumlah penumpang dalam kendaraan;
6. Volume perjalanan kaki.

Variasi lalu lintas di daerah perkotaan cenderung lebih besar dibandingkan di daerah antar kota. Oleh karena itu, volume per jam lebih penting dari volume harian, dan khususnya volume pada jam sibuk. Volume jam sibuk ini biasanya jauh lebih tinggi dari pada arus lalu lintas rata-rata selama satu hari.

Arus lalu lintas pada suatu lokasi tergantung pada beberapa faktor yang berhubungan dengan kondisi daerah setempat. Besaran ini sangat bervariasi pada tiap jam dalam sehari, pada tiap hari dalam seminggu, dan pada tiap bulan dalam setahun.

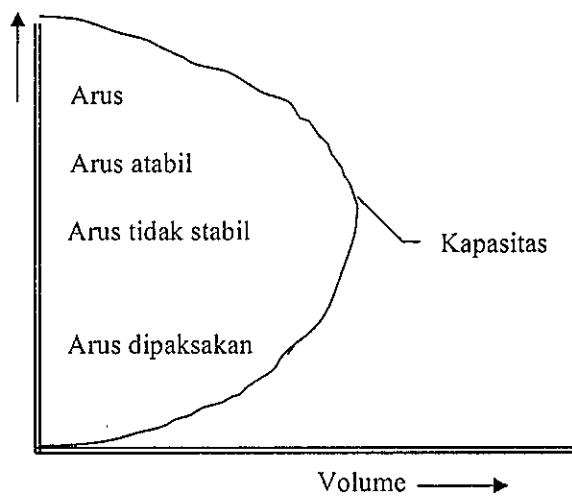
### 2.1.3 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan berhubungan erat dengan kecepatan, volume dan kepadatan lalu lintas, semakin banyak kendaraan yang berada di jalan maka kecepatan rata-rata kendaraan berkurang. Kapasitas adalah volume maksimum kendaraan yang dapat diharapkan untuk melalui suatu potongan jalan pada periode waktu tertentu untuk kondisi tertentu. Kapasitas lebih dikenal dengan “daya tampung maksimal” suatu ruas jalan terhadap volume lalu lintas yang melintas. Kapasitas jalan berbeda-beda kemampuannya, tergantung/dipengaruhi oleh lebar dan penggunaan jalan tersebut (satu atau dua arah). Nilai kapasitas/daya tampung suatu ruas jalan dinyatakan dengan smp/jam (satuan mobil penumpang per-jam). Kondisi ideal dari kapasitas jalan terjadi bila :

1. Lebar lajur tidak kurang dari 3,5 m.
2. Kebebasan lateral tidak kurang dari 1,75 m.
3. Standar geometrik baik.
4. Hanya mobil penumpang yang menggunakan jalan.
5. Tidak ada batas kecepatan.

Maksimum dalam kapasitas adalah volume maksimum kendaraan yang dapat ditampung pada bidang jalan dalam keadaan lalu lintas yang bergerak lancar tanpa terputus putus atau kemacetan yang serius, atau dikatakan pelayanan jalan jauh dari ideal.

Hubungan antara kecepatan, volume dan kepadatan saling berhubungan. Semakin banyak kendaraan berada di jalan berarti kecepatan rata-rata kendaraan berkurang. Hubungan kecepatan dan volume dapat dikelompokkan seperti ditunjukkan dalam Gambar 3 sebagai berikut :



**Gambar 3.** Hubungan arus antara kecepatan dengan volume arus lalu lintas

Perhitungan kapasitas jalan sebagai parameter dari kemampuan jalan untuk menampung kendaraan dipengaruhi oleh beberapa factor sebagai berikut :

#### 2.1.3.1 Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar jalan tergantung kepada tipe jalan, jumlah lajur dengan jalan dipisah atau dipisah dengan fisik (bangunan jalan) dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 4. Kapasitas dasar jalan

Tipe Jalan Kota	Kapasitas Dasar Co (SMP/jam)	Keterangan
4 lajur dipisah atau jalan satu arah	1650	Per lajur
4 lajur tidak dipisah	1500	Per lajur
2 lajur tidak dipisah	2900	Kedua arah

Sumber : Pusdiklat Perhubungan Darat. 2000

### 2.1.3.2 Faktor Penyesuaian Lebar Jalan

Lebar badan jalan efektif sangat mempengaruhi kapasitas jalan seperti ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Faktor penyesuaian lebar jalan

Tipe Jalan Kota	Lebar Jalan Efektif (m)	Cw	Keterangan
4 lajur dipisah atau jalan satu arah	3,00	0,92	Per lajur
	3,25	0,96	
	3,50	1,00	
	3,75	1,04	
	4,00	1,08	
4 lajur tidak dipisah	3,00	0,91	Per lajur
	3,25	0,95	
	3,50	1,00	
	3,75	1,05	
	4,00	1,09	
2 lajur tidak dipisah	5	0,56	Kedua arah
	6	0,87	
	7	1,00	
	8	1,14	
	9	1,25	
	10	1,29	
11	1,34		

Sumber : Pusdiklat Perhubungan Darat. 2000

Catatan : untuk nilai berada diantaranya dapat diinterpolasikan

### 2.1.3.3 Faktor Penyesuaian Arah Lalu Lintas

Besarnya faktor penyesuaian untuk jalan tanpa menggunakan pemisah tergantung kepada besarnya *split* ke dua arah, berikut faktor koreksi dari penyesuaian arah :

Tabel 6. Faktor penyesuaian arah

Split arah		50-50	55-45	60-40	65-56	70-30
Fsp	2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	4/2 tidak dipisah	1,00	0,98	0,97	0,95	0,94

Sumber : Pusdiklat Perhubungan Darat. 2000

### 2.1.3.4 Faktor ukuran kota

Tabel 7. Faktor ukuran kota

Ukuran kota (juta orang)	Faktor ukuran kota (Fcs)
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
≥ 3,0	1,04

Sumber : Pusdiklat Perhubungan Darat. 2000

### 2.1.4 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah suatu metode yang diciptakan para ahli rekayasa lalu lintas dalam memberikan faktor-faktor yang memungkinkan adanya pokok tolak ukur besarnya ruang permukaan jalan yang terpakai oleh setiap pemakai jalan yang beraneka jenis. Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan

yang berbeda, karena dimensi, kecepatan, percepatan maupun kemampuan manuver masing-masing tipe kendaraan berbeda disamping juga pengaruh geometrik jalan.

Oleh karena itu untuk menyamakan satuan dari masing-masing jenis kendaraan digunakan suatu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yaitu satuan mobil penumpang (SMP). Besarnya SMP yang direkomendasikan sesuai

hasil penelitian dalam IHCM (*Indonesia Highway Capacity Manual*) dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut :

**Tabel 8.** Daftar konversi satuan mobil penumpang (smp)

No	Jenis Kendaraan	Kelas	SMP	
			Ruas	Simpang
1.	a. Sedan/jeep b. Oplet c. Mikrobus d. Pick up	LV	1,00	1,00
2.	a. Bus standard b. Truk sedang c. Truk berat	HV	1,2	1,3
3.	a. Sepeda motor	MC	0,25	0,4
4.	a. Becak b. Sepeda c. Andong, dll	UM	0,8	1

Sumber : *Perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia*

Keterangan :

LV : *Light vehicle* (kendaraan ringan)

HV : *Heavy vehicle* (kendaraan berat)

MC : *Motorcycle* (sepeda motor)

UM : *Unmotorised* (kendaraan tidak bermotor)

### 2.1.5 Volume Kendaraan

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati/melintasi satu titik yang tetap pada jalan dalam satuan waktu. Volume ruas jalan biasanya dihitung dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Volume pada suatu jalan akan bervariasi tergantung pada volume total dua arah, arah lalu lintas, volume harian, bulanan, tahunan dan pada komposisi kendaraan.

Untuk mendesain jalan dengan kapasitas yang memadai, maka volume lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan jalan harus ditentukan terlebih dahulu. Sebagai langkah awal maka volume lalu lintas yang ada (*existing*) harus ditentukan.

- a. Variasi jam-an : Volume lalu lintas umumnya rendah pada malam hari, tetapi meningkat secara cepat sewaktu orang mulai pergi ke tempat kerja. Volume jam sibuk biasanya terjadi pada saat orang melakukan perjalanan ke dan dari tempat atau sekolah
- b. Variasi arah : Volume arus lalu lintas dalam satu hari pada masing-masing arah biasanya sama besar. Tetapi pada waktu-waktu tertentu orang akan melakukan perjalanan dalam satu arah.
- c. Variasi harian : Arus lalu lintas bervariasi sesuai dengan hari dalam seminggu
- d. Distribusi jalur : Apabila dua atau lebih lajur lalu lintas disediakan pada arah yang sama, maka distribusi kendaraan pada masing-masing lajur tersebut akan tergantung dari volume, kecepatan dan proporsi dari kendaraan, yang bergerak lambat, dsb.

### 2.1.6 Tingkat Pelayanan Jalan (*Level Of Service*)

Tingkat pelayanan adalah suatu metode yang mungkin untuk memberikan batasan-batasan ukuran untuk dapat menjawab pertanyaan apakah kondisi suatu ruas jalan yang ada saat ini masih memenuhi syarat untuk dilalui oleh volume maksimum lalu lintas/pemakai jalan yang ada saat ini dan peningkatannya hingga masa yang akan datang. Tingkat pelayanan suatu ruas jalan dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Level of service ( LOS )} &= \frac{\text{Volume lalu lintas}}{\text{Kapasitas}} \\ \text{atau} &= \frac{V \text{ ( SMP / Jam )}}{C \text{ ( SMP / Jam )}} \end{aligned}$$

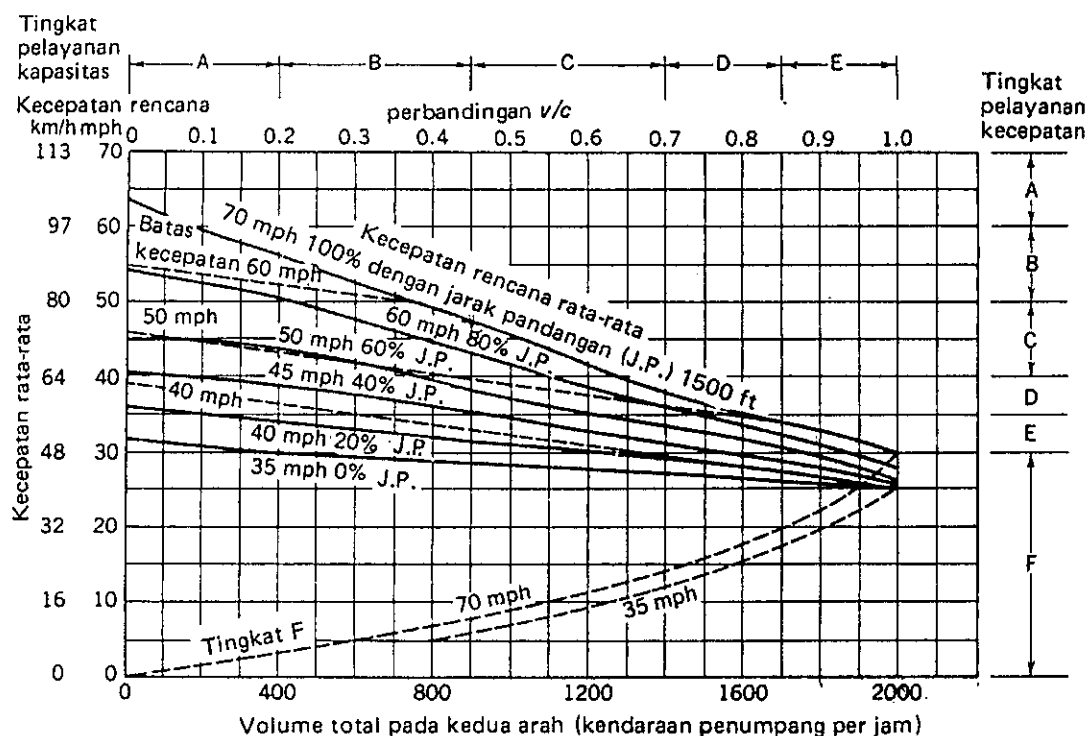
Nilai yang di hasilkan dari perhitungan tingkat pelayanan (LOS) menunjukkan nilai tingkat pelayanan atau *level of service* suatu ruas jalan yang telah dilakukan oleh para ahli rekayasa lalu lintas, berikut ini karakteristik tingkat pelayanan yang dapat di sajikan dalam Tabel 9 sebagai berikut :

Tabel 9. Karakteristik tingkat pelayanan

Batas Lingkup V/C	Tingkat Pelayanan	Ciri-ciri arus lalu lintas
0,0 s/d 0,19	A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan.
0,20 s/d 0,44	B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan.
0,45 s/d 0,69	C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan. Pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan.
0,70 s/d 0,84	D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, V/C masih dapat ditolerir.
0,85 s/d 1,0	E	Volume lalu lintas mendekati berada pada kapasitas. Arus tidak stabil, kecepatan terkadang terhenti.
> 1,0	F	Arus yang dipaksakan atau macet, kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas. Antrean yang panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar.

Sumber : *Perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia*

Hubungan kecepatan volume pada ruas dan kapasitas jalan dua lajur, akan mencapai titik tertinggi kepadatan pada angka 2000 kendaraan/jam, dalam kondisi ini lalu lintas akan menjadi macet dengan antrian yang panjang. Berikut ini ilustrasi hubungan antara kecepatan dengan volume total untuk dua arah .



Sumber : Oglesby H Clarkson et al., *Highway Engineering, fourth edision, John Wiley & Sons, Inc. 1982*

**Gambar 4.** Hubungan antara volume total untuk kedua arah lalu lintas dan kecepatan rata-rata

Kristanto, Philip (2002) dalam *Ekologi Industri* menemukan bahwa dalam 2000 kendaraan/jam mobil pribadi yang melewati jalan dapat mengangkut 1,9 penumpang/ kendaraan, sedangkan kendaraan umum sebanyak 460 kendaraan/jam dapat mengangkut rata-rata 8,1 penumpang/kendaraan. Sementara untuk konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam *per satuan penumpang per satuan jarak* yang ditempuh, kendaraan pribadi menggunakan 1 liter bahan bakar untuk 7 km/penumpang sedangkan kendaraan umum menggunakan 1 liter bahan bakar untuk 64,4 km-penumpang, berarti penggunaan bahan bakar pada kendaraan umum jauh lebih efisien dibandingkan dengan kendaraan pribadi. Semua kendaraan menimbulkan pencemaran, perbandingan pencemaran alat transpor dapat disajikan berikut ini :

Sedangkan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan /atau komponen lain ke dalam udara ambient oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambient tidak dapat memenuhi fungsinya.

Sementara udara ambient adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Konsentrasi CO dan Pb di udara dalam lampiran PP No. 41 tahun 1999 tentang Baku Mutu Udara Ambient Nasional dan lampiran Keputusan Gubernur Propinsi Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambient Di Propinsi Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 11 dan 12, serta dalam Tabel 13 disajikan lampiran baku mutu udara ambient dibeberapa negara sebagai bahan perbandingan :

**Tabel 11.** Parameter CO dan Pb dalam Baku Mutu Udara Ambient Nasional.

<b>Parametar</b>	<b>Waktu Pengukuran</b>	<b>Baku Mutu</b>	<b>Metode Analisis</b>	<b>Peralatan</b>
CO (Karbon Monoksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	30.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	NIDR	NDIR Analysis
Pb (Timah hitam)	24 jam 1 tahun	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Grafimentic Ekstratif Pengabuan	HVAS AAS

Sumber : PP No. 41 Tahun 1999

**Tabel 10.** Jumlah pencemar per-km-penumpang pada empat jenis alat transport relative terhadap mobil pribadi

Model Transpor	Pb	HC	CO	NOx	Debu	SOx	CO2
Mobil	1	1	1	1	1	1	1
Bus	0	1/19	1/214	2/15	2½	1.1/15	1/5
KA	0	1/37	1/410	2/29	1½	8/15	1/11
Berjalan	0	0	0	0	0	0	1/5
Bersepeda	0	0	0	0	0	0	1/26

Sumber : Kristanto, *Ekologi Industri* (2002)

Perlu diketahui bahwa pada kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi juga menyebabkan pemborosan bahan bakar dan pencemaran udara, karena pada kecepatan 100 km/jam emisi CO yang dibuang berturut turut adalah 1,2;1,2 dan 2,3 kali dibandingkan dengan kecepatan laju 70 km/jam, sedangkan pada kecepatan 120 km/jam perbandingan tersebut menjadi 1,6;1,5 dan 3,7 kali. Jadi jalan bebas hambatan (tol) sebenarnya tidak mengurangi pencemaran, melainkan menambah atau memindahkan lokasi pencemaran.

### 2.1.7 Pencemaran Lingkungan Hidup dan Udara

Menurut UU No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, adalah masuk atau dimasukannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran udara menurut Soedomo (2001) adalah masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara.

**Tabel 12.** Parameter CO dan Pb dalam Baku Mutu Udara Ambient Propinsi Jawa Tengah.

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
CO (Karbon Monoksida)	1 jam	15.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	NIDR	NDIR Analysis
	24 jam	10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		
	1 tahun			
Pb (Timah hitam)	24 jam	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Grafimentic Ekstratif Pengabuan	HI-Vol AAS
	1 tahun	1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		

Sumber : Kep-Gubenuur Propinsi Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001

**Tabel 13.** Parameter CO dan Pb dalam Baku Mutu Udara Ambient Internasional

Polutan	Average Time	USEPA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	California ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	EC Directive ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	WHO air quality ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TA Luft Germany ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
CO	15 min	-	-	-	100.000	-
	30 min	-	-	-	60.000	-
	1 hour	40.000	23.000	-	30.000	30.000
	8 hour	10.000	10.000	-	10.000	10.000
Pb (lead)	1 month	-	1,5	-	-	-
	3 month	1,5	-	-	0,5-1	1
	anual	-	-	2	-	-

Sumber : Environmental Engenering, 1998

### 2.1.8 Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara

Populasi perkotaan yang berkembang telah meningkatkan sektor industri di semua pusat kota besar. Bahan-bahan pencemar yang berbahaya, yang dikeluarkan ke atmosfer, tidak hanya mengancam kesehatan dari penduduk perkotaan, tetapi juga kesan dari kota..

Berdasarkan fakta, baik data pemantauan fisik maupun sampai ke dampak yang dirasakan terhadap kehidupan manusia, penyebab menurunnya kualitas udara di beberapa kota-kota besar dan lokasi tertentu terutama berasal dari keputusan pilihan pelaku pembangunan terhadap bahan bakar. Tamin,D (2002) kebijakan pemerintah

yang ditempuh dalam pengendalian pencemaran udara dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Mengembangkan baku mutu emisi kendaraan maupun industri yang disesuaikan dengan teknologi yang berkembang;
2. Meningkatkan kapasitas daerah dalam pengendalian pencemaran udara melalui penguatan institusi di daerah dan pemanfaatan energi;
3. Meningkatkan mekanisme pengawasan dan pengendalian, pencegahan dan pemulihan kualitas udara;
4. Meningkatkan pemberdayaan peran masyarakat dalam mewujudkan udara bersih.

Pencemaran udara di kota-kota besar sudah sangat memprihatinkan pada kota-kota di Indonesia, beberapa peneliti menemukan bahwa 60 hingga 90% pencemaran di perkotaan berasal dari sektor transportasi. Ciri-ciri kendaraan bermotor yang mencemari udara dapat dilihat dari asap yang keluar dari knalpot kendaraan tersebut. Asap berwarna hitam dapat keluar dari kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar karena bahan bakar solar tidak terbakar sempurna, warna hitam yang ditimbulkan adalah karbon. Asap kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin umumnya tidak terlihat, namun beberapa kendaraan berbahan bakar bensin dapat mengeluarkan asap putih karena oli mesin ikut terbakar atau kondisi mesin sangat buruk. Kendaraan bermesin 2 tak (sepeda motor) mengeluarkan asap putih jika campuran oli dalam bensin terlalu banyak (lebih dari 2% ) atau jenis oli tidak baik. Asap hitam, asap putih maupun asap yang tidak terlihat sama-sama berbahaya.

### 2.1.9 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Pencemaran udara yang terjadi adakalanya tidak dapat di informasikan kepada masyarakat berapa dan bagaimana bahayanya pencemaran udara di suatu lokasi atau tempat, agar data-data pemantauan udara dapat dimengerti secara mudah oleh seluruh lapisan masyarakat maka data dapat ditampilkan dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sebagai alat sederhana untuk mensosialisasikan kondisi pencemaran udara dari waktu ke waktu.

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) atau *Pollution Standart Index* (PSI) diperkenalkan pada tahun 1976, indeks ini membagi kualitas udara ambient menjadi 6 (enam) kategori yaitu : kategori baik, aman, berpotensi menurunkan tingkat kesehatan, kurang sehat, tidak sehat dan berbahaya bagi kesehatan.

ISPU merupakan angka tidak bersatuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambient disuatu lokasi. Penetapan kreteria ISPU didasarkan pada dampaknya terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup lainnya serta nilai estetikanya. ISPU ini bermanfaat untuk :

- ⊙ Bahan informasi kepada masyarakat tentang kualitas udara ambient dilokasi tertentu dan pada waktu tertentu;
- ⊙ Bahan pertimbangan pemerintah pusat dan daerah dalam melaksanakan penegndalian pencemaran udara.

ISPU diperoleh dari pengoperasian stasiun pemantau kualitas udara ambient secara otomatis dan berkesinambungan. Hal ini diatur dalam KEP-45/MENLH/10/1997 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara dan KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara.

Berikut ini Tabel dari Indeks Standar Pencemar Udara dan pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk setiap parameternya sebagai informasi kepada masyarakat terhadap tingkat bahaya dari pencemaran udara pada Tabel 14 dan 15 :

**Tabel 14. Indeks Standar Pencemar Udara**

Kategori	Rentang	Penjelasan
Baik	0 – 50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika
Sedang	51 – 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitive, dan nilai estetika
Tidak Sehat	101 – 199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan manusia ataupun kelompok hewan yang sensitive atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan dan nilai estetika
Sangat Tidak Sehat	200 – 299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada jumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi

Sumber : KEP-45/MENLH/10/1997 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara

**Tabel 15.** Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk setiap parameternya

Kategori	Rentang	Carbon Monoksida (CO)	Nitrogen (NO <sub>2</sub> )	Ozon (O <sub>3</sub> )	Sulfur Okasida (SO <sub>2</sub> )	Partikulat
Baik	0 – 50	Tidak ada efek	Sedikit berbau	Luka pada beberapa species tumbuhan akibat kombinasi dengan SO <sub>2</sub> selama 4 jam	Luka pada beberapa species tumbuhan akibat kombinasi dengan O <sub>3</sub> selama 4 jam	Tidak ada efek
Sedang	51 – 100	Perubahan kimia darah tapi tidak terdeteksi	Berbau	Luka pada beberapa species tumbuhan	Luka pada beberapa species tumbuhan	Terjadi penurunan pada jarak pandang
Tidak Sehat	101 – 199	Peningkatan pada gejala kardiovaskuler pada perokok yang sakit jantung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bau dan kelilangan warna</li> <li>Peningkatan aktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma</li> </ul>	Penurunan kemampuan pada atlet yang berlatih keras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bau</li> <li>Meningkatnya kerusakan tanaman</li> </ul>	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu dimanamana
Sangat Tidak Sehat	200 – 299	<ul style="list-style-type: none"> <li>Meningkatnya gejala kardiovaskuler pada orang bukan perokok yang berpenyakit jantung dan akan tampak</li> <li>Beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata</li> </ul>	Meningkatnya sensitivitas yang berpenyakit asma dan bronchitis	Olah raga ringan mengakibatkan pengaruh pernafasan pada pasien yang berpenyakit paru-paru kronis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthma dan bronchitis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthma dan bronchitis
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar				

Sumber: KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara.

### 2.1.10 Proses Perpindahan Zat Pencemar Udara di Atmosfer

Proses pencemaran gas yang terjadi di udara dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan jangkauan masing-masing sifat gas tersebut. Proses yang terjadi di udara terhadap penyebaran kontaminan dari sumbernya adalah adveksi dan disperse

yang dipengaruhi oleh kecepatan angin, namun dapat juga secara *longitudinal* melalui flux disperse.

Pengendalian transport buangan berbahaya yang dilepas dari sumbernya ke atmosfer dilakukan dengan cara adveksi dan disperse. Adveksi digambarkan dalam kecepatan angin, dan disperse adalah penyebaran kontaminan yang akan berpengaruh terhadap penurunan gradient, dalam buangan konsentrasi keudara, faktor kecepatan angin besar maka konsentrasi buangan berbahaya akan menurun. Adveksi dan dispersi adalah flux yang disebut sebagai *Flux Massa Total*.

Sementara Flux disperse dalam membandingkan diffuse molekuler yang dikembangkan dari perbedaan konsentrasi setempat merupakan perbedaan gerakan kebawah dari konsentrasi lebih tinggi ke konsentrasi lebih rendah. Percampuran kontaminan ini dinyatakan dengan hukum *Fick's*.

#### **2.1.11 Penggunaan Model Dispersi Kontaminan CO di Atmosfer**

Banks, 2002 menyatakan bahwa peraturan pada negara-negara maju saat ini telah penggunaan model yang sangat specific untuk pemantauan kualitas udara yang digunakan untuk memprediksi emisi yang dihasilkan dari kendaraan pada ruas jalan atau perencanaan transportasi yang direncanakan

Dibeberapa negara perencanaan transportasi telah menggunakan model yang dikembangkan oleh EPA's berupa MOBILE model. Di California EPA telah menyetujui penggunaan EMFAC model untuk pembangunan *California Air Resource Board*. Dua model tersebut dalam konsep perencanaannya hampir sama, namun penggunaan MOBILE model sangat fleksibel didalam menggunakan dengan memasukan unsure-unsurnya sebagai variabel, sementara EMFAC model didasarkan atas pemikiran terhadap komposisi kendaraan umum yang disesuaikan dengan kota

California.

Kedua kasus ini, menggunakan model untuk dapat memprediksi emisi CO dalam gram/kendaraan/mil untuk kendaraan yang berbeda jenisnya, termasuk dalam jenis-jenis kendaraan tersebut adalah:

- ↓ Kendaraan ringan dengan mesin berbahan bakar bensin
- ↓ Kendaraan ringan jenis truck dengan bahan bakar bensin
- ↓ Kendaraan ringan dengan mesin berbahan bakar solar
- ↓ Kendaraan berat jenis truck dengan bahan bakar solar
- ↓ Sepeda motor

Perhitungan matematis dari model adalah sebagai dasar dari emisi yang dikalikan dengan satuan faktor-koreksi yang berhubungan dengan lingkungan dan karakteristik pelaksanaan. Perhitungan factor korelasi untuk variasi pada suhu udara, tingkat penguapan bahan bakar, penggunaan AC, beban kendaraan berat, perlakuan pengoperasian kendaraan, kecepatan, umur dan akumulasi perjalanan.

Total emisi tahunan atau sehari-hari kemudian diramalkan dengan perkalian factor emisi yang dikoreksi dari total kendaraan umum untuk perjalanan tertentu dengan jenis kendaraan dan semua jenis sarana atau angkutan umum.

Pelepasan polutan berbahaya di udara diikuti oleh transfer dan disperse oleh bantuan angin yang akan menyebarkan polutan keseluruh udara dan dapat mengganggu serta berbahaya bagi kesehatan manusia. Pelepasan kontaminan ini diklasifikasikan dalam 2 (dua) kategori yang berdasarkan pada sifat buangnya, yaitu :

1. Puff (tiupan) Model, kontaminan yang diakibatkan oleh pelepasan secara mendadak seperti tumpahan kontaminan dan ledakan;

2. Plume Model, yang diakibatkan oleh pelepasan secara kontinyu dari daerah yang terkontaminasi.

Kontaminan yang keluar dengan penguapan, maka konsentrasi maksimum berada di sumbernya dan kemudian berkurang sebagai akibat dari disperse plume oleh tiupan angin. Dalam transfer kontaminan di atmosfer, angin merupakan factor yang paling penting, kecepatan kontaminan yang terdispersi masuk ke atmosfer dan dipengaruhi oleh :

- ↓ Kecepatan angin;
- ↓ Turbulensi dan ; Sifat plume

#### 2.1.12 Model Gaussian Plume

Untuk memprediksi kondisi pencemaran udara ambient akibat meningkatnya volume kendaraan maka diperlukan suatu model matematis. Banyaknya model-model yang dikembangkan baik untuk jangka panjang maupun jangka pendek umumnya menggunakan data-data meteorology. Model yang banyak digunakan adalah yang memakai dasar persamaan matematis *diffuse Gaussian*.

Model ini dikembangkan berdasarkan dari persamaan Model Gaussian dan penggunaan untuk menghitung penyebaran polutan di udara secara lokal maka di gunakan *Model Gaussian Plume*. Beberapa alasan mengapa metode ini sangat sering digunakan adalah :

- ↓ Penghitungan Model Gaussian dengan menggunakan persebaran yang sangat stabil di atmosfer;
- ↓ Tidak menggunakan fasilitas komputer untuk menghitung konsentrasi polutan;
- ↓ Sangat mudah dan dapat dihitung untuk beberapa aspek yang penting dari proses dispersi (percampuran gerakan arah angin dan atmosfer yang stabil)

### 2.1.13 Klasifikasi Zat Pencemar Udara

Berdasarkan jenisnya, zat pencemar di udara ambien dapat dibedakan atas zat pencemar berupa *partikulat* dan zat pencemar berupa *gas*, sedangkan berdasarkan pembentukannya, zat pencemar di udara dapat dibedakan atas zat pencemar *primer* dan *sekunder*.

Tabel 15. Zat pencemar primer dan sekunder

Zat Pencemar Primer	Zat Pencemar Sekunder
zat pencemar yang terbentuk di sumber emisi. Seperti CO, SO <sub>2</sub> , Nox, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> bertindak sebagai <i>precursor</i> untuk terbentuknya zat pencemar sekunder.	zat pencemar yang ada di udara ambient yang berasal dari reaksi kimia yang terjadi di atmosfer dari reaksi kimia satu atau lebih zat pencemar

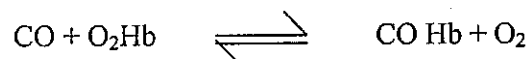
Sumber : KLH (2003)

### 2.1.14 Karakteristik Zat Pencemar Udara

#### 1. Karbonmonoksida (CO)

Gas karbonmonoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa yang terbentuk gas pada suhu di atas 192°C. komponen ini mempunyai berat 96.5% dari berat air dan tidak larut di dalam air. Konsentrasi CO di udara yang dianggap konsentrasi *blackgound* dapat mencapai

0.1 ppm, yang berasal dari proses oksidasi metana, CO (Karbon monoksida) mempunyai waktu tinggal di atmosfer berkisar antara 36-110 hari dengan reaksi :



Sumber emisi *anthronogenik* yang dominan dari CO di perkotaan adalah gas buang kendaraan bermotor. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh

Laboratorium Udara Jurusan Teknik Lingkungan ITB, sektor transportasi memberikan sumbangan mencapai 95% CO di udara perkotaan (Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya dan Medan).

Sementara dari hasil penelitian di negara industri seperti Amerika, transportasi sebagai sumber utama pencemaran gas CO terbesar dibandingkan dengan sektor-sektor lainnya, perbandingan itu dapat dilihat pada Tabel 16 sebagai berikut :

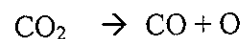
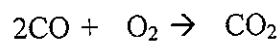
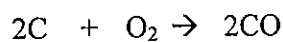
**Tabel 16.** Sumber pencemaran gas CO

Sumber pencemaran	% bagian	% total
<b>Transportasi</b>		<b>63,8</b>
- Mobil bensin	59,0	
- Mobil disel	0,2	
- Pesawat terbang	2,4	
- Kereta api	0,1	
- Kapal laut	0,3	
- Sepeda motor dll	1,8	
<b>Pembakaran stasioner</b>		<b>1,9</b>
- Batu bara	0,8	
- Minyak	0,1	
- Kayu	1,0	
<b>Proses industri</b>		<b>9,6</b>
<b>Pembuangan limbah padat</b>		<b>7,8</b>
<b>Lain-lain sumber</b>		<b>16,9</b>
- Kebakaran hutan	7,2	
- Pembakaran batu bara sisa	1,2	
- Pembakaran limbah pertanian	8,3	
- Pembakaran lain-lainnya	0,2	
	100,0	100,0

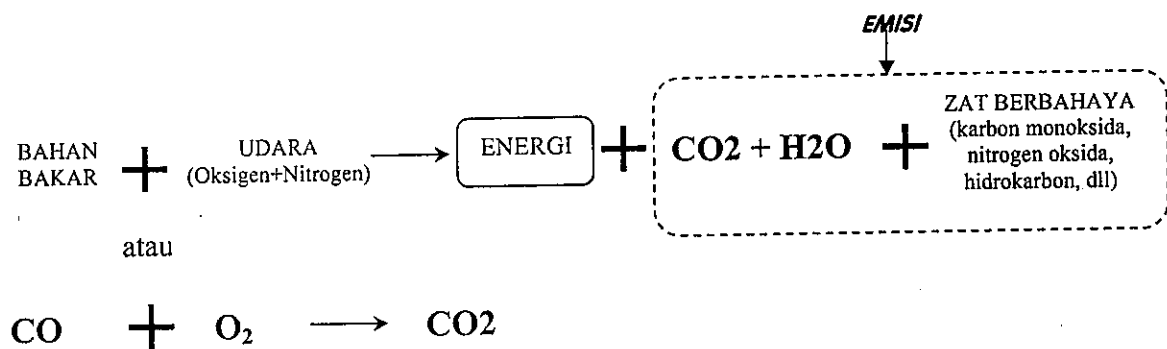
Sumber : *Ekologi Industri*, 2002,

Fardiaz, S (1992), Konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor semakin ramai kendaraan bermotor yang ada, semakin tinggi tingkat polusi CO di udara. Komponen utama bahan bakar fosil ini adalah hydrogen (H) dan karbon (C). Pembakarannya akan menghasilkan senyawa HC, CO, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>),

serta NOx pada kendaraan bahan bakar bensin. Penyebab tingginya HC antara lain pengapian tidak tepat, kompresi lemah, maupun kabel busi yang sudah aus. HC terbentuk selama pembakaran tidak sempurna sehingga bensin tidak terbakar habis. Sedangkan kadar CO akan bertambah tinggi jika dalam proses pengapian komposisi bahan bakar lebih banyak ketimbang udara ( $O_2$ ) yang diperlukan untuk mengubah CO menjadi  $CO_2$ . Akibatnya, CO yang terbuang meningkat. Selain itu karburator (*injector*), saringan udara atau bensin yang kotor, serta kualitas bensin yang rendah juga bisa jadi penyebab meningkatnya CO. Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar dapat diuraikan sebagai berikut :



Lebih jelasnya ilustrasi dari proses pembakaran bahan bakar yang terjadi dalam mesin kendaraan adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Proses pembakaran bahan bakar pada mesin kendaraan

Fardiaz, S (1992), gas CO dapat dihilangkan dengan alam, reaksi CO yang terjadi dengan bantuan mikroorganisme yang ada dalam tanah dapat menghilangkan CO dari udara secara cepat, sebagai contoh pot yang berisi tanah 2,8 kg ditempatkan dalam ruang yang mengandung 120 ppm CO, ternyata dalam waktu 3 jam semua CO dalam ruangan tersebut hilang. Dari penelitian tersebut berhasil diisolasi sebanyak 200 organisme, dan ternyata yang aktif dalam pembersihan CO adalah fungi sebanyak 16 species.

Kristanto (2002), walaupun tanah dengan mikroorganisme di dalamnya dapat berfungsi dalam pembersihan CO di atmosfer, tetapi kenaikan konsentrasi CO di udara masih tetap terjadi dan kecendrungan meningkat. Hal ini disebabkan karena tanah dengan ruang terbuka yang tersedia tidak tersebar dengan merata, bahkan di daerah-daerah di mana produksi CO sangat tinggi kadang-kadang persediaan ruang terbuka sangat kecil.

## 2. Timah Hitam / Timbal (Pb)

Kandungan timbal dalam udara seharusnya rendah karena tekanan uapnya rendah, untuk mencapai tekanan 1 torr, timbal atau komponen-komponen timbal membutuhkan suhu lebih dari 800°C. Beberapa sifat dari timbal antara lain :

- Titik cairnya rendah sehingga jika akan digunakan dalam bentuk cair maka hanya membutuhkan teknik yang sangat sederhana.
- Merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah keberbagai bentuk
- Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab.
- Timbal dapat membentuk *alloy* dengan logam lainnya, dan alloy yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda dengan timbal yang murni.

- *Densitas* timbal lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya, kecuali bila dibandingkan dengan emas dan merkuri.

Bahan bakar mobil yang secara umum disebut bensin adalah senyawa hidrokarbon yang kandungan oktana atau isooktananya tinggi. Senyawa oktana adalah senyawa hidrokarbon yang digunakan sebagai patokan untuk menentukan kualitas bahan bakar (bensin) yang dikenal dengan istilah angka oktana. Isooktana dianggap sebagai bahan bakar yang paling baik, karena hanya pada kompresi tinggi memberikan ketukan pada mesin mobil (*knocking* atau *ping*).

Untuk mengurangi ketukan atau menaikkan angka oktana, bahan bakar dapat juga diberi bahan tambahan (*aditif*) atau sering juga disebut dengan senyawa anti ketukan atau *anti knocking compound* berupa TEL (*Tertra Ethyl Lead*)  $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$  yang ditemukan oleh *Thomas Midgley* dan *Boyd* Tahun 1922.

Hidrokarbon yang terhalogenkan ini (setelah diberi *ethyl fluid*) menyebabkan timbal (Pb) akan diubah menjadi timbal dibromida yang relative mudah menguap sehingga mudah keluar dari silinder mesin mobil melalui knalpot.

Fardiaz, 1992 gas timbal terutama berasal dari pembakaran bahan aditif bensin dari kendaraan bermotor yang terdiri dari tetrametil Pb. Polusi Pb yang terbesar berasal dari pembakaran bensin, dimana dihasilkan berbagai komponen Pb, terutama  $\text{PbBrCl}$  dan  $\text{PbBrCl} \cdot 2\text{PbO}$ . Emisi yang dikeluarkan berupa asap menunjukkan komposisi Pb yang mengalami reaksi setelah 18 jam dari awal kendaraan distater menunjukkan komponen Pb dalam jumlah tinggi dalam asap kendaraan yang mengandung Pb oksikarbonat ( $\text{PbCO}_3 \cdot \text{PbO}$ ), Pb okside ( $\text{PbOx}$ )

dan Pb karbonat ( $\text{PbCO}_3$ ). Berikut komponen Pb dalam asap kendaraan yang disajikan dalam Tabel 17 sebagai berikut :

Tabel 17. Komponen Pb di dalam asap mobil

Komponen Pb	Percent dari total partikel Pb di dalam asap	
	Segera setelah distater	18 jam setelah distater
PbBrCl	32,0	12,0
PbBrCl.2PbO	31,4	1,6
PbBrCl <sub>2</sub>	10,7	8,3
Pb(OH)Cl	7,7	7,2
PbBr <sub>2</sub>	5,5	0,5
PbCl <sub>2</sub> .2PbO	5,2	5,6
Pb(OH)Br	2,2	0,1
PbO <sub>x</sub>	2,2	21,2
PbCO <sub>3</sub>	1,2	13,8
PbBr <sub>2</sub> .2PbO	1,1	0,1
PbCO <sub>3</sub> .2PbO	1,0	29,6

*Anonim (1971) dalam Stoker dan Seager (1972) dalam Fardiaz, S(1992) Polusi dan air*

Konsentrasi Pb di dalam darah merupakan indicator yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi Pb di dalam urin. Jumlah Pb minimal di dalam darah yang dapat mengakibatkan timbulnya gejala keracunan biasanya berkisar antara 60 sampai 100 mikrogram per 100 ml darah untuk orang dewasa. (Gambar 18). Sementara toksisitas dari kelompok polutan berbeda-beda dan yang paling rendah toksisitasnya adalah karbon monoksida (Gambar19) :

Tabel 18. Kategori pencemaran Pb di dalam darah orang dewasa

Kategori	Konsentrasi Pb di dalam darah (ug/100 ml)	Keterangan
A. (normal)	< 40	Populasi normal tanpa pencemaran Pb pada konsentrasi abnormal
B (dapat diterima)	40 - 80	Absorpsi meningkat karena polusi Pb pada tingkat abnormal, tapi masih berbahaya
C (berlebihan)	80 - 120	Absorpsi meningkat karena polusi Pb yang berlebihan, sering disertai gejala ringan, kadang-kadang gejala berat
D (berbahaya)	> 120	Absorpsi pada tingkat berbahaya dengan gejala ringan dan berat, serta efek sampingan yang lama

Mills (1971) Fardiaz, S (1992) Polusi dan Air

Tabel 19. Toksisitas relative polutan udara

Polutan	Level Toleran		Toksisitas relatif
	ppm	ug/m <sup>3</sup>	
CO	32,0	40.000	1,00
HC		19.300	2,07
SO <sub>x</sub>	0,50	1,430	28,0
NO <sub>x</sub>	0,25	514	77,8
Partikel		375	106,7

Babcock (1971). Fardiaz, S (1992) Polusi dan Air

Timbal (Pb) adalah suatu logam berat yang sangat berbahaya dan merupakan peracun syaraf (*neurotoxin*). Timbal yang dilepas dari emisi kendaraan bermotor terutama di kota besar yang tingkat kepadatan lalu lintas tinggi beresiko terhadap kesehatan. Karena Pb dari emisi akan terlepas ke udara ambient, sedangkan diketahui sekitar 80% Pb di udara ambient terabsorpsi melalui sistem pernafasan tanpa terdetoksifikasi terlebih dahulu.

Adanya unsur timbal selain berbahaya bagi kesehatan juga tidak bisa dipasangnya peralatan pengurang emisi gas buang, seperti *catalytic converter*. Padahal alat tersebut mampu menurunkan kadar polutan sampai 0%. Bank dunia (2003) dalam penelitiannya menyatakan polusi timbal dalam atmosfer di Jakarta meningkat dari  $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dalam tahun 1998 menjadi  $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dalam tahun 2000, yang terutama berkaitan dengan meningkatnya volume kendaraan bermotor di jalan.

Butiran asap yang mengandung logam mempunyai diameter 0,1-1 mikro meter. Davidson & Osborn (1986) partikel timbal mempunyai ukuran yang sangat kecil dengan ukuran sama dengan partikel aerosol. Rahn (1976) diameter partikel logam termasuk Pb dapat melayang di udara dalam waktu sekitar 7 hari dan terbawa angin mencapai jarak ribuan kilometer.

#### **2.1.15 Dampak Emisi Kendaraan (CO dan Pb) Bermotor Pada Kesehatan**

CO dan Pb dari emisi kendaraan bermotor menimbulkan dampak terhadap kesehatan manusia, Kristanto (2002) diketahui bahwa manusia akan mati bila terkena gas CO dengan konsentrasi yang tinggi namun pada konsentrasi yang relative lebih rendahpun dapat mengganggu kesehatan (100 ppm atau kurang).

Pengaruh CO terhadap tubuh disebabkan reaksi CO dan *haemoglobin* (Hb) dalam darah. Dengan adanya CO, haemoglobin yang membentuk *karboksihaemoglobin* (COHb) maka kemampuan darah untuk mentranspor oksigen dari paru-paru kesel tubuh menjadi berkurang. Guna mengetahui pengaruh CO

terhadap tubuh manusia adalah dengan mengetahui COHb dalam darah, dimana semakin tinggi presentase haemoglobin yang terikat dalam darah semakin parah

pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Berikut ini: pengaruh konsentrasi COHb dalam darah terhadap kesehatan manusia pada Tabel 20 sebagai berikut :

**Tabel 20.** Pengaruh konsentrasi COHb dalam darah terhadap kesehatan manusia

Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Pengaruhnya terhadap kesehatan
<1,0	Tidak ada pengaruh
1,0-2,0	Penampilan agak tidak normal
2,0-5,0	Berpengaruh terhadap sistem syaraf sentral, rekasi pancaindra tidak normal, pandangan kabur
>5,0	Perubahan fungsi jantung
10,0-80,0	Kepala pusing, mual, berkunang-kunang, pingsan, sukar bernafas dan kematian

Sumber: *Ekologi Lingkungan*, 2002

Sementara itu dampak yang diakibatkan oleh gas CO dan Pb dapat disajikan dalam Tabel 21 berikut ini :

**Tabel 21.** Dampak gas CO dan Pb terhadap kesehatan

Jenis Emisi	Dampak pada Kesehatan
Karbon monoksida (CO)	CO dapat menyebabkan radang tenggorokan. Yang lebih berbahaya lagi, bila kadarnya tinggi, gas CO mampu melumpuhkan sistem pembuluh darah serta meredam kemampuan sel darah merah mengedarkan oksigen ke seluruh tubuh. Dalam sel darah merah, CO mudah membentuk karboksi-hemoglobin (CO-Hb) yang terbukti sangat mempengaruhi distribusi oksigen dalam darah ke jantung. Meningkatnya CO-Hb sampai 9% saja di dalam darah dalam waktu satu dua menit, bisa menimbulkan kekurangan oksigen pada sinus koronaria di jantung serta teralangnya penambahan oksigen pada pembuluh darah koroner. Gas CO mudah sekali menyatu dengan Hb sekalipun dalam kadar yang rendah. Ini terjadi lantaran zat besi (Fe) dalam Hb memicu daya tarik CO menjadi 200 kali lebih besar dibandingkan daya tarik O <sub>2</sub> . *)
Timah hitam (Pb)	Mempengaruhi fungsi reproduksi, peredaran darah, jaringan saraf, dan fungsi ginjal. Timah hitam juga diduga mencetuskan sifat hiperaktif dan menurunkan kemampuan belajar anak-anak. Bisa masuk lewat saluran pernapasan dan pencernaan. **)

Sumber : \*) Fardiaz, S 1992, *Polusi Air dan Udara*

\*\*) *Valuing the Economic Impact of Environmental Problems: Asian Cities, 1995*

### 2.1.16 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penyebaran Polutan

Pada daerah perkotaan kecepatan pembersihan CO sangat lambat, kecepatan disperse dipengaruhi langsung oleh faktor-faktor meteorology seperti kecepatan arah angin, turbulensi udara dan stabilitas atmosfer. Dikota-kota besar meskipun turbulensi udara dan stabilitas atmosfer bergerak dan aliran udara di atas dan di sekeliling bangunan, tetapi karena keterbatasan ruang maka gerakan udara terbatas, sehingga konsentrasi CO di udara dapat meningkat. (Beroya, 2000).

Banyaknya dinding di daerah perkotaan akan mengubah keseimbangan pemanasan secara berarti pada siang hari, gelombang sinar matahari akan mengalami pemantulan berulang kali oleh permukaan tanah dan dinding-dinding tinggi, sehingga gelombang sinar yang dapat terlepas langsung ke atmosfer sangat berkurang. Panas da pada siang hari tertahan dan tersimpan dalam waktu lama dan akan meningkatkan temperature minimum pada malam hari, fenomena ini akan berlangsung selama musim panas. Berikut ini beberapa faktor yang mempengaruhi penyebaran polutan (Witono, Djoko, dalam *Karakteristik Pencemaran Udara Di PLTU UJB-1 Tambak Lorok Semarang*), UNDIP, 2003) adalah :

#### 1. Suhu Udara

Suhu udara suatu tempat bervariasi dari waktu ke waktu dan berbeda-beda dengan tempat lain, tergantung dari energi surya yang diterima serta karakteristik, wilayah yang bersangkutan, namun lapisan trosfer (suhu) secara normal akan menurun dengan bertambahnya ketinggian tempat, akan tetapi kadang-kadang suhu udara semakin panas pada tempat yang lebih tinggi, atau adanya lapisan udara panas di lapisan udara dingin atau yang disebut dispersi.

## 2. Tekanan Udara

Tekanan udara juga mengalami penurunan terhadap ketinggian atau setiap kenaikan 11 meter tekanan udara turun 1 mm Hg (pada lapisan udara bawah). Pada tempat-tempat terjadi konveksi karena faktor suhu, tekanan udara di tempat itu akan turun, dan lebih rendah dari udara sekitarnya. Perbedaan tekanan udara antara tempat yang satu dengan tempat yang lain menyebabkan terjadinya gerakan udara atau angin. Udara akan bergerak dari tekanan yang tinggi menuju ke daerah yang bertekanan rendah.

## 3. Angin

Pada dasarnya angin dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) yaitu angin tetap dan angin lokal. Angin tetap merupakan angin yang berhembus sepanjang tahun dengan arah yang tetap. Dalam kaitannya dengan pencemaran udara yang lebih menonjol adalah pengaruh angin lokal. Angin Lokal adalah yang terjadi di lokasi-lokasi tertentu. Diantara angin lokal yang berperan besar terhadap penyebaran polutan adalah :

- Angin Darat : Angin yang berhembus dari darat menuju ke laut pada malam hari
- Angin Laut : Angin yang berhembus dari laut menuju darat pada siang hari dengan jarak jangkauan mencapai 30 meter
- Angin Gunung : Angin yang bertiup dari puncak gunung yang menuju lembah bertiup pada malam hari
- Angin Lembah : Angin yang bertiup dari lembah menuju gunung pada siang hari

Arah dan kecepatan angin sangat penting dalam permodelan kualitas udara, karena arah dan kecepatan angin ini menentukan besar atau kecilnya (jauh

dan dekatnya) transportasi suatu polutan dari suatu tempat ke tempat lain yang pada akhirnya akan mempengaruhi kualitas udara ambien.

## 2.2. Pembahasan Penelitian Terdahulu Yang Relevan

Sidjabat (2000), pada kendaraan komposisi gas buang atau emis kendaraan bermotor tergantung dari kondisi pengoperasian mesin kendaraan bermotor, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 22 sebagai berikut :

**Tabel 22.** Pengaruh kondisi pengoperasian mesin terhadap komposisi Gas buang kendaraan bermotor

No.	Unsur	Idle (diam)	Akselerasi (Percepatan)	Operasi Normal	Perlambatan
1.	Rasio udara bahan bakar	11/1-12,5/1	11/1-13/1	13/1-15/1	11/1-12,5/1
2.	Kecepatan mesin, rpm	400-500	400-3000	1000-3000	3000-4000
3.	Aliran udara, cfm	6-8	30-35	15-35	6-8
4.	Vacum silinder, mHg	16-29	0-7	7-19	20-25
5.	Analisa gas buang : - CO, % - BO, ppm - Hidrocarbon, ppm	4-6 10-50 500-1000	0-6 1000-4000 50-500	1-4 1000-3000 200-300	2-4 10-50 4000-12000
6.	Bahan bakar yang tidak terbakar, % bahan bakar yang dipasok	4-6	2-4	2-4	20-60

*Oberlin Sidjabat, 2000,*

Sementara Witono, D (2003) Gas buang umumnya terdiri dari gas Karbonmonoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Sulfur Oksida (SO<sub>2</sub>), Nitrogen Oksida (Nox), Partikel dan Timah Hitam (Pb). Besarnya dan jenis gas buang kendaraan tergantung dari jenis bahan bakar yang dipakai (bensin, solar) serta proses pembakarannya yang dapat dilihat dalam Tabel 23 sebagai berikut :

Tabel 23. Kontribusi gas buang berdasarkan jenis bahan bakar

Jenis Gas Buang	Kontribusi Berdasarkan Jenis BBM	
	Bensin (%)	Solar (%)
Karbon Monoksida (CO)	89,0	11,0
Hidrokarbon	73,0	27,0
NOx	61,0	39,0
SO <sub>2</sub>	15,0	85,0
Timah Hitam (Pb)	100,0	0,0
CO <sub>2</sub>	53,0	47,0
Asap	1,0	99,0

Sumber : Witono, D 2003 (Pertamina Jakarta, 2001)

Bambang (2002), Emisi gas buang kendaraan bermotor yang lancar (lancar) dibanding yang dalam kondisi jalan macet mempunyai perbedaan 12 kali lipat hal tersebut disebabkan karena pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di kota-kota besar di Indonesia tidak sebanding dengan penambahan jalan per-tahunnya sebagai contoh, pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor berkisar antara 8 sampai 12% per tahun. Sebaliknya, penambahan jalan hanya 3% sampai 5% saja per tahunnya. Keadaan ini sebagai penyebab kemacetan yang ujung-ujungnya menimbulkan polusi udara.

### 2.2.1. Pencemaran Emisi CO

BAPEDAL, JICA Final Report (1997), meneliti jenis pencemar dan emisi untuk berbagai kombinasi mesin/bahan bakar, serta distribusi polutan dari kendaraan bermotor, konsumsi bahan bakar bensin solar menghasilkan emisi CO yang dapat dilihat dalam Tabel 24 dan 25 sebagai berikut :

**Tabel 24.** Ringkasan jenis pencemar dan emisi untuk berbagai kombinasi mesin bahan bakar

Jenis Mesin	Jenis Bahan Bakar	Jenis Kendaraan	Emisi Penting
Mobil 4 Tank	Bensin	Mobil (truk, motor)	HC, CO, NOx, Pb
Disel	Oli Disel	Truk, bus, traktor, mobil	NOx, SOx, Debu
2 Tak	Bensin+Oli	Sepeda Motor	HC, CO, NOx, Debu

Sumber : Bapedal, 1999

**Tabel 25.** Beban polusi udara dari kendaraan bermotor di Jawa Tengah

Mobil dan Truk	CO (ton/th)
Bensin	356160,6
Solar	49150,0
<b>Total :</b>	<b>405310,7</b>

Sumber : NKLHD, 2000

Selain itu, Tingginya kadar CO ketika mobil sedang diam di jalan yang disebabkan kendaraan berhenti karena kepadatan lalu lintas ternyata memberikan sumbangan yang paling besar, dimana konsentrasi emisi kendaraan bermotor dalam keadaan berbagai operasional dapat dijelaskan sebagaimana Tabel 26 sebagai berikut :

**Tabel 26.** Perbandingan emisi dari mesin bensin dan disel dalam berbagai keadaan operasional

Jenis Mesin	Polutan	Stasioner	Akselerasi	Cruising	Deselerasi
Bensin	CO (%)	6,9	2,9	2,7	3,9
Disel	CO (%)	0	0,1	0	0

Sumber : BAPEDAL, JICA Final Report (1997)

EPA Report, (1990) mengemukakan bahwa pemakaian bahan bakar gas (BBG) untuk menggeser BBM, dengan alasan gas buangnya rendah polutan. Seperti CO hanya 7% (bensin 96%) untuk setiap gram per kilometer. Untuk setiap *giga joule* energi yang dihasilkan, secara kumulatif bensin (premium) menghasilkan CO 10.400 gram, sementara BBG hanya 4 (empat) gram.

Dalam penelitian Chan (2002) membandingkan konsentrasi emisi pada tahun 1990 dan 2001 di dua lokasi di *Cotton Tree Drive* dan *Cross Harbour Tunnel di Hong Kong*. Hasilnya menunjukkan terjadi pengurangan CO, HC, dan NOx, berkisar antara 90 hingga 98%. Reduksi gas-gas tersebut karena adanya ketentuan pembatasan penggunaan mobil keluaran tahun 1990 ke-atas dan kewajiban penggunaan bahan bakar tanpa timbal sejak tahun 1992 di Hongkong.

Asmoro (2002), menemukan bahwa :

- 1). Volume lalu lintas dan konsentrasi karbonmonoksida ambien menunjukkan tingkat korelasi yang cukup signifikan;
- 2). Rasio volume per kapasitas sebagai parameter kinerja lalu lintas mempunyai hubungan yang signifikan terhadap konsentrasi karbonmonoksida ambien artinya adalah kinerja ruas jalan yang semakin buruk maka semakin meningkat konsentrasi CO pada ruas jalan;
- 3). Kecepatan rata-rata kendaraan mempunyai korelasi yang kuat terhadap konsentrasi karbonmonoksida, namun mempunyai hubungan berbanding terbalik, yaitu semakin rendah kecepatan rata-rata maka semakin tinggi konsentrasi karbonmonoksida dan sebaliknya.
- 4). Pada kondisi ruas jalan di perkotaan kecepatan angin tidak mempunyai hubungan yang kuat terhadap konsentrasi karbonmonoksida (CO);
- 5). Kecepatan rata-rata kendaraan dan v/c ratio merupakan aspek lalu lintas yang mempunyai korelasi paling signifikan terhadap CO ambien

### **2.2.2. Pencemaran Emisi Pb**

Timah (Pb) dalam konsentrasi yang tinggi dapat mengkontaminasi tanah dan debu di kiri-kanan jalan yang padat lalu lintasnya. Prijanti,A (2000) dalam pelitiannya

tentang timah hitam (Pb) di beberapa kota padat lalu lintas di Indonesia menemukan bahwa konsentrasi Pb di kota Semarang yang di ambil dari sampel tanah di jalan padat lalu lintas terdeteksi 548 ppm, kendaraan yang lewat merupakan kendaraan berbahan bakar bensin, sedangkan menurut Sulzer (1987), dalam setiap kilometer jarak tempuh polutan timah hitam (Pb) yang dihasilkan bensin sebesar 0,09 gram sementara BBG bebas Pb.

Priyanto,B (2002), penyediaan lahan basah buatan atau rawa dapat mengurangi pencemaran timbal yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor, karena daerah rawa banyak tanaman tumbuh yang berfungsi mengisap logam berat. Lahan basah menjadi media bagi pertumbuhan tanaman dan mikroba yang dapat menurunkan konsentrasi limbah dalam kolam air. Metabolisme mikroba secara aerobik juga mendetoksifikasi senyawa-senyawa yang beracun bagi tanaman.

### **2.3. Dampak CO dan Pb Terhadap Lingkungan**

#### **2.3.1. Dampak Terhadap Tumbuhan**

Slamat NR, dkk (2002) dalam penelitiannya terhadap kadar timbal (Pb) rata-rata dalam daun pohon angkana (*Pterocarpus indicus*) diberbagai jalan di Kota Palembang adalah 0,092 mg/g, sementara Aslihati, dkk (2003) dalam penelitiannya terhadap kadar timbal dalam daun pisang sepanjang jalan Inderalaya-Palembang menunjukkan konsentrasi rata-rata 0,006 ppm sampai 0,391 ppm. Walau semuanya masih dibawah ambang batas yang dipersyaratkan.

Sementara hasil penelitian Rukaesih Ahmad dari Pusat Studi Lingkungan Universitas Indonesia (PSL-UI) tahun 1994 menunjukkan adanya timbal dalam sayuran yang ditanam di tepi jalan, caisim, kangkung, dan bayam yang ditanam di tepi

jalan berkadar timbal rata-rata 28,78 ppm, jauh di atas ambang batas yang ditetapkan Ditjen Pengawasan Obat dan Makanan, Depkes RI, yakni 2 ppm.

Penggunaan jalur hijau di sekitar fasilitas industri atau pembangkit energi mempunyai kontribusi terhadap kualitas udara sementara sumber pencemar yang berasal dari rumah tangga, hutan merupakan metoda yang efektif mengurangi pencemaran lingkungan.

Daya dukung hutan dalam mengurangi pencemaran dari sumber tersebar dari rumah tangga dapat disajikan dalam Tabel 27 sebagai berikut :

**Tabel 27.** Prakiraan penghilangan cemaran gas untuk hutan model

Cemaran	Penghilangan cemaran gas oleh hutan model (ton/tahun. Ha)
Ozon	96.000
Sulfur oksida	748
Karbon monoksida	2,2
Nitrogen oksida	0,38
Peroksiacetyl nitral	0,17

Sumber : US. Environmental Protection Agency (1978)

### 2.3.2. Dampak Terhadap Kesehatan Manusia

Penelitian dalam dunia kedokteran membuktikan, timbal dapat menyebabkan gangguan kesehatan, khususnya pada wanita dan balita. Ion-ion timbal terserap dan tersebar mengikuti gerakan kalsium dalam sistem saraf sehingga akan mempengaruhi biokimia dan perkembangan sel-sel otak balita. Selain itu, kandungan timbal yang cukup tinggi dalam darah dapat menonaktifkan vitamin D. Jika melampaui ambang batas normalnya maka akan menimbulkan gangguan seperti *anemia, keracunan pada susunan syaraf, kerusakan otak, dan gangguan mental*. Menurut WHO, kandungan

normal Pb dalam darah adalah 10-25 mg per *desiliter* darah (*website BMG, Polusi Udara dan Sumbernya:*)

Ancaman timbal bisa dialami mereka yang bersinggungan langsung dengan sumber pencemar timbal. Menurut penelitian Budi Haryanto dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia (FKM-UI), sekitar 30 - 46% pengemudi dan polisi serta 50% pedagang kaki lima di Bandung memiliki kadar timbal dalam darahnya di atas ambang normal, yakni lebih besar dari 40 mikrogram per desiliter darah.

Dalam bulan Juni 2001, Pusat Pengawasan dan Pencegahan Penyakit di Amerika Serikat (CDC) melakukan studi tentang tingkat timbal dalam darah pada anak-anak umur dibawah 6 tahun yang tinggal di Jakarta mencapai  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sementara Sunarto (1990), dalam penelitiannya tentang pengaruh gas CO udara terhadap status kesehatan polisi yang bertugas di jalan raya di Kotamadya Yogyakarta menunjukkan makin besar kadar CO udara dengan pengaruh kuat ( $r = 0,7634$  makin besar pula kadar CO darah polisi dengan koefisien betha =  $0,171$   $P < 0,05$

#### 2.4. Original penelitian

Dampak pencemaran udara akibat kemacetan lalu lintas yang sering terjadi pada lingkungan jalan telah banyak dilakukan peneliti-peneliti sebagai indikator kerusakan lingkungan, banyaknya faktor penyebab kemacetan membuat permasalahan ini semakin hari semakin menjadi suatu permasalahan yang kompleks, peneliti-peneliti terdahulu banyak mengangkat permasalahan banyaknya kendaraan dan tindakan

pencegahan kendaraan agar pencemaran udara tidak semakin meningkat, namun kepadatan yang diakibatkan oleh aktifitas atau kegiatan pemakai jalan yang dilakukan bersamaan pada waktu tertentu (jam-jam) dalam ruas jalan yang sama perlu dilakukan uji dan penelitian yang sesungguhnya.

## BAB III

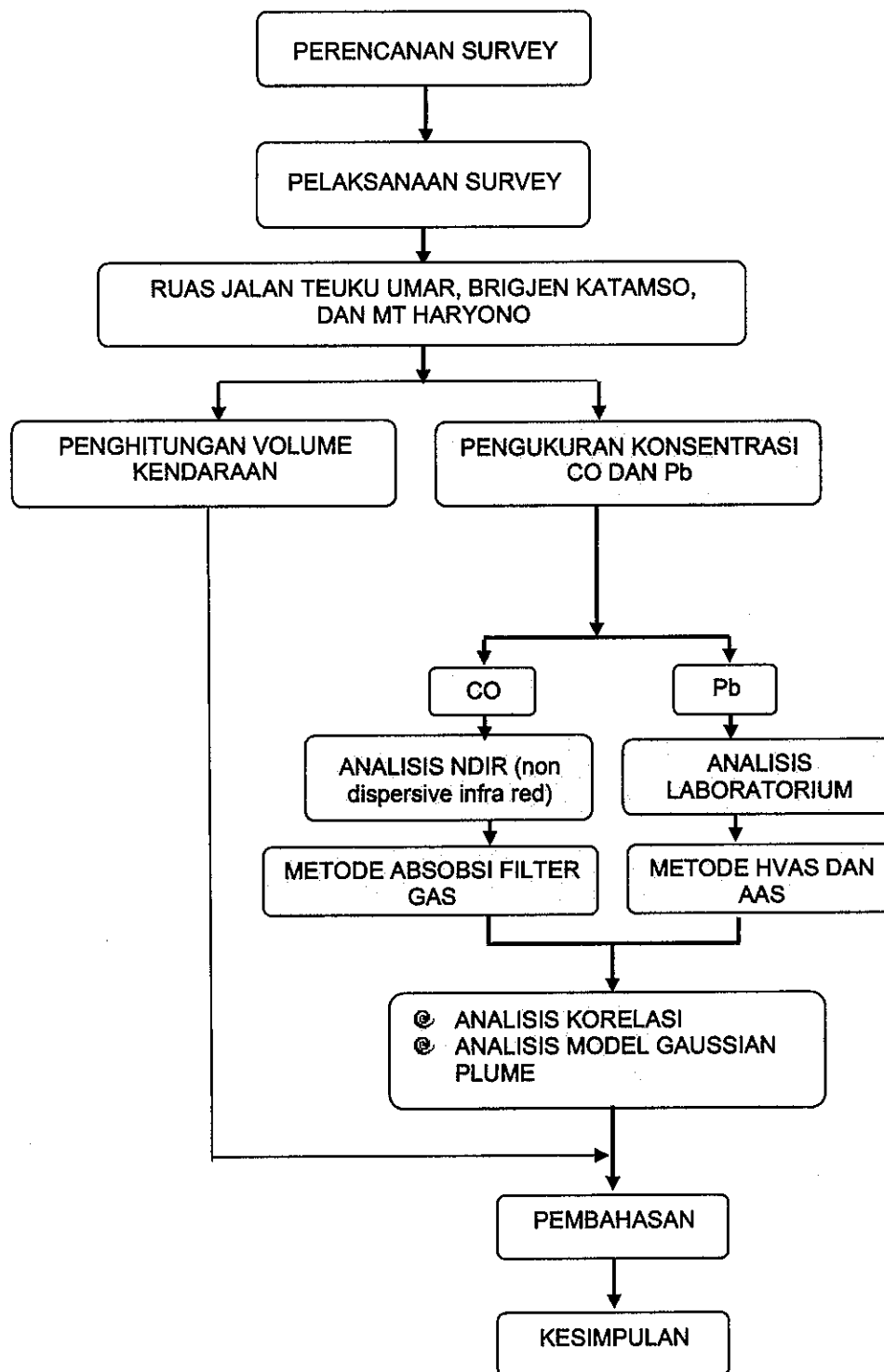
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Rancangan Penelitian

Kepadatan lalu lintas yang terjadi pada ruas-ruas jalan biasanya bersifat fluktuatif, dimana kepadatan yang tinggi hanya terjadi pada saat aktifitas masyarakat yang tinggi dan terjadi pada jam-jam tertentu. Salah satu penyebab utama kepadatan lalu lintas yang bersifat sesaat adalah pemakaian jalan secara bersamaan. Namun sering juga kepadatan yang terjadi bersifat kontinyu, hal ini lebih banyak disebabkan oleh kemampuan jalan yang sudah tidak layak lagi menampung kendaraan yang terus bertambah.

Mengingat dampak dari peningkatan aktifitas lalu lintas yang tinggi tersebut berpengaruh terhadap peningkatan polutan di udara (*ambient*) sehingga kualitas udara menurun, maka perlu diwaspadai. Untuk mengetahui penurunan kualitas udara ambien akibat aktifitas lalu lintas, tingkat kepadatan lalu lintas dan waktu terjadinya, serta konsentrasi polutan di udara ambien yang menyebabkan penurunan kualitas udara perlu dilakukan penelitian.

CO dan Pb udara ambien merupakan parameter utama yang diamati pada penelitian ini. Selain itu pengukuran kepadatan lalu lintas juga dilakukan dengan cara penghitungan volume kendaraan dari berbagai jenis yang melintas. Adapun rancangan penelitian dapat dijelaskan sebagaimana Gambar 6 sebagai berikut ini :



Gambar 6. Alur pikir pedekatan penelitian

### 3.2. Ruang Lingkup/Fokus Penelitian

Ruang lingkup dan fokus penelitian meliputi :

1. Pengukuran kualitas udara (ambien) untuk parameter CO dan Pb di ketiga ruas jalan lokasi penelitian.
2. Penghitungan volume kendaraan yang melintas di ketiga ruas jalan di lokasi penelitian.
3. Analisis terhadap waktu aktifitas pengguna jalan, kondisi kualitas udara ambien untuk parameter CO dan Pb, dan volume kendaraan bermotor yang melintas di ketiga ruas jalan lokasi penelitian.

### 3.3. Lokasi Penelitian

Kreteria pemilihan lokasi yang didasari oleh besarnya LHR (Lalu lintas harian rata-rata) per tahun, perkembangan jalan dan fungsi jalan yang disesuaikan dengan tema penelitian menjadikan landasan pemilihan ruas-ruas jalan di Kota Semarang, berikut ini beberapa lokasi dan alasan pemilihan yang disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 28. Pertimbangan pemilihan lokasi penelitian berdasarkan LHR

No	Ruas Jalan	2001 <sup>1)</sup>	2002 <sup>1)</sup>	2001 <sup>2)</sup>	2001 <sup>3)</sup>	2002 <sup>3)</sup>	Alasan
1.	Sugiopranoto	71.296 (1)	31.130 (4)	51.617 (2)	-	30.370 (4)	Sejarah pengalihan pergerakan lalu lintas dari Utara ke Timur
2.	Teuku Umar	61.824 (2)	35.368 (3)	47.146 (3)	86.642	-	Kecendrungan lalu lintas padat dan merupakan pintu masuk kota dari arah Selatan
3.	Brigjen Katamso	56.440 (3)	39.566 (2)	-	-	30.826 (3)	Kecendrungan lalu lintas padat dan merupakan pintu masuk kota dari arah Timur
4.	MT. Haryono	54.907 (4)	24.968 (5)	29.228 (4)	71.637	32.297 (2)	Kecendrungan lalu lintas padat dan berada di dalam kota dengan penggunaan lahan yang beragam
5.	Kaligawe	54.600 (5)	46.615 (1)	51.762 (1)	-	33.033 (1)	pergerakan arus lalu lintas sebagai jalur angkutan industri ke arah Timur.

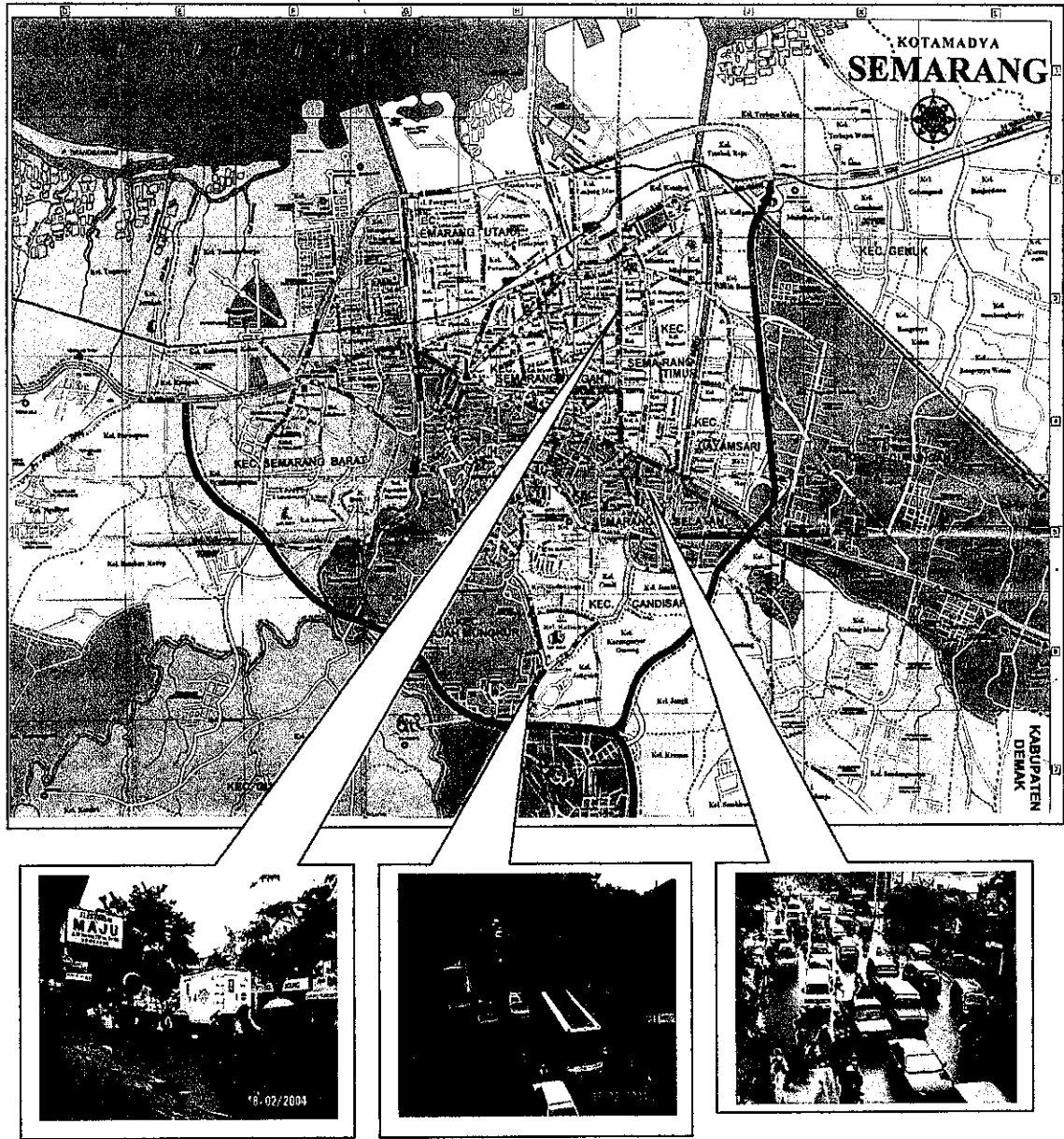
1. Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah

2. Dinas Perhubungan Kota Semarang

3. Ditjen Praswil Jakarta

4. (1) Peringkat LHR

Dari hasil penyajian data sekunder seperti tersebut diatas maka pemilihan ruas jalan yang digunakan untuk penelitian adalah ruas jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono. Berikut ini gambar/ilustrasi lokasi dari tiga ruas jalan yang terpilih untuk selanjutnya dilakukan penelitian terhadap kualitas udara akibat transportasi darat terhadap waktu aktifitas pengguna jalan.



Jalan MT. Haryono

Jalan Teuku Umar

Jalan Brigjen Katamso

Gambar 7. Lokasi penelitian

### 3.4. Variabel Penelitian Yang Diamati

Variabel penelitian yang diamati meliputi :

1. Variabel yang mempengaruhi yaitu waktu penelitian dan lokasi jalan
2. Variabel yang dipengaruhi yaitu volume kendaraan, dan konsentrasi CO dan Pb.

### 3.5. Jenis dan Sumber Data

Data primer dan data sekunder yang digunakan dalam penelitian dapat disajikan dalam Tabel 29 sebagai berikut :

**Tabel 29.** Data primer dan sekunder yang digunakan

No	Jenis Data	Sumber Data
<b>A.</b>	<b>Data Primer</b>	
	1). Penghitungan volume kendaraan ( <i>Traffic Accounting</i> )	Hasil penelitian
	2). Pengukuran konsentrasi CO dan Pb di udara ambien	Hasil penelitian
	3). Pencatatan waktu dalam penghitungan volume kendaraan dan pengukuran udara ambien	Hasil penelitian
<b>B.</b>	<b>Data Sekunder</b>	
	1). Peta Rupa Bumi Kota Semarang	Bakosutanal
	2). Peta Kota Semarang	Komersil
	3). Peta Jaringan Jalan Kota Semarang	Ditjen Perkotaan Pedesaan Dep Kimpraswil
	4). LHR ruas-ruas jalan Kota Semarang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah</li> <li>• P3JJ Propinsi Jawa Tengah</li> <li>• Dinas Perhubungan Kota Semarang</li> </ul>
	5). NKLD Propinsi Jawa Tengah	Bapedalda Propinsi Jawa Tengah
	6). Demografi	BPS Kota Semarang
	7). Kualitas Udara Ambien Kota Semarang	Bapedalda Kota Semarang
	8). Kondisi jalan	Dinas Perhubungan Kota Semarang

### 3.6. Instrumen Penelitian

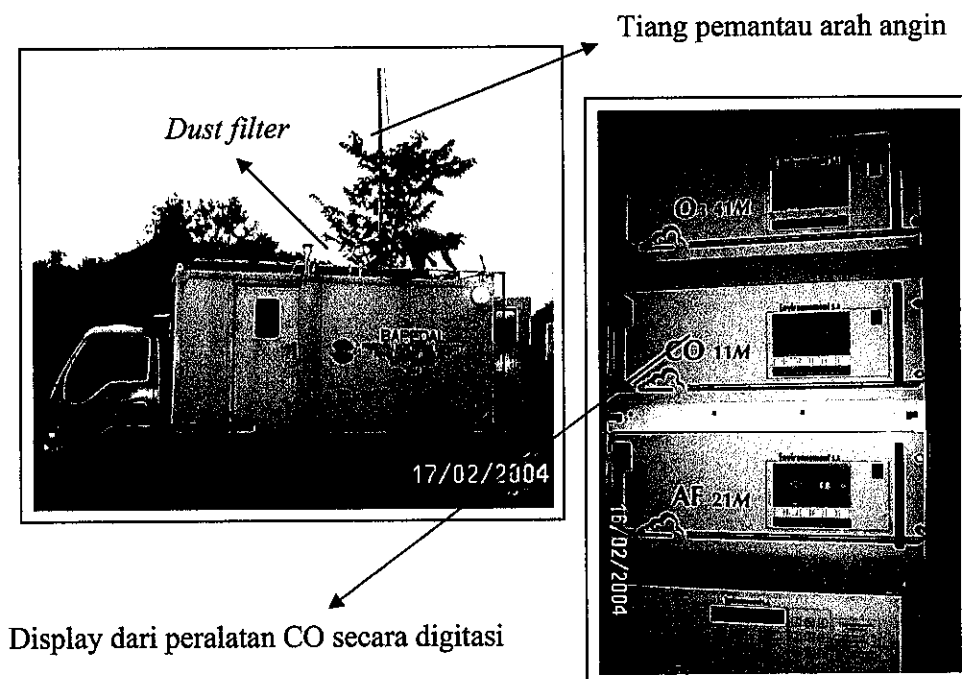
#### 3.6.1 Pengukuran Konsentrasi CO dan Pb

Pengukuran dan analisa konsentrasi CO dan Pb dilakukan oleh Balai Laboratorium Kesehatan (BLK) Dinas Kesehatan Kota Semarang dengan prosedur sebagai berikut :

##### 3.6.1.1 Pengukuran Konsentrasi CO (*Carbonmonoksida*)

###### 1. Peralatan

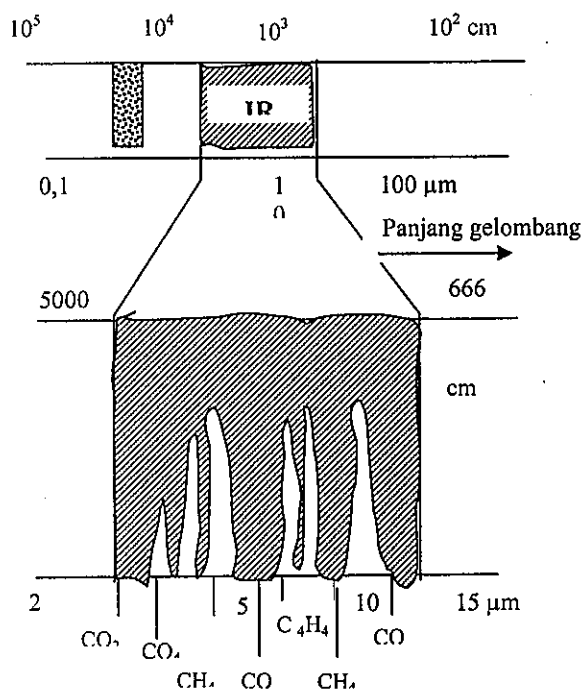
Peralatan yang digunakan untuk pengukuran CO di udara ambien secara digital menggunakan mobil pemantauan udara milik BLK Dinas Kesehatan Propinsi Jawa Tengah. Adapun model dari peralatan pengukuran Karbonmonoksida (CO) adalah *IR Correlation Carbon Monoxide Analyzer by Environment s.a (CO11M-LCD)* yang dapat disajikan dalam Gambar 8 sebagai berikut :



**Gambar 8.** Mobil dan peralatan pemantauan udara

## 2. Cara Kerja Pengukuran CO

Pengukuran Karbonmonoksida dilakukan menggunakan analisa Non-Dispersive Infra Red (NDIR) dimana spectrum absorsi maksimum yang terjadi pada panjang gelombang 4.67  $\mu\text{m}$ , merupakan spectrum yang dipilih oleh spectrum optik.

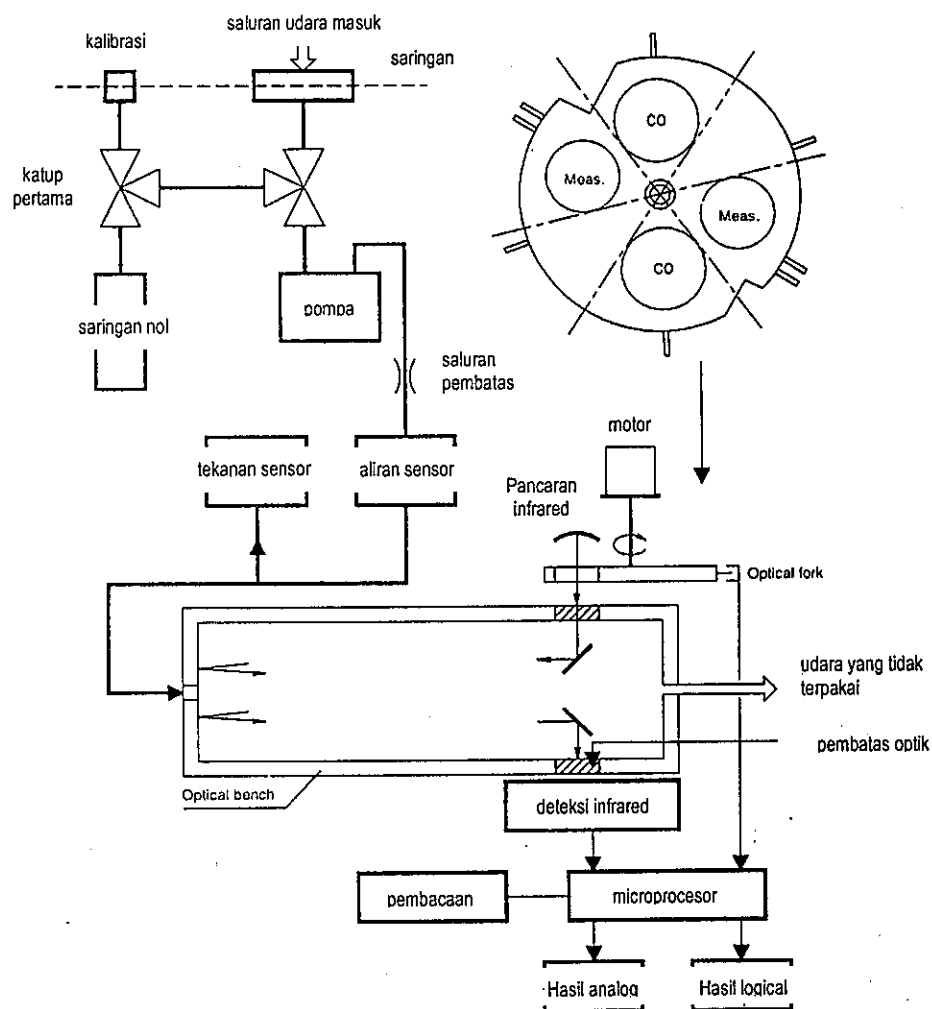


Gambar 9. Spectra absorsi bermacam-macam gas dalam selang inframerah.

Didalam ruang pengukuran terjadi adanya tiga buah radiasi yang akan dikonversi menjadi tiga sinyal elektronik yaitu :

1. Sinyal zero, menyatakan pemadaman total radiasi infra merah oleh sektor tak tembus cahaya;

2. Sinyal pengukuran, menyatakan berkas yang lewat pada bagian roda dan bangku optik sehingga detector menerima radiasi yang setara dengan konsentrasi pada bangku optik;
3. Sinyal referensi, menyatakan berkas yang melewati sel berisikan CO berkonsentrasi tinggi pada tekanan 0,5 atm dari radiasi inframerah (dengan absorpsi filter gas yang membentuk sel CO merupakan total untuk karakteristik berkas CO)

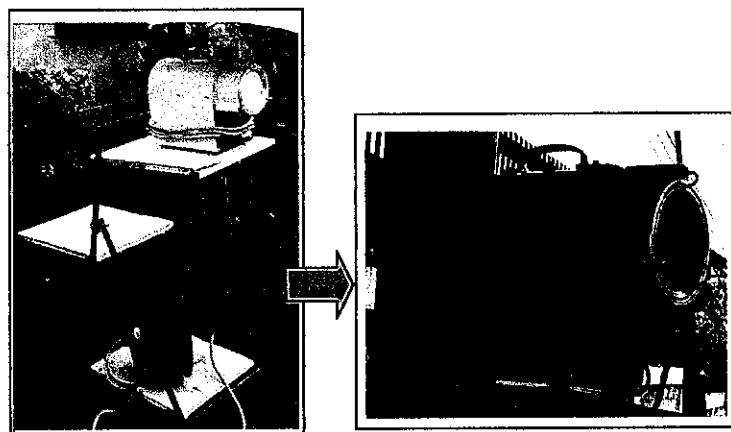


Gambar 10. Diagram skematik cara kerja CO dengan analisis NDIR

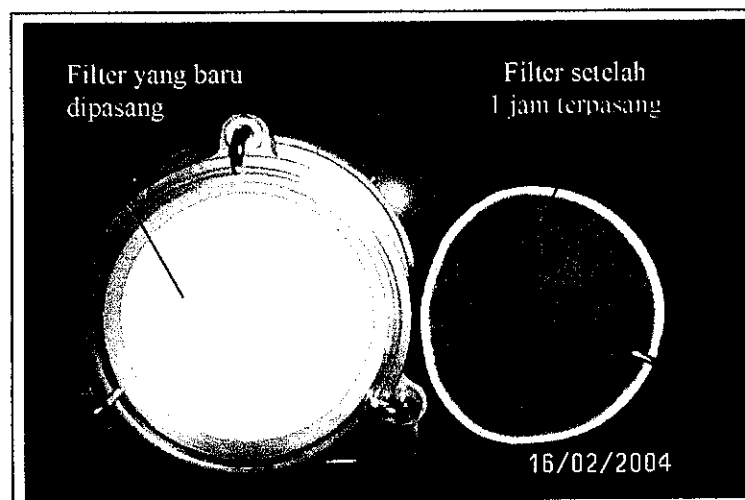
### 3.6.1.2 Pengukuran Konsentrasi Pb (*Plumubum*)

#### 1. Peralatan

Alat *High Volume Air Sampler* (HVAS) menghisap partikulat di udara melalui filter dengan kecepatan alir (laju udara)  $1 \text{ m}^3 / \text{menit}$  (9 flow meter) dalam waktu 1 jam. Partikulat tersuspensi ukuran diameter kurang dari 100 mikrometer akan terhisap dan tertahan di permukaan filter. Peralatan penghisap debu dan kondisi filter sebelum dan sesudah digunakan yang dapat dilihat pada Gambar 11 sebagai berikut :



Alat HVAS sedang dioperationalkan pada lokasi penelitian



Gambar 11. Alat HVAS dengan filter yang belum digunakan dan yang telah digunakan

## 2. Bahan

Beberapa peralatan dan bahan yang digunakan untuk menganalisa Pb yang dilakukan di Laboratorium BLK dapat dilihat pada Tabel 30 sebagai berikut :

**Tabel 30.** Peralatan dan bahan pengukuran Pb

Parameter	Jenis peralatan	Bahan
Pb (timah hitam)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Spektrofotometer Serapan Atom</i> yang mempunyai gelombang 190-870 nm dan lebar celh 0,2-2 nm yang telah dikalibrasi</li> <li>• Pemanas listrik</li> <li>• Pipet mikro 500 dan 1000 mL</li> <li>• Labu ukur 50 dan 1000 mL</li> <li>• Gelas piala 100 mL</li> <li>• Gelas ukur 100 mL</li> <li>• Pipet sekukuran 5 dan 10 mL</li> <li>• Kaca arloji</li> <li>• Filter <i>Whatman</i> No. 5a/B</li> <li>• Gunting Keramik dan Corong gelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asam nitrat, <math>\text{NHO}_3</math> pekat</li> <li>• Air suling atau air demiteralisasi yang bebas logam</li> <li>• Gas asetilen</li> <li>• Asam khlorida, HCL pekat</li> <li>• Hidrogen peroksida, <math>\text{H}_2\text{O}_2</math></li> </ul>

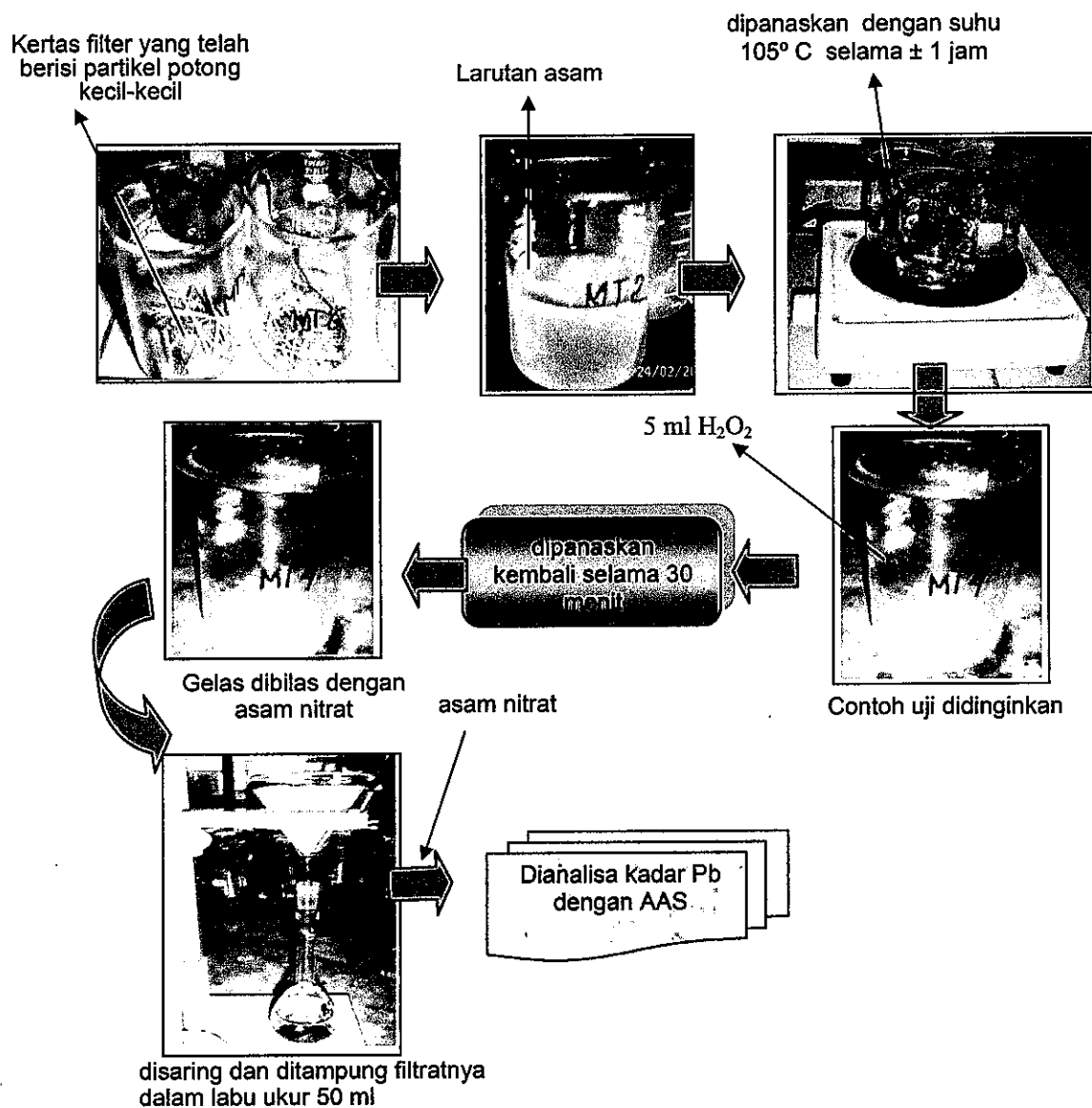
## 3. Cara Kerja Pengukuran Timbal (Pb) dengan AAS

Kegiatan pengambilan partikel di udara hingga analisa Pb menggunakan metode AAS dengan prosedur sebagai berikut :

- Partikel udara yang tertahan pada filter, dipotong-potong kecil-kecil dan diberi larutan asam;
- Media dipanaskan hingga didapatkan endapan dari bubuk filter bersama partikel;
- Endapan bubuk filter tadi ditambahkan lagi larutan asam dan kemudian dilakukan kembali pemanasan hingga menjadi bubuk filter dan partikel, kegiatan ini dilakukan dalam 3 (tiga) kali pemanasan;
- Hasil pemanasan 3 (tiga) kali disaring dengan kertas filter kedalam labu ukur sebagai media analisis AAS

- Selanjutnya media dalam labu ukur di analisis dengan metoda *destruksi asam* dan diukur dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk mengetahui kadar Pb di udara ambien.

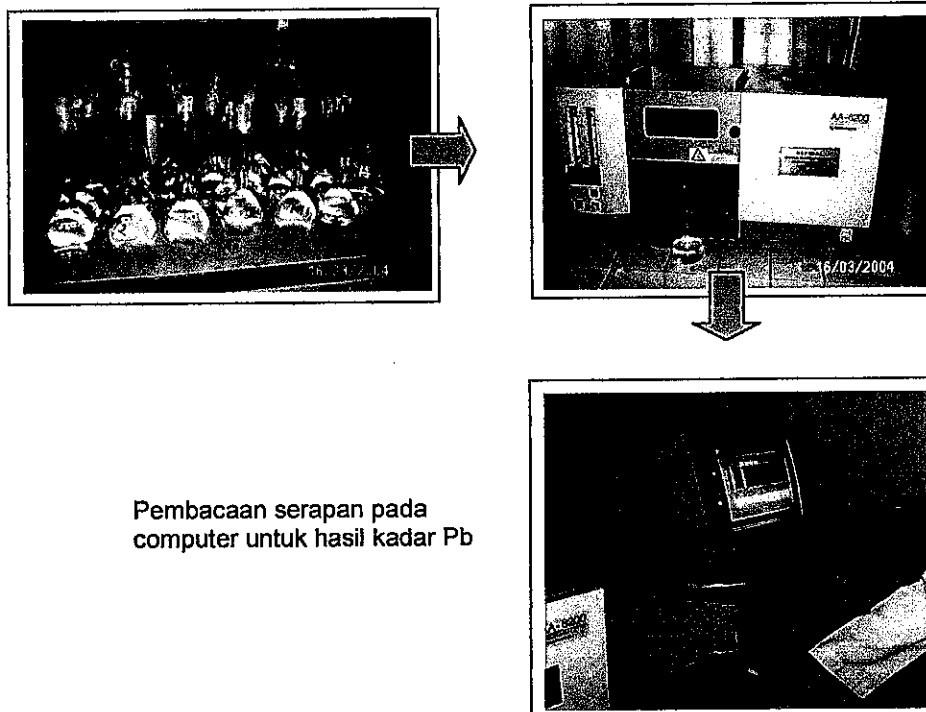
Berikut ini ilustrasi dari proses penilaian Pb yang dilakukan oleh tenaga dari BLK (Balai Laboratorium Kesehatan) Dinas Kesehatan Propinsi Jawa Tengah yang dapat dilihat pada Gambar 12 berikut ini:



**Gambar 12.** Cara kerja persiapan benda uji pengukuran Timbal (Pb)

Selanjutnya media Pb yang telah diproses dilanjutkan dengan memasukan kedalam alat AAS untuk dinilai, berikut ini proses penilaian yang dilakukan secara computer.

Benda uji diaspirasikan satu persatu ke dalam alat AAS melalui pipa kapiler



Pembacaan serapan pada computer untuk hasil kadar Pb

**Gambar 13.** Uji kadar timbal (Pb) dengan AAS

### 3.6.2. Penghitungan Volume Kendaraan

Penghitungan volume kendaraan dilakukan oleh Dinas Perhubungan Kota Semarang yang dibantu oleh mahasiswa sebanyak 8 (delapan) orang dengan peralatan dan cara kerja sebagai berikut :

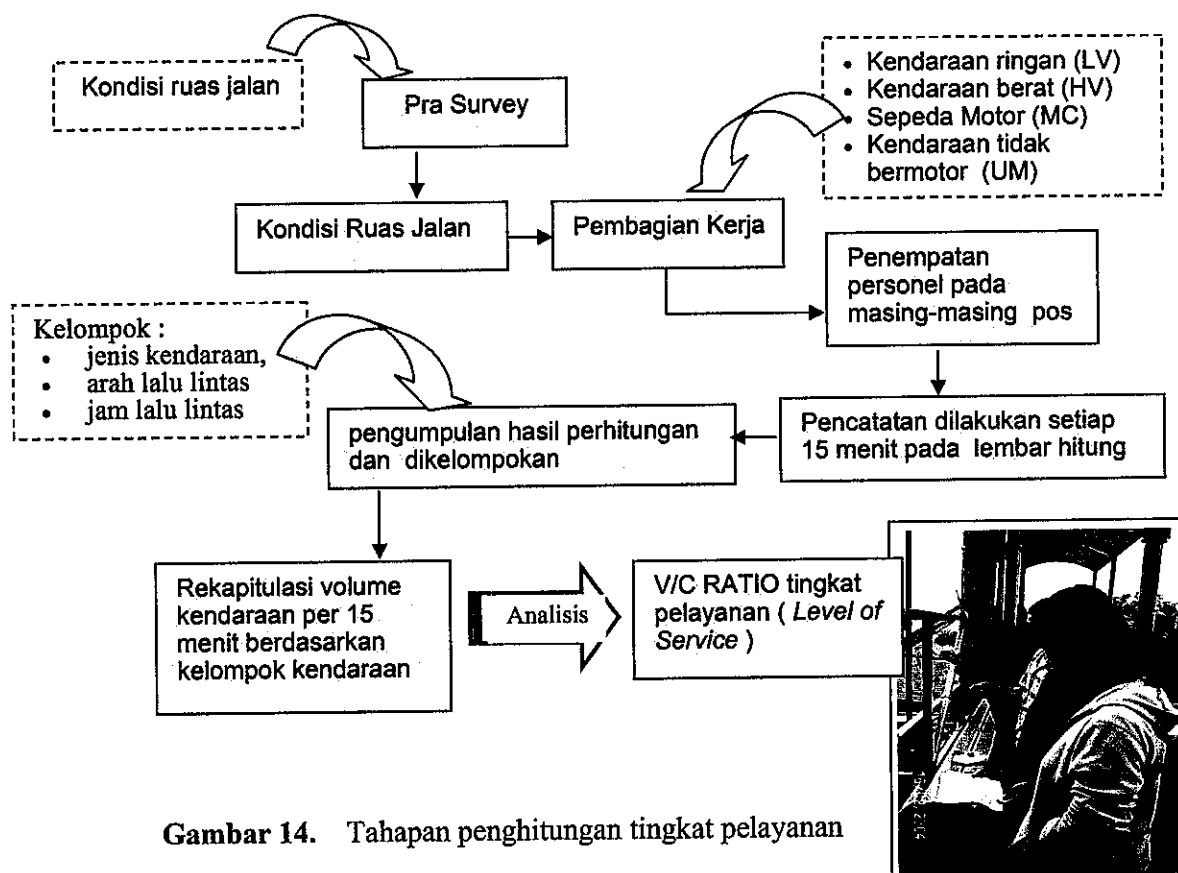
## 1. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam perhitungan volume kendaraan adalah :

**Tabel 31.** Peralatan penghitungan volume kendaraan

Parameter	Jenis peralatan
kapasitas jalan atau volume maksimum dalam 1 jam yang lewat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulir Survei</li> <li>• Walking Measure</li> <li>• Counter</li> <li>• Clip Board</li> <li>• Ballpoint</li> <li>• Kertas HVS</li> </ul>

## 2. Cara Kerja Penghitungan Volume Kendaraan



**Gambar 14.** Tahapan penghitungan tingkat pelayanan

### 3. Analisis Tingkat Pelayanan (*Level of Service*).

Hasil rekapitulasi dari volume kendaraan yang dikalikan dengan faktor-faktornya merupakan bahan analisis kapasitas jalan atau v/c ratio yang menunjukkan tingkat pelayanan (*Level of Service*). Adapun perhitungan kapasitas untuk jalan perkotaan digunakan dengan persamaan berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \text{ (smp/jam)}$$

Keterangan :

- C = Kapasitas ( smp/jam )
- C<sub>o</sub> = Kapasitas dasar ( smp/jam )
- FC<sub>w</sub> = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
- FC<sub>sp</sub> = Faktor penyesuaian pemisahan arah
- FC<sub>sf</sub> = Faktor penyesuaian hambatan samping
- FC<sub>cs</sub> = Faktor penyesuaian ukuran kota

Kapasitas dasar C<sub>o</sub> adalah 1650 smp/jam/lajur untuk jalan empat lajur terbagi atau jalan satu arah, 1500 smp/jam/lajur untuk jalan empat lajur tak terbagi dan 2900 smp/jam/2 arah untuk jalan dua lajur tak terbagi.

#### 3.6.3. Metoda Perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

- konsentrasi ambient dinyatakan dalam (X<sub>x</sub>) dalam satuan ppm, m/g<sup>3</sup> dan lainnya;
- Angka nyata ISPU dinyatakan dalam (I)
- Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah :

$$I = \frac{I_A - I_B}{X_A - X_B} (X_x - X_B) + I_B$$

Keterangan :

- I = ISPU terhitung  
 $I_A$  = ISPU batas atas  
 $I_B$  = ISPU batas bawah  
 $X_A$  = Ambien batas atas  
 $X_B$  = Ambien batas bawah  
 $X_x$  = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

Untuk mengubah menjadi bentuk angka Indeks Standar Pencemaran Udara maka perlu digunakan tabel batas Indeks Standar Pencemaran Udara (dalam satuan SI) yaitu :

**Tabel 32.** Batas Indeks Standar Pencemaran Udara (dalam satuan SI)

ISPU	24 jam PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 jam $\text{SO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 jam CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 jam $\text{O}_3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 jam $\text{NO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
50	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57,5	1200	3750

Sumber : *Lampiran Keputusan KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara.*

#### 3.6.4. Analisis Korelasi

Perubahan lingkungan sering dijumpai dua atau lebih jelas berkaitan atau saling bergantung, artinya bila satu parameter berubah maka parameter lainnya akan berubah juga dan ini bertalian atau yang disebut berkorelasi.

Korelasi dinyatakan dengan koefisien ( $r$ ) dan merentang dari (-1) sampai (+1). Koefisien (1), dengan tanda (+) atau (-), menunjukkan korelasi sempurna antara dua perubahan. Sebaliknya, koefisien nol berarti tidak ada korelasi sama sekali.

Keragaman dalam derajat korelasi dinyatakan oleh koefisien yang merentang dari 0 sampai (1) dari (-1) sampai 0. Koefisien penentu ( $r^2$ ) dapat dipakai sebagai taksiran untuk kekuatan kaitan antara dua perubahan yang berkorelasi.

### 3.6.5. Analisis Model Gaussian Plume

Pelepasan polutan ke udara oleh transfer dan disperse yang dipengaruhi oleh angin dan sangat membahayakan kesehatan masyarakat, pelepasan dan penguapan secara kontinyu dengan "Model Plume" merupakan pelepasan yang *steady state* pada permukaan tanah dengan gerakan angin (x) kearah pada kecepatan (u) konstan sepanjang sumbu x (pada  $y = z = 0$ ). Atau dapat dinyatakan bahwa jika kecepatan angin besar maka sifat kontaminan akan menurun dan atau sebaliknya.

*Model Gaussian Plume* dapat dimodifikasi sesuai dengan tempat dimana terjadinya polutan yang terjebak dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_{\max} = \frac{10^6 Q_{CO}}{\sqrt{2\pi} \tau_{wi} \bar{u} Ht \rho}$$

Analisis Korelasi dan Model Gaussian Plume digunakan untuk mengetahui perbedaan waktu pelayanan jalan terhadap volume kendaraan dan konsentrasi parameter CO dan Pb serta prediksi konstansi polutan dimasa yang akan datang pada ruas-ruas jalan di Kota Semarang, dengan hipotesa sebagai berikut :

1. Ho : Ada korelasi yang kuat volume kendaraan terhadap perbedaan waktu aktifitas pemakai jalan

- H1 : Tidak ada korelasi yang kuat volume kendaraan dengan perbedaan waktu aktifitas pemakai jalan
2. Ho : Ada korelasi yang kuat volume kendaraan terhadap konsentrasi CO dan Pb
- H1 : Tidak ada korelasi yang kuat antara volume kendaraan terhadap konsentrasi CO dan Pb

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Rona Lingkungan Daerah Penelitian

Kota Semarang memiliki letak geografis berupa perbukitan, dataran rendah, dan pantai, sebelah Utara terletak pada lintang  $6^{\circ}50'LS$  dengan batas wilayah laut Jawa, sebelah Selatan terletak pada lintang  $7^{\circ}10'LS$  dengan batas wilayah Kabupaten Semarang, sebelah Barat terletak pada lintang  $109^{\circ}35'BT$  dengan batas wilayah Kabupaten Kendal dan sebelah Timur pada letak lintang  $110^{\circ}50'BT$  dengan batas wilayah Kabupaten Demak.

Daerah perbukitan di bagian Selatan mempunyai ketinggian antara 90 - 200 m dpl dengan kemiringan 2 - 40%. Sementara dibagian Utara yang merupakan pantai dan dataran rendah memiliki kemiringan 0-2%.

Luas wilayah Kota Semarang tercatat  $373,70 \text{ km}^2$  yang terdiri dari  $40,03 \text{ km}^2$  (10,71%) tanah sawah dan  $333,67 \text{ km}^2$  (89,29%) bukan lahan sawah. Kondisi penggunaan lahan Kota Semarang menunjukkan bahwa lahan pertanian tidak begitu besar karena jenis dari lahan pertanian berupa lahan kering (tegalan) yang kurang produktif untuk pertanian. Penggunaan lahan lainnya yang cukup besar persentasinya adalah lahan permukiman, yang menunjukkan peningkatan dari tahun ketahun seiring dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk kota yang membutuhkan lahan permukiman dengan mengkonversikan lahan-lahan non permukiman dan pertanian.

Kota Semarang terbagi dalam 16 Kecamatan dan 177 Kelurahan dengan Jumlah penduduk pada akhir tahun 2001 mencapai 1,329.668 jiwa yang terdiri dari 671.316 pria dan 658.352 wanita, dan jumlah usia produktif yang cukup besar, yakni mencapai 70% dari jumlah penduduk sementara tingkat kepadatan penduduk, belum

merata, dan lebih tersentral di pusat kota. Semarang memiliki iklim tropis 2 (dua) jenis yaitu, musim kemarau dan musim penghujan yang memiliki siklus pergantian  $\pm$  6 (enam) bulan. Hujan sepanjang tahun bervariasi dari tahun ke tahun dengan curah hujan rata-rata 2215 mm sampai dengan 2183 mm dan maksimum bulanan terjadi pada bulan Desember sampai bulan Januari. Temperatur udara berkisar antara 25.80°C sampai dengan 29.30°C, kelembaban udara rata-rata bervariasi antara 62 % sampai dengan 84 %. Arah angin sebagian besar bergerak dari arah Tenggara menuju Barat Laut dengan kecepatan rata-rata berkisar antara 5,7 km/jam

Jaringan jalan Kota Semarang berbentuk pola lingkaran dan pola radial, jaringan jalan pola lingkaran untuk melayani pergerakan antar kota, sedangkan pola radial untuk melayani kebutuhan pergerakan antar pusat pelayanan utama dengan pusat-pusat wilayah yang berada di pinggir kota. Didasarkan atas kondisi topografi, kondisi transportasi darat yang ada pengembangan tata guna lahan dan pengembangan kegiatan kota, maka dipilih pola lingkaran dan jari-jari sebagai sistem transportasi dasar Kota Semarang.

Jalur Lingkaran Dalam, yang mengitari lingkungan pusat kota berfungsi sebagai jalur penampungan dan pembagi arus di pusat kota, melingkari jalan Tol Seksi C, penggal jalan antara pertemuan jalan Tol Seksi C dan Seksi A Jatingaleh, jalan Tol Seksi B, jalan Arteri Lingkaran Utara dan jalan Usman Janatin.

Jalur Lingkaran Luar, yang menjadi penampungan arus kegiatan regional yang masuk dari jalan radial. Fungsinya menampung arus lalu lintas internal ke eksternal atau sebaliknya. Jalur ini sangat penting untuk membebaskan daerah pusat (WPI) bebas dan arus kendaraan berat baik kendaraan barang atau bus-bus antar kota.

Jalur Radial, sebagai radial regional 5 jalur ke Pekalongan/Jakarta, ke Boja, ke Surakarta, ke Purwodadi dan ke Demak/Kudus. Jalur ini sebagai distributor arus lalu lintas dari dan ke wilayah regional.

Sementara pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada tingginya tingkat kepadatan lalu lintas harian rata-rata dalam setahun (LHR) dan status jalan arteri yang berada didalam kota (perkotaan), karena untuk mengetahui variasi kepadatan lalu lintas per-jam cenderung lebih besar di perkotaan dibandingkan dengan antar kota dan volume per jam lebih penting dari volume harian khususnya volume jam sibuk.

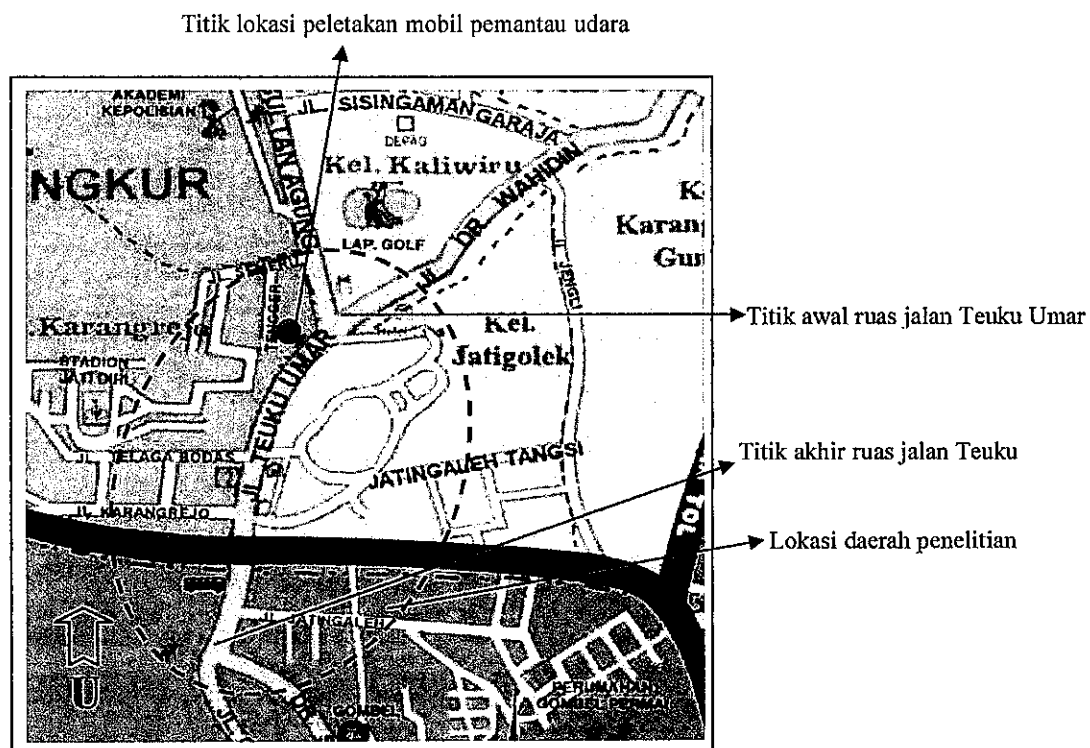
#### 4.1.1 Ruas Jalan Teuku Umar

Secara administrasi letak jalan Teuku Umar berada di 4 (empat) Kelurahan, dengan luas lahan mencapai 7,45 Km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk (BPS Kota Semarang, 2002) mencapai 40671 jiwa. Berikut ini perincian data wilayah dan lingkungan ruas jalan Teuku Umar yang dapat disajikan pada Tabel 33 dan Gambar 15, 16 :

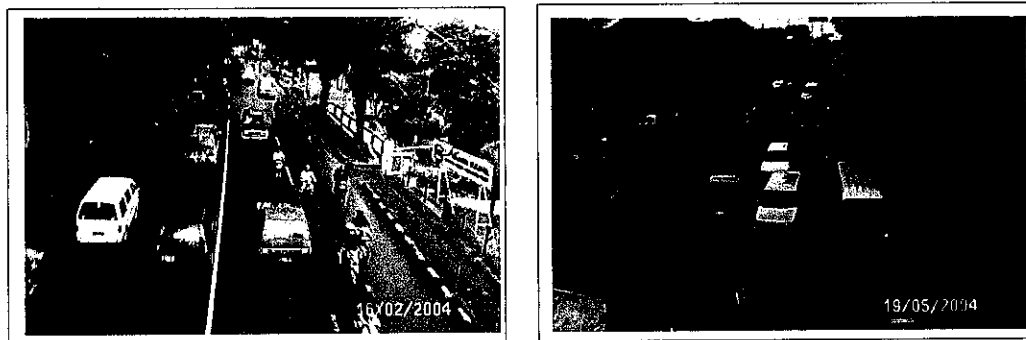
**Tabel 33.** Batas wilayah ruas jalan Teuku Umar

No.	Arah	Kelurahan	Luas Lahan (Km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (jiwa)
1.	Barat	1). Karangrejo	1,69	6.838
		2). Tinjomoyo	2,10	8.311
2.	Timur	1). Jatingaleh	1,30	12.038
		2). Ngesrep	2,36	13.484

Sumber : BPS Kota Semarang, 2002



**Gambar 15.** Lokasi ruas jalan Teuku Umar



**Gambar 16.** Suasana ruas jalan Teuku Umar pada siang dan sore hari, tampak pada sore hari penumpukan kendaraan pada perpotongan jalan jangli

Ruas jalan Teuku Umar arah Utara dibatasi oleh pertigaan Kaliwiro sebagai muara arus lalu lintas dari Jalan Sultan Agung dan Jalan DR. Wahidin yang berasal dari pusat kota Semarang dan berakhir di jembatan tol atau pintu masuk tol Jatingaleh, dimulai dari pertigaan Kaliwiro menuju Selatan ke arah jembatan tol Jatingaleh jalan mulai menanjak dengan perbedaan ketinggian atau elevasi sekitar  $20^{\circ}$ , perbedaan

ketinggian yang terlalu menanjak dengan jarak yang pendek dan didalam kota ini juga menyebabkan pengurangan kecepatan arus lalu lintas, terlebih lagi terhadap kendaraan-kendaraan berat (LV) seperti bus antar kota, truck dan mobil-mobil bermuatan barang, dampak lainnya terhadap elevasi tersebut adalah asap hitam dari bahan bakar solar yang berasal dari kendaraan yang kurang perawatan.

Penggunaan badan jalan pada ruas ini terdiri dari 2 jalur 4 lajur yang sangat bervariasi, kondisi arus dari Barat ke Selatan dari pertigaan Kaliwiru lebar lajur masih lebar, namun mendekati Sekolah Yayasan Budi Luhur dengan kondisi jalan menaik, lebar lajur menjadi menyempit, walau tetap 2 lajur namun dipaksakan, kondisi ini hingga di pertigaan jalan Jangli yang di pecah oleh jalur (akses) jalan masuk tol, dan jalur utama mempunyai 2 lajur. Sementara kondisi arus dari Selatan ke Barat dimulai dari jembatan tol jatingaleh atau depan gedung PLN terdapat 2 lajur hingga depan rumah makan sate lajur menyempit hingga depan kantor Wijaya Karya lajur agak leluasa. Perubahan-perubahan lajur ini juga menyebabkan kendaraan memperlambat jalannya, dan berakibat pada kepadatan. Keberadaan sekolah yang tepat pada kondisi tanjakan dan ditepi jalan juga berakibat pada perlambatan kendaraan, pada pagi dan siang hari menjelang masuk dan pulang siswa sekolah tersebut.



Garis lajur yang  
berubah-ubah

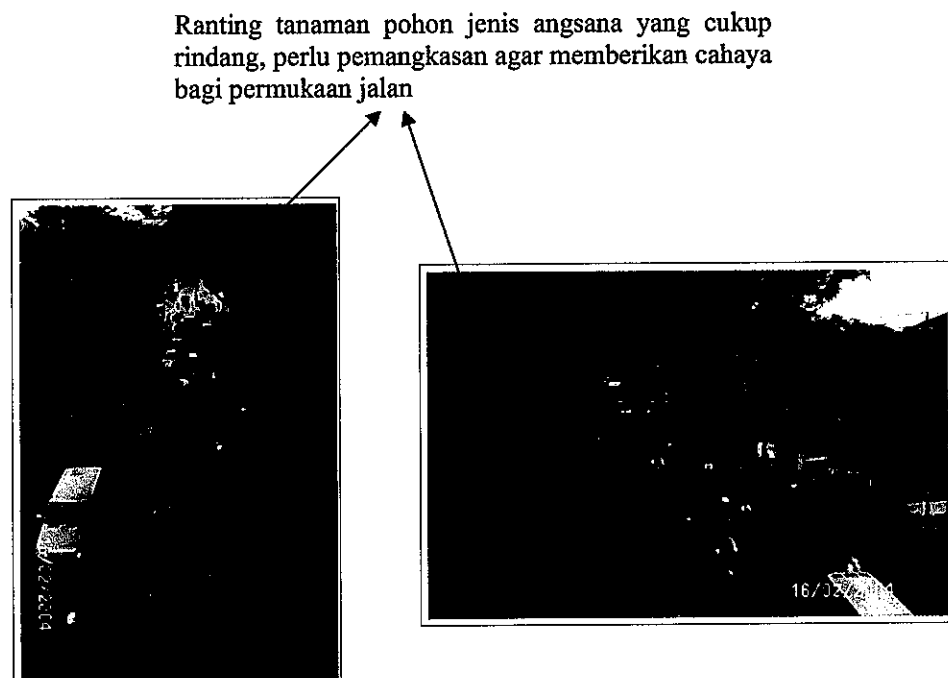
**Gambar 17.** Perubahan lajur pada jalan Teuku Umar yang juga penyebab kemacetan

Penyebab lainnya adalah Akses jalan keluar masuk yang terdapat di sepanjang jalan Teuku Umar juga mempengaruhi kecepatan kendaraan, jalan-jalan akses tersebut dimulai dari sisi Timur jalan adalah jalan Jangli, jalan Jatingaleh I, jalan Carikan dan Jatingaleh II, di sisi Barat jalan adalah jalan Telaga Bodas I dan II, akses jalan masuk SMEA Perintis, jalan Karang Rejo (akses keluar tol) dan Jalan samping terminal atau akses masuk jalan tol kearah Krpyak. Lokasi terminal bus di sisi jalan tol keberadaanya sudah tidak dipergunakan lagi oleh kendaraan umum dan menjadi tempat pedagang kaki lima, juga menjadi penyebab kemacetan. Tidak difungsikannya lampu pengatur lalu lintas diatas jembatan tol Jatingaleh yang selalu ramai juga menjadi tersendatnya arus lalu lintas. Arah Selatan turunan Gombel yang sangat curam, sangat berbahaya bagi kendaraan-kendaraan yang menuju ke Jatingaleh dan sering terjadi kecelakaan hal ini juga perlu mendapatkan perhatian.



**Gambar 18.** Jalan-jalan akses sebagai salah satu penyebab berkurangnya kecepatan kendaraan.

Kondisi permukaan jalan (aspal) dapat dikategorikan baik demikian juga dengan jalur pejalan kaki. Tumbuhan pinggir jalan dengan jenis angsana (*Pterocarpus indicus*) yang relative tumbuh baik, namun perlu pemeliharaan dengan pemotongan ranting-ranting kecil agar kerimbunan daun tidak menutupi badan jalan yang akan berakibat pada tidak dapat keringnya badan jalan, karena permukaan jalan (aspal) harus dalam keadaan kering untuk menjaga kondisi aspal tidak rusak oleh air.



**Gambar 19.** Kondisi tanaman pada ruas jalan Teuku Umar

Adapun data kondisi ruas jalan Teuku Umar dapat disajikan pada Tabel 34 berikut :

**Tabel 34.** Kondisi Jalan Teuku Umar

No.	Data	Keterangan
1.	Status Jalan	: Jalan Nasional
2.	Wewenang Pembina Jalan	: Menteri
3.	Fungsi Jalan	: Arteri Primer
4.	Daya Dukung Jalan	: 10 ton
5.	Penggunaan Arah Arus	: Dua arah
6.	Standar Jalan	: Kota
7.	Lebar Jalan	: 12,5 meter
8.	Kapasitas Jalan	: 5631,6 smp/jam
9.	V/C Ratio	: 0,86

Sumber : Dinas Perhubungan Kota Semarang, 2004

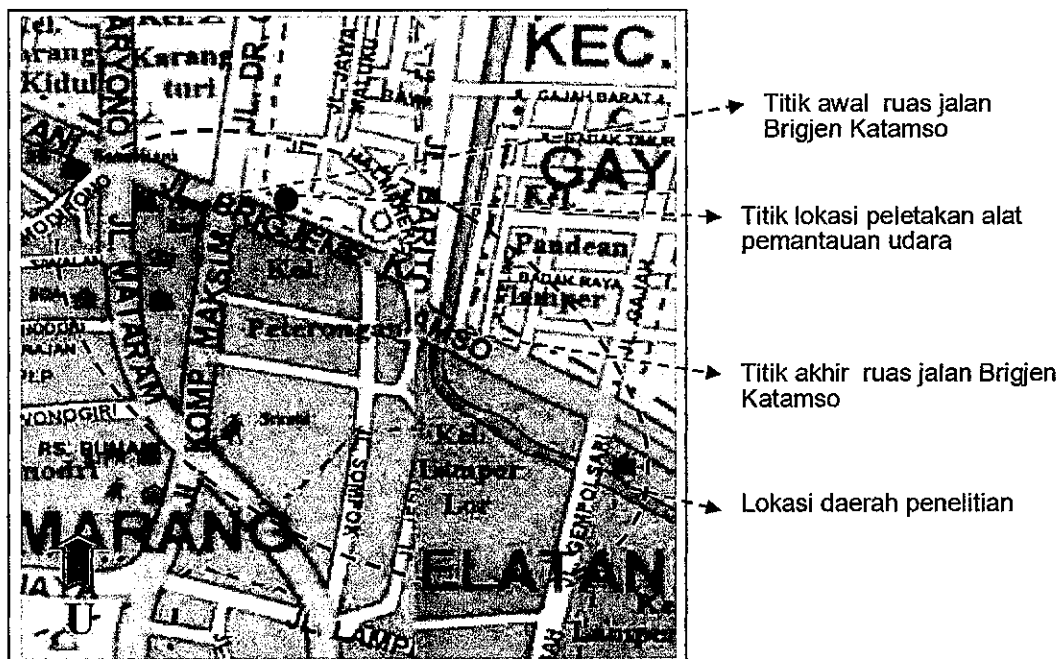
#### 4.1.2. Ruas Jalan Brigjen Katamso

Ruas Jalan Brigjen Katamso yang merupakan satu kesatuan dari ruas jalan Majapahit dengan status jalan Propinsi mempunyai kewenangan pembinaan pada Gubernur. Ruas jalan ini sangat pendek dan berada di 2 (dua) Kelurahan, jumlah penduduk mencapai 12542 jiwa dengan luas lahan 1,25 Km<sup>2</sup>, Berikut ini perincian data wilayah dan lingkungan ruas jalan Brigjen Katamso yang dapat di sajikan pada Tabel 35 dan Gambar 20, 21 :

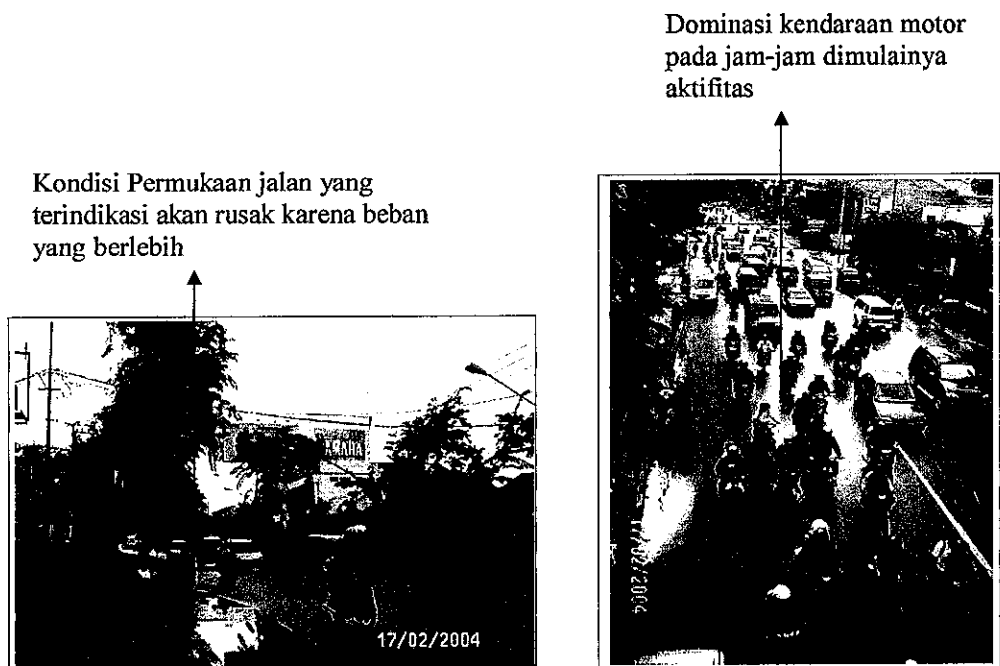
**Tabel 35.** Batas wilayah ruas jalan Brigjen Katamso

No.	Arah	Kelurahan	Luas Lahan (Km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (jiwa)
1.	Selatan	Peterongan	0,51	7.811
2.	Utara	Karang Tempel	0,74	4.731

Sumber : BPS Kota Semarang, 2002



Gambar 20. Lokasi ruas jalan Brigjen Katamso



Gambar 21. Suasana ruas jalan Brigjen Katamso pada pagi hari dengan pengguna jalan terbanyak adalah dari jenis sepeda motor

Ruas jalan Brigjen Katamso dimulai dari perempatan Jalan DR. Cipto, Jalan A. Yani dan Jalan Komp. Maksum ke arah Timur hingga jembatan Banjir Kanal Timur. Ruas jalan Brigjen Katamso merupakan pintu masuk arus lalu lintas dari arah Timur, Jenis kendaraan yang melewati ruas jalan ini banyak didominasi oleh kendaraan bermotor dan sepeda, dan diurutan kedua adalah kendaraan pribadi.

Kondisi permukaan jalan masih relatif baik walaupun di beberapa tempat telah terjadi genangan air akibat penurunan permukaan jalan (beban kendaraan yang berlebih merusak konstruksi jalan), sementara fasilitas pejalan kaki di beberapa tempat ada yang sudah rusak dan tidak dapat dipergunakan oleh pejalan kaki.

Badan jalan (jalur lalu lintas) selebar 21 meter dalam operasionalnya digunakan berbeda pada pagi dan sore hari (pagi 1 jalur 4 lajur, sore 2 jalur 4 lajur). Hal ini telah dilakukan oleh Dinas Perhubungan Kota Semarang sebagai salah satu alternatif yang baik untuk mengatasi kepadatan lalu lintas pada ruas jalan tersebut, namun dari hasil penukuran tingkat pencemaran CO masih relative tinggi.

Sementara tanaman peneduh jalan dengan jenis yang sama dengan jalan-jalan lainnya di kota Semarang yaitu *Pterocarpus indicus* tidak terawat dengan baik dan beberapa tanaman mati atau tumbuh tidak maksimal, terlihat kurangnya perawatan atau pemeliharaan dari instansi terkait.



Tanaman tepi jalan yang tidak dirawat dengan baik

**Gambar 22.** Kondisi tanaman tepi jalan yang kurang terawat

Adapun data kondisi jalan Brigjen Katamso dapat disajikan pada Tabel 36 sebagai berikut :

**Tabel 36.** Kondisi jalan Brigjen Katamso

No.	Data	Keterangan
1.	Status Jalan	: Jalan Propinsi
2.	Wewenag Pembina Jalan	: Gubenur
3.	Fungsi Jalan	: Arteri Sekunder
4.	Daya Dukung Jalan	: 10 ton
5.	Penggunaan Arah Arus	: Dua arah
6.	Standar Jalan	: Kota
7.	Lebar Jalan	: 21 meter
8.	Kapasitas Jalan	: 5809,4 smp/jam
9.	V/C Ratio	: 0,62 smp

Sumber : Dinas Perhubungan Kota Semarang, 2003

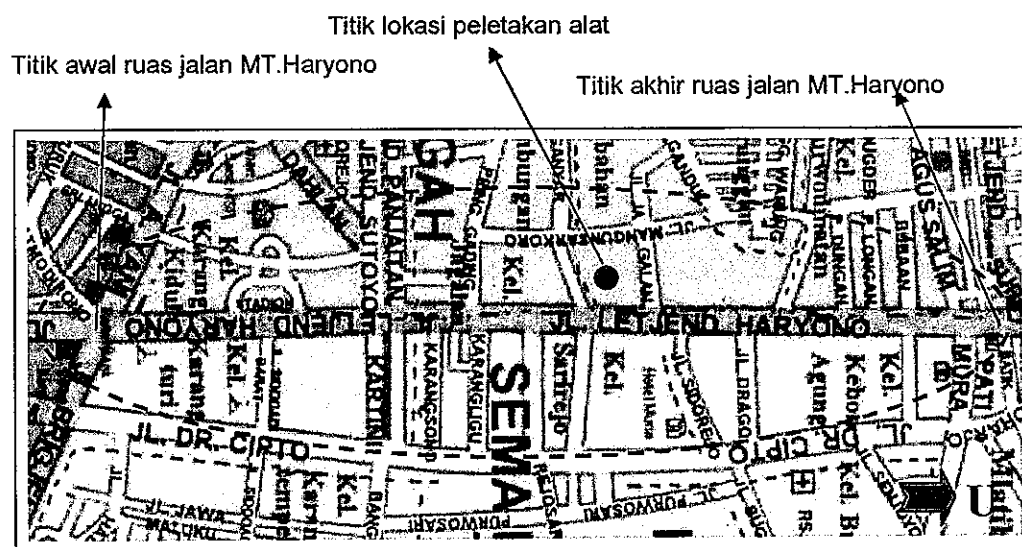
#### 4.1.3. Ruas Jalan MT. Haryono

Kawasan perniagaan disetiap Ibu Kota Propinsi merupakan kawasan yang sarat dengan berbagai macam permasalahan, demikian juga dengan kawasan perniagaan pada Jalan MT.Haryono yang merupakan salah satu kawasan perniagaan yang berada di Kota Semarang, dengan luas lahan 5,16 Km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk 43.692 jiwa, data lengkap batas wilayah ruas jalan dapat di jelaskan pada Tabel 37 dan Gambar 23, 24 sebagai berikut :

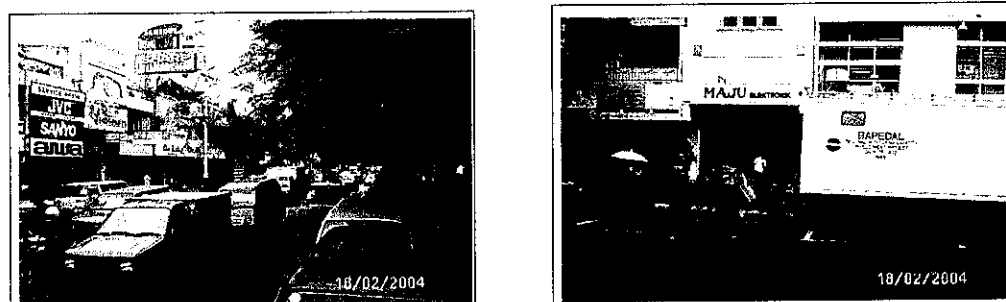
Tabel 37. Batas wilayah ruas jalan MT. Haryono

No.	Arah	Kelurahan	Luas Lahan (Km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (jiwa)
1.	Barat	1). Karang Kidul	0,58	5.359
		2). Jagalan	0,24	6.920
		3). Gabahan	0,24	7.583
		4). Purwodinatan	0,38	4.765
	Timur	1). Karang Turi	0,53	3.722
		2). Sarirejo	0,39	10.408
		3). Kebon Agung	0,54	4.935

Sumber : BPS Tahun 2002



Gambar 23. Lokasi ruas jalan MT. Haryono



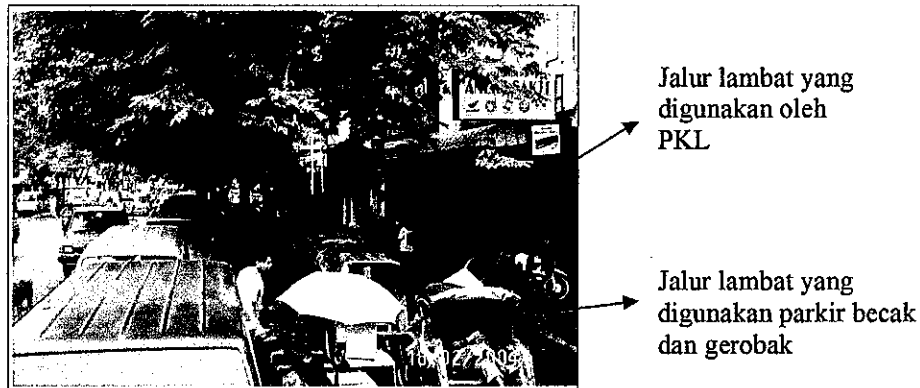
Gambar 24. Lingkungan sekitar ruas jalan MT. Haryono

Jalan MT. Haryono berada di Pusat Kota Semarang dimulai dari arah Selatan pada perempatan jalan A. Yani, jalan Mataram dan jalan Brigjen Katamso yang berakhir pada kawasan kota lama, merupakan kawasan perdagangan yang mempunyai tingkat kepadatan bangunan sangat tinggi, kesan semerawut terlihat akibat perilaku pengendara menghindari dari kendaraan yang akan parkir dan berhenti di badan jalan. Demikian halnya dengan perilaku kendaraan umum yang menaik dan menurunkan penumpang disembarang tempat menambah sulitnya pengendara lain untuk berjalan normal.



**Gambar 25.** Badan jalan yang digunakan parkir pada ruas jalan MT. Haryono dan kendaraan umum yang menaik dan menurunkan penumpang di sembarang tempat

Ruas jalan MT. Haryono mempunyai typical jalan berupa 1 jalur dengan 4 lajur dan 2 jalur lambat di kiri dan kanan jalan, namun jalur lambat tidak difungsikan sesuai dengan peruntukannya untuk menunjang kelanjaran lalu lintas. Kondisi saat ini jalur utama jalan MT. Haryono 1 lajur di gunakan untuk lahan parkir, sementara jalur lambat juga digunakan parkir selain kendaraan pemilik toko juga becak dan gerobak serta pedagang kaki lima (PKL)



**Gambar 26.** Badan jalan yang digunakan parkir pada ruas jalan MT. Haryono dan tidak efektifnya jalur lambat

Tanaman peneduh di beberapa tempat ada yang hilang atau mati dan juga tumbuh dalam kondisi tidak normal akibat perlakuan masyarakat sekitar pengguna jalan (tempat menggantung barang dagangan, pembakaran sampah dll). Menurut data, ruas jalan ini berstatus jalan nasional dengan fungsi jalan arteri sekunder. Dari ketentuan dan standar jalan yang ada (Tabel 2 dan 3) status jalan arteri mempunyai ciri-ciri salah satunya adalah kecepatan rata-rata tinggi dan dibatasi jalan masuk (perpotongan) sementara jalan MT. Haryono dengan kondisi saat ini tidak mungkin untuk melakukan perjalanan dengan kecepatan rata-rata tinggi (tidak kurang dari 30 km/jam) dan banyaknya jalan-jalan lokal yang memotong jalan MT. Haryono mengakibatkan tersendatnya arus lalu lintas.



**Gambar 27.** Banyaknya persimpangan pada ruas jalan MT Haryono yang berakibat pada menurunnya kecepatan kendaraan

Adapun data kondisi ruas jalan MT. Haryono dapat disajikan pada Tabel 38 berikut :

**Tabel 38.** Kondisi jalan MT Haryono

No.	Data	Keterangan
1.	Status Jalan	: Jalan Nasional
2.	Wewenang Pembina Jalan	: Menteri
3.	Fungsi Jalan	: Arteri sekunder
4.	Daya Dukung Jalan	: 10 ton
5.	Penggunaan Arah Arus	: Satu arah
6.	Standar Jalan	: Kota
7.	Lebar Jalan	: 17,8 meter
8.	Kapasitas Jalan	: 3457,4 smp/jam
9.	V/C Ratio	: 0,70

Sumber : DLLAJ Kota Semarang, 2001

#### 4.1.4. Tingkat Pelayanan Ruas Jalan Dengan Volume Per Kapasitas (V/C ratio)

Pengukuran terhadap kondisi bidang jalan pada ke tiga ruas jalan tersebut (jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) yang dilakukan pada jam-jam tertentu maka didapatkan kapasitas dan tingkat pelayanan jalan yang dapat disajikan pada Tabel 39, 40 dan 41 sebagai berikut :

**Tabel 39** Perhitungan volume kendaraan dan kapasitas ruas jalan Teuku Umar

Waktu Penelitian	Co	FCw	FCsp	FCsf	FCcs	C	V	V/C
06.30 – 07.30	6000	0,95	1,00	0,95	1,04	5631,6	8997	1,60
08.30 – 09.30	6000	0,95	1,00	0,95	1,04	5631,6	6702	1,19
10.30 – 11.30	6000	0,95	1,00	0,95	1,04	5631,6	5813	1,03
12.30 – 13.30	6000	0,95	1,00	0,95	1,04	5631,6	5532	0,98
14.30 – 15.30	6000	0,95	1,00	0,95	1,04	5631,6	5087	0,90
16.30 – 17.30	6000	0,95	1,00	0,95	1,04	5631,6	7794	1,38

Sumber : data primer setelah diolah, 2004

Tabel 40. Perhitungan volume kendaraan dan kapasitas ruas jalan Brigjen Katamso

Waktu Penelitian	Co	FCw	FCsp	FCsf	FCes	C	V	V/C
06.30 - 07.30	6000	0,95	1,00	0,98	1,04	5809,4	7163	1,23
08.30 - 09.30	6000	0,95	1,00	0,98	1,04	5809,4	4696	0,81
10.30 - 11.30	6000	0,95	1,00	0,98	1,04	5809,4	3895	0,67
12.30 - 13.30	6000	0,95	1,00	0,98	1,04	5809,4	4067	0,70
14.30 - 15.30	6000	0,95	1,00	0,98	1,04	5809,4	4127	0,71
16.30 - 17.30	6000	0,95	1,00	0,98	1,04	5809,4	6334	1,09

Sumber : data primer setelah diolah, 2004

Tabel 41. Perhitungan volume kendaraan dan kapasitas ruas jalan MT. Haryono

Waktu Penelitian	Co	FCw	FCsp	FCsf	FCes	C	V	V/C
06.30 - 07.30	4950	0,92	1,00	0,73	1,04	3457,4	3740	1,08
08.30 - 09.30	4950	0,92	1,00	0,73	1,04	3457,4	3682	1,06
10.30 - 11.30	4950	0,92	1,00	0,73	1,04	3457,4	3221	0,93
12.30 - 13.30	4950	0,92	1,00	0,73	1,04	3457,4	3591	1,04
14.30 - 15.30	4950	0,92	1,00	0,73	1,04	3457,4	3537	1,02
16.30 - 17.30	4950	0,92	1,00	0,73	1,04	3457,4	3930	1,14

Sumber : data primer setelah diolah, 2004

#### 4.1.5. Pemakaian Jenis Bahan Bakar

Jenis pemakaian bahan bakar kendaraan yang melintasi ruas jalan sangat mempengaruhi kualitas udara, dari hasil penelitian pada ketiga ruas jalan maka didapatkan perbandingan jumlah kendaraan berdasarkan jenis kendaraan (MC, LV dan HV), yang dapat dilihat pada Tabel 42 sebagai berikut :

Tabel 42. Prosentase pemakaian bahan bakar pada kendaraan

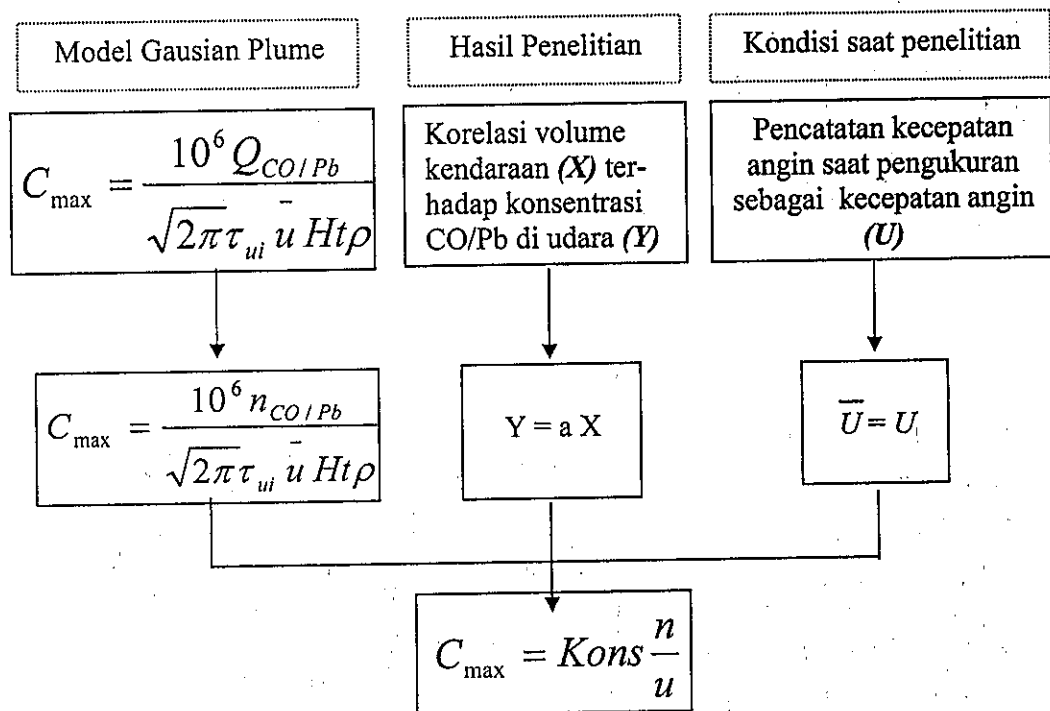
No	Ruas jalan	Pemakaian bahan bakar kendaraan	
		Bensin (%)	Solar (%)
1.	Teuku Umar	98	2
2.	Brigjen Katamso	98	2
3.	MT. Haryono	99	1

Sumber : data primer setelah diolah, 2004

Presentase solar yang kecil didapatkan pada jenis kendaraan berat (HV) yang melintas pada ruas jalan dengan status jalan Arteri Primer (Teuku Umar dan Brigjen Katamso) yang masih memperbolehkan kendaraan berat melewatinya, namun jumlahnya sedikit dibandingkan dengan kendaraan jenis MC dan LV.

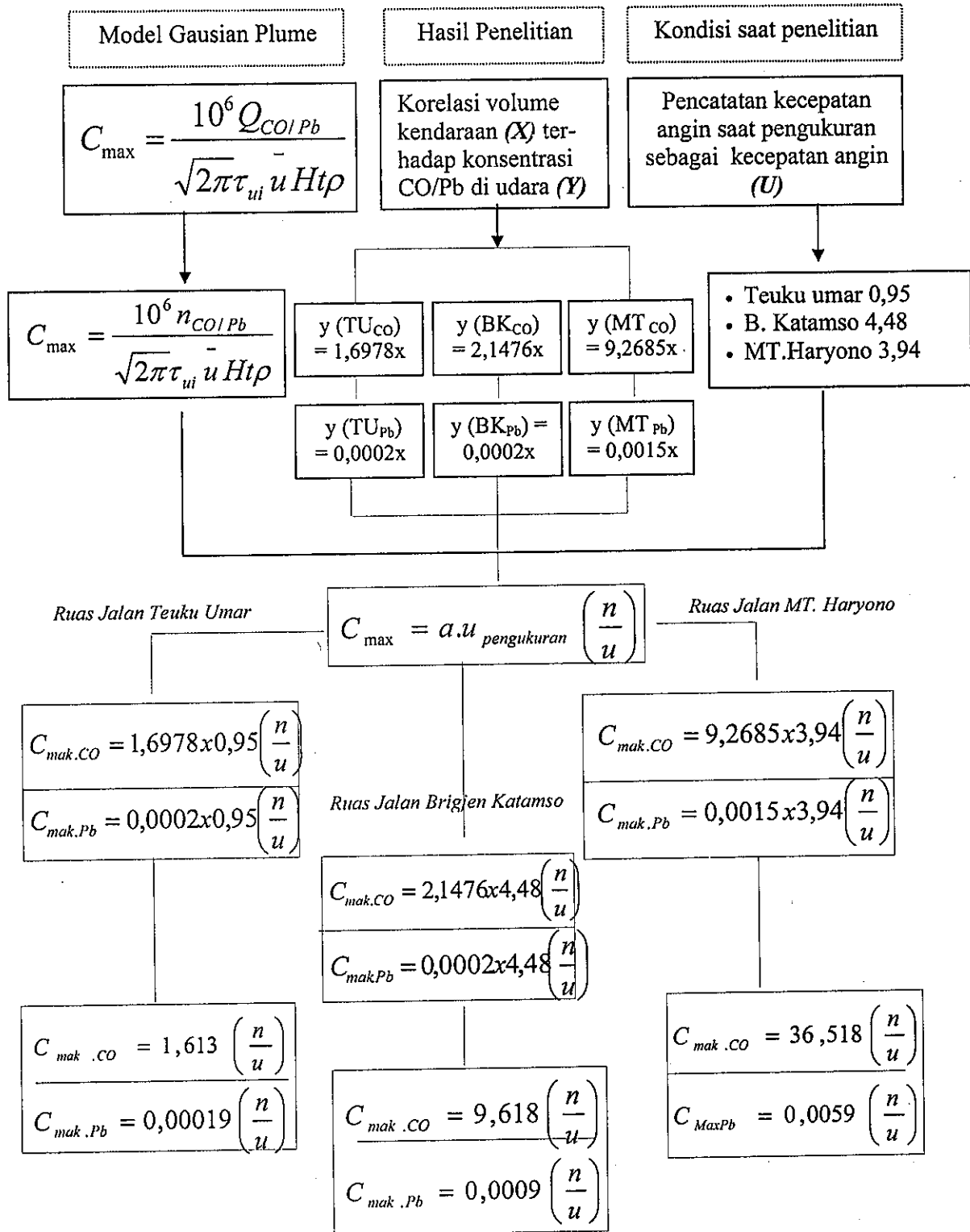
#### 4.1.6. Pemakaian Model Gaussian Plume

Penggunaan model yang digunakan sebagai alat (*tool*) guna melihat apakah hubungan diantara waktu, konsentrasi CO dan volume kendaraan benar-benar berkorelasi positif, seperti apa yang di nyatakan dalam analisis korelasi. *Model Gaussian Plume* dengan tahap penyusunan model persamaan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 28. Tahapan penyusunan model persamaan konsentrasi CO dan Pb di udara

Setelah rumusan didapat maka masukan nilai dari persamaan-persamaan tersebut seperti gambar dibawah ini :



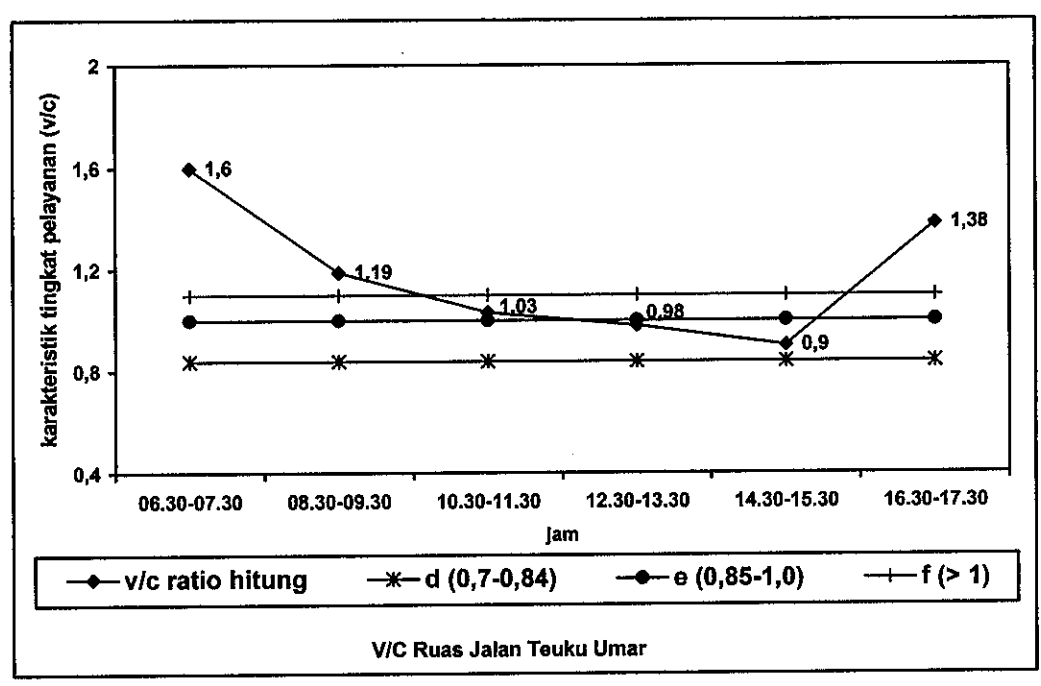
Gambar 29. Tahapan rinci penyusunan Model Persamaan Konsentrasi CO dan Pb di udara pada ruas jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono

## 4.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 4.2.1 Kemampuan Jalan Terhadap Lalu Lintas

Penghitungan volume kendaraan yang dilakukan di ketiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) dengan variasi jam-an, berhubungan dengan dimulainya aktifitas masyarakat. Sedangkan, pengukuran volume kendaraan dilakukan pada semua kendaraan yang memasuki jalan tersebut, hal ini dikarenakan setiap kendaraan yang menggunakan jalan akan memakan ruang jalan yang berakibat pada gangguan lalu lintas, dan gangguan kestabilan kecepatan lalu lintas.

Hasil perhitungan volume kendaraan terhadap tingkat pelayanan/LOS (rekomen-dasi pembacaan sebaiknya melihat pada tabel 9) pada jam-jam tertentu di tiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) adalah sebagai berikut :



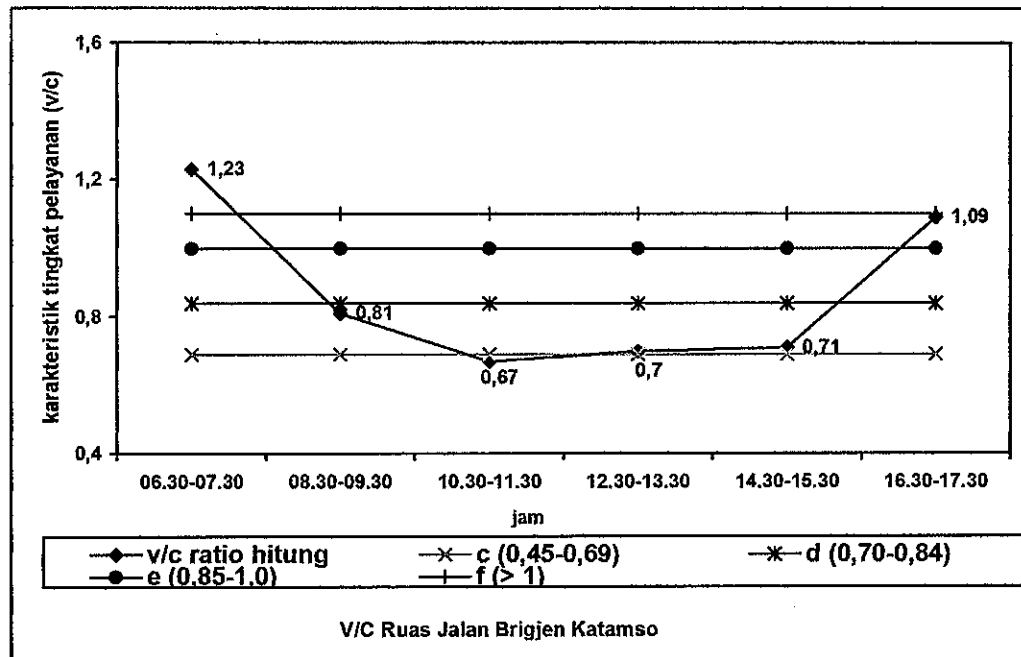
Gambar 30. : Perhitungan V/C per-jam pada ruas jalan Teuku Umar

Ruas jalan Teuku Umar, pada pagi hari didapatkan nilai V/C sangat tinggi dan melampaui tingkat pelayanan kategori "f" atau  $V/C > 1$ , yang artinya arus dipaksakan atau macet, kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, antrean yang panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar sementara batas terendah pada kategori tingkat pelayanan "d" atau  $V/C 0,70-0,84$  yang artinya arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, V/C masih dapat ditolerir.

Akibat dari V/C ratio tinggi maka ruas jalan Teuku Umar hampir sepanjang hari mengalami kepadatan lalu lintas, hal tersebut diindikasikan penyebab berkurangnya kecepatan lalu lintas pada ruas jalan ini adalah :

- Prilaku pengendara yang berhenti tidak pada tempatnya;
- Adanya perpotongan jalan dan variasi lajur dari 4 menjadi 2 lajur, yang berakibat pada penumpukan kendaraan;
- Lebar badan jalan yang bervariasi dan terjadinya penyempitan badan jalan (*bottle neck*).
- Perbedaan ketinggian (elevasi) jalan yang lumayan tinggi sekitar 25%

Tingginya nilai V/C ratio pada ruas jalan Teuku Umar juga disebabkan oleh banyaknya jenis kendaraan bus, truk, microbus dan angkot yang jumlahnya mendekati 50%. Dari hasil perhitungan volume kendaraan pada ruas jalan ini tercatat kendaraan berat (LV) mencapai 1204 unit dalam 12 jam di siang hari atau sekitar 100 unit per-jam (Lampiran 4), dapat di usulkan sebagai bahan pertimbangan memperbaiki manajemen dari lalu lintas untuk mengurangi kepadatan.

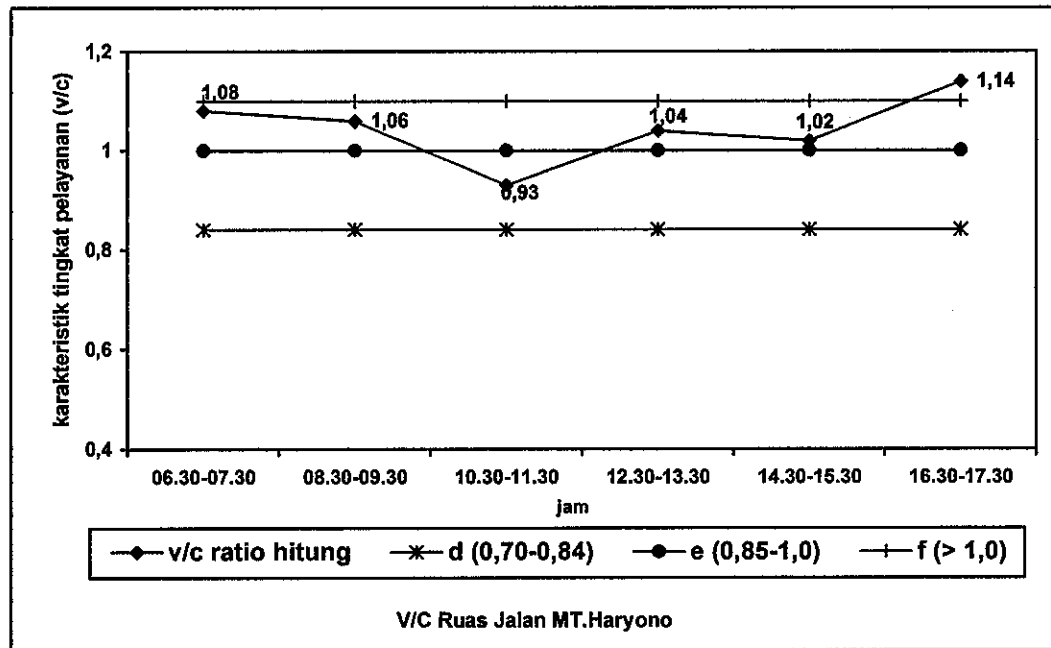


Gambar 31. Perhitungan V/C per-jam pada ruas jalan Brigjen Katamso

Ruas jalan Brigjen Katamso, mempunyai kecenderungan yang sama pada ruas jalan Teuku Umar terhadap tingkat pelayanan yang terjadi pada jam-jam tertentu, namun kecendungan ini masih agak baik karena batas terendah masih terdapat tingkat pelayanan "c" atau 0,45-0,69 yang artinya arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan sementara pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan.

Ruas jalan Brigjen Katamso dari hasil perhitungan V/C pada waktu-waktu penelitian (Gambar 40) dari jalan 06.30 hingga 17.30 mengalami fluktuatif tingkat pelayanan, hal ini dikarenakan lebar jalan lebih luas (21 meter) dibandingkan ruas jalan Teuku Umar (17,5 m) dan MT. Haryono (19 m), selain itu diberlakukannya arus lalu lintas satu arah pada pagi hari (jam 06.00-09.00 WIB) menjadikan beban jalan oleh kendaraan menjadi berkurang, dan hal tersebut adalah salah satu metode mengurangi kepadatan akibat besarnya volume lalu lintas. Hasil pengukuran untuk kendaraan berat terhitung 892 unit dalam 12 jam di siang hari (06.00-18.00) atau

sekitar 74 unit perjam (**Lampiran 5**, kendaraan berat yang melintasi ruas ini berkurang karena pembatasan kendaraan berat dengan jenis truk telah dilarang.



**Gambar 32..** Perhitungan V/C per-jam pada ruas jalan MT. Haryono

Ruas Jalan MT. Haryono, mempunyai kecenderungan yang berbeda terhadap kedua ruas jalan sebelumnya, terlihat sepanjang hari (pada jam-jam penelitian) mencapai tingkat pelayanan diatas “e” atau 0,85-1,0 yang artinya volume lalu lintas mendekati berada pada kapasitas, arus tidak stabil, kecepatan terkadang terhenti, sementara pada sore hari telah melampaui tingkat pelayanan “f” atau  $V/C > 1$ .

Tingginya tingkat pelayanan dan melihat kecenderungan yang terjadi pada ruas jalan MT. Haryono lebih disebabkan oleh banyaknya kendaraan jenis sepeda motor (52%), becak dan gerobak (9%). Selain itu pemakaian badan jalan digunakan sebagai tempat parkir sehingga lebar jalan efektif menjadi berkurang, sementara volume kendaraan berpotensi meningkat. Untuk kendaraan berat pada ruas jalan ini relative

sedikit mencapai 490 unit dalam 12 jam di siang hari atau sekitar 40 unit dalam 1 jam (Lampiran 6), hal ini disebabkan karena larangan bagi kendaraan besar (LV) pada pagi dan siang hari. Pada kondisi ini pembatasan kendaraan besar sangat baik, namun akibatnya kendaraan kecil banyak beroperasi dan menyumbangkan pencemar udara semakin banyak.

Kepadatan lalu lintas yang terjadi di ketiga ruas jalan tersebut, menurut UU No. 13 tahun 1980 adalah ketidak sesuaian status jalan tersebut (Jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) dengan klasifikasi jalan pada Sistem Jaringan Jalan (Tabel 2 dan 3), hal ini dikarenakan perkembangan tata guna lahan di sekitar ruas-ruas jalan tersebut memberikan tekanan pada jalan seperti munculnya perpotongan jalan (jalan Jangli, Jatingaleh I dan II, Telaga Bodas, Tegal Rejo di ruas jalan Teuku Umar; jalan Lamper, Kamal dan Barito di ruas jalan Brigjen Katamso, dan beberapa jalan kecil seperti pring gading pada ruas jalan MT. Haryono) dan juga pemakaian badan jalan sebagai tempat parkir kendaraan pada ruas jalan MT Haryono yang berakibat pada terganggunya kecepatan kendaraan yang berakibat pada hambatan lalu lintas berupa kemacetan hingga kecelakaan.

Sementara penggunaan *Model Gaussian Plume* yang digunakan untuk memprediksi besarnya konsentrasi CO jika  $V/C = 1$ , didapatkan konsentrasi CO telah jauh diatas ambang batas Baku Mutu Udara Ambient Propinsi Jawa Tengah yang dapat dilihat pada Lampiran 11, 12 dan 13.

#### 4.2.2. Konsentrasi CO (Karbonmonoksida)

Hasil pengukuran, konsentrasi CO di udara pada ruas jalan Jalan Teuku Umar dan Brigjen Katamso ditemukan nilai tertinggi pada pagi (06.30-07.30 WIB) dan sore hari (16.30-17.30 WIB), sementara ruas jalan MT. Haryono konsentrasi tertinggi

volume kendaraan pada ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono), maka sebaran konsentrasi CO di udara dapat dinyatakan dengan model persamaan sebagai berikut :

Model Persamaan sebaran CO di udara yang digunakan adalah :

$$\downarrow \text{ Ruas Jalan Teuku Umar} : C_{mak.CO} = 1,613 \frac{n}{u}$$

$$\downarrow \text{ Ruas jalan Brigjen Katamso} : C_{mak.CO} = 9,618 \frac{n}{u}$$

$$\downarrow \text{ Ruas jalan MT. Haryono} : C_{mak.CO} = 36,518 \frac{n}{u}$$

Keterangan :

C = Konsentrasi CO di udara ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

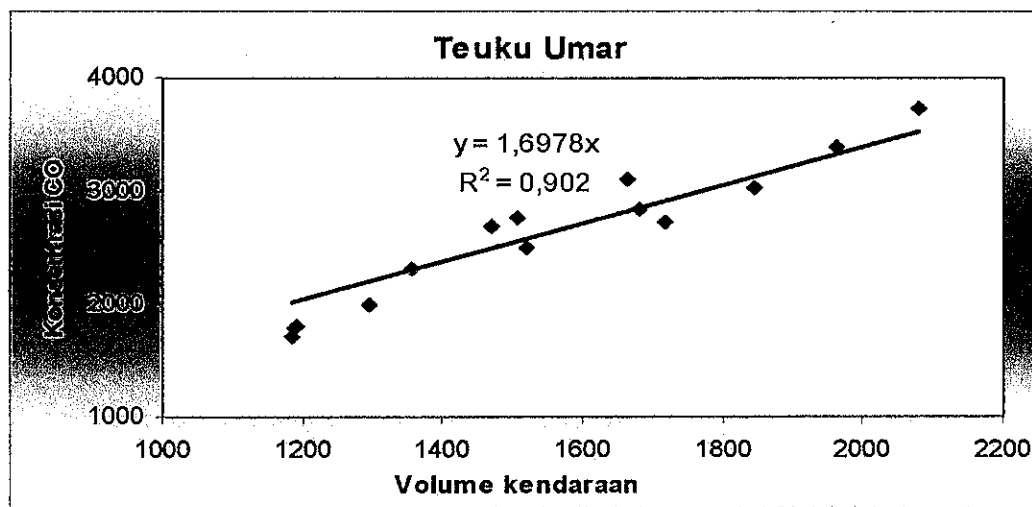
n = Volume kendaraan (unit)

u = Kecepatan angin (m/detik)

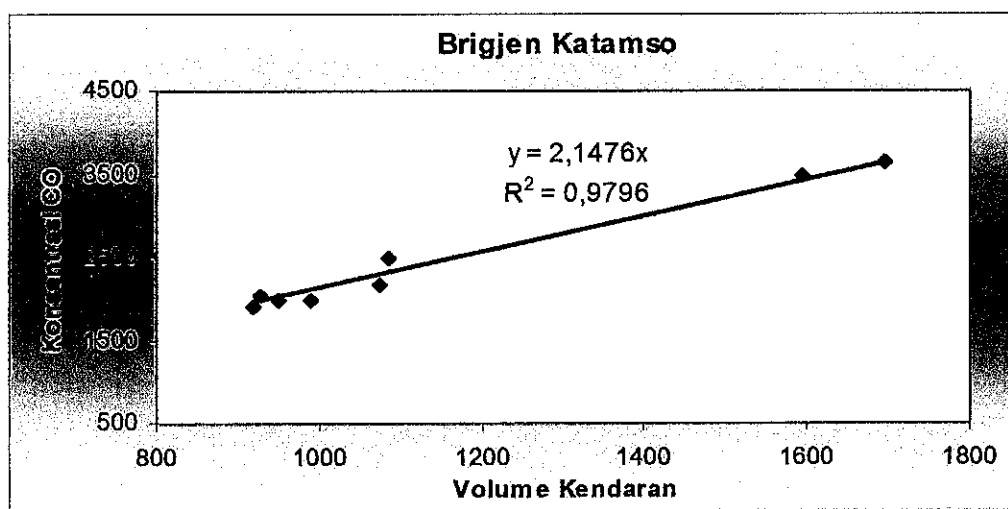
(1,613); (9,618); (36,518) = Konstanta

Konstanta pada model persamaan di ketiga ruas jalan ditunjukkan dengan nilai yang bervariasi. Hal ini diyakini oleh kondisi lingkungan sekitar di ketiga ruas jalan yang berbeda. Lebih lanjut dapat dijelaskan pada model persamaan di ketiga ruas jalan, bahwa volume kendaraan sebagai sumber emisi berbanding lurus dengan konsentrasi CO di udara, sementara kecepatan angin berbanding terbalik, dimana dengan kecepatan angin yang tinggi proses sebaran CO di udara menjadi semakin cepat sehingga proses pengenceran konsentrasi CO di udara terjadi.

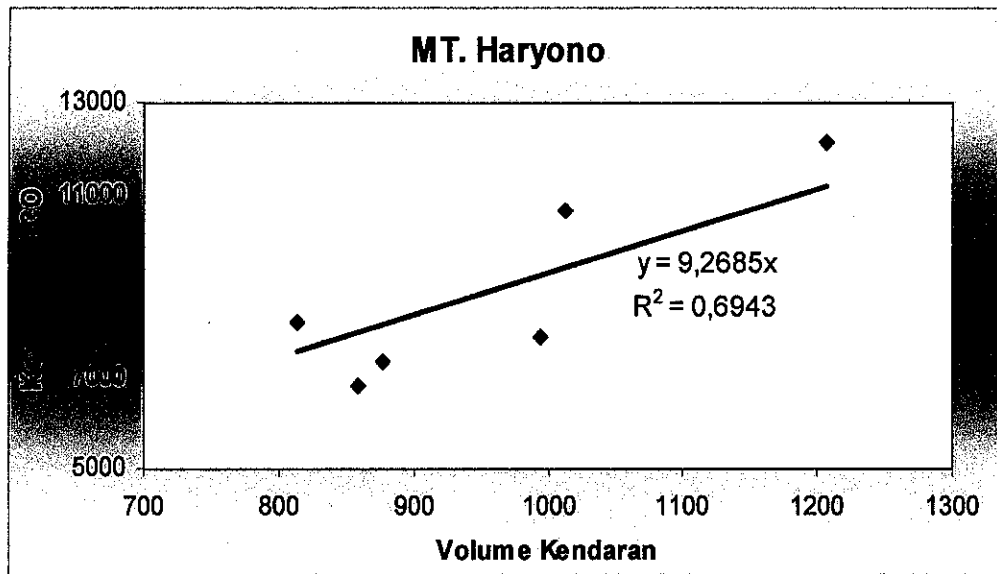
ditemukan pada sore hari (16.30-17.30 WIB). Tingginya konsentrasi CO diyakini disebabkan oleh volume kendaraan, dimana volume kendaraan pada jam-jam tersebut merupakan jumlah yang tertinggi, sedangkan korelasi antara volume kendaraan terhadap perubahan konsentrasi CO bersifat positif dan dapat ditunjukkan pada Gambar 33, 34 dan 35 sebagai berikut.



**Gambar 33.** Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi CO pada ruas jalan Teuku Umar

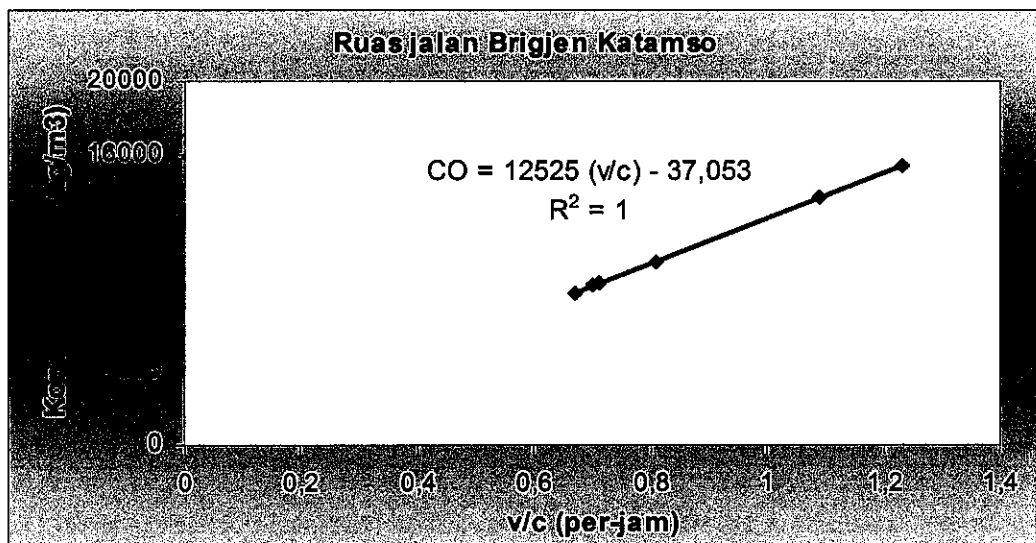


**Gambar 34.** Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi CO pada ruas jalan Brigjen Katamso

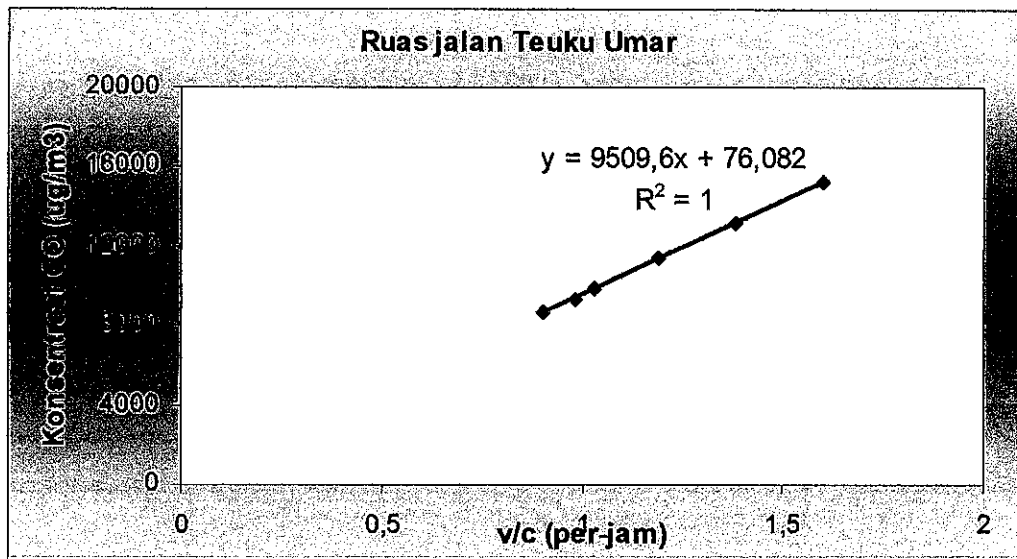


**Gambar 35.** Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi CO pada ruas jalan MT. Haryono

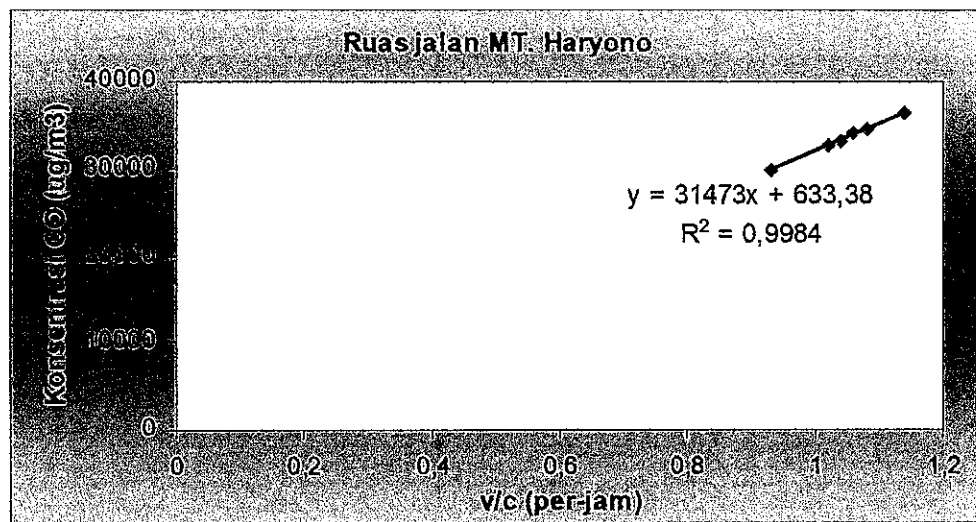
Untuk hubungan antara tingkat pelayanan ( $V/C$ ) terhadap konsentrasi CO berkorelasi positif dapat dilihat pada gambar 36, 37 dan 38 berikut ini :



**Gambar 36.** Korelasi antara  $V/C$  terhadap konsentrasi CO pada ruas jalan Teuku Umar



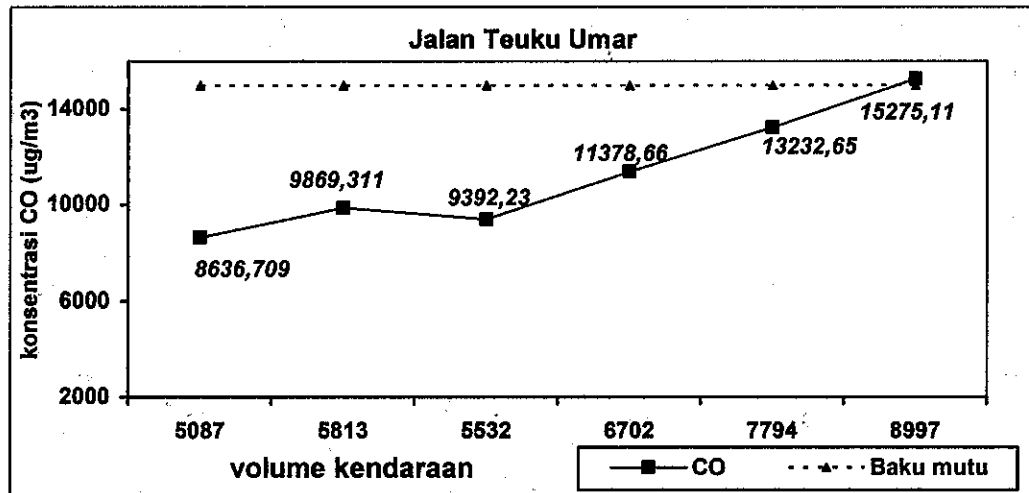
**Gambar 37.** Korelasi antara V/C terhadap konsnetrasi CO pada ruas jalan Brigjen Katamso



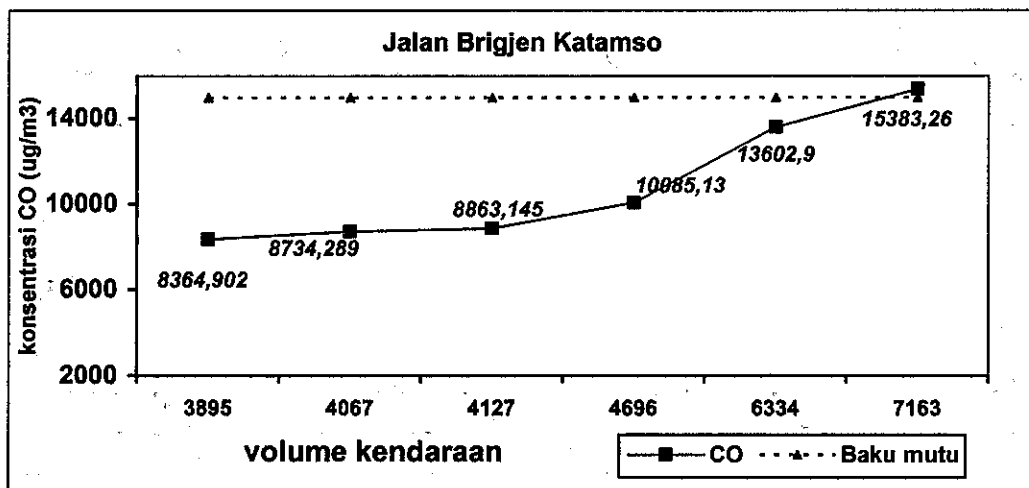
**Gambar 38.** Korelasi antara V/C terhadap konsnetrasi CO pada ruas jalan MT. Haryono

Korelasi volume kendaraan terhadap konsentrasi CO di udara di ketiga ruas jalan didapatkan berbeda yaitu ruas jalan MT. Haryono ( $y = 9,2685x$ ), Teuku Umar ( $y = 1,6978x$ ) dan Brigjen Katamso ( $y = 2,1476x$ ). Maka sebagai dasar penggunaan *Model Gaussian Plume* yang digabungkan dengan konsentrasi CO di udara terhadap

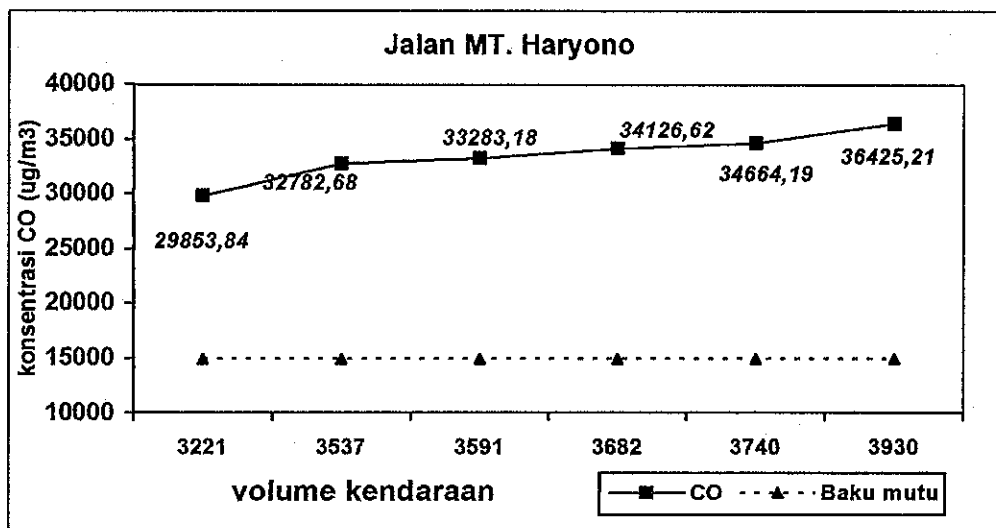
Adapun hubungan antara perubahan volume kendaraan terhadap perubahan konsentrasi di udara di ketiga ruas jalan dapat disajikan pada gambar 39, 40 dan 41 berikut :



**Gambar 39.** Perubahan konsesntansi CO di udara pada ruas jalan Teuku Umar berdasarkan volume kendaraan

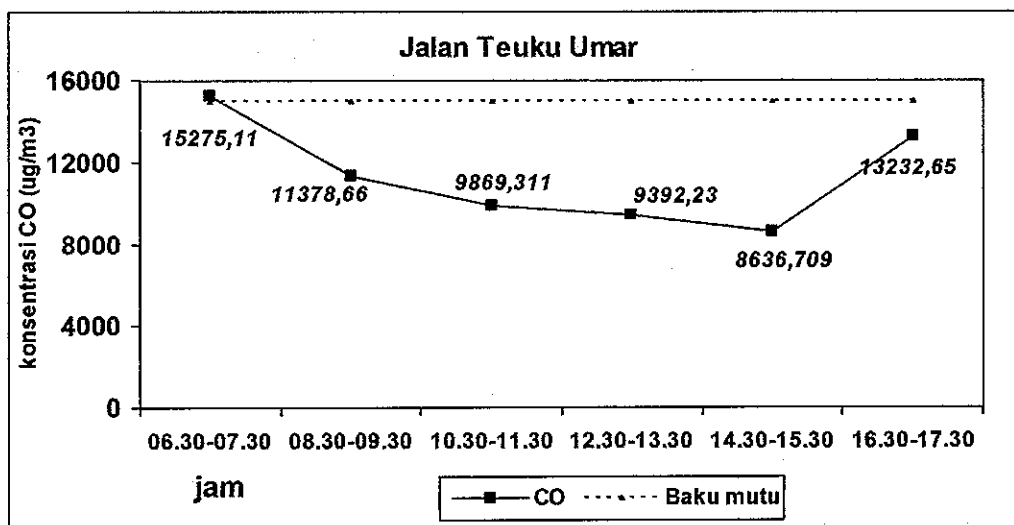


**Gambar 40.** Perubahan konsesntansi CO di udara pada ruas jalan Brigjen Katamso berdasarkan volume kendaraan

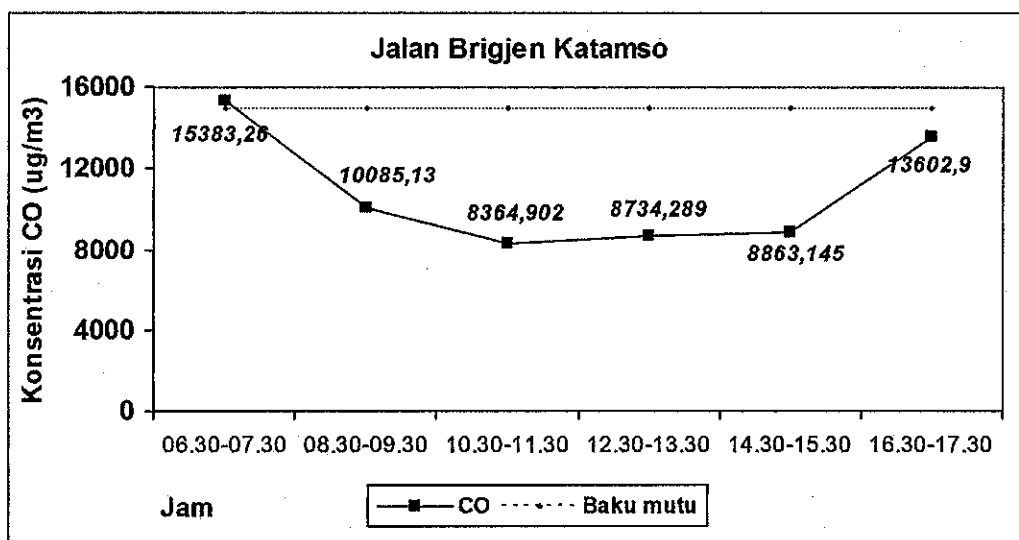


**Gambar 41.** Perubahan konsesentrasi CO di udara pada ruas jalan MT. Haryono berdasarkan volume kendaraan

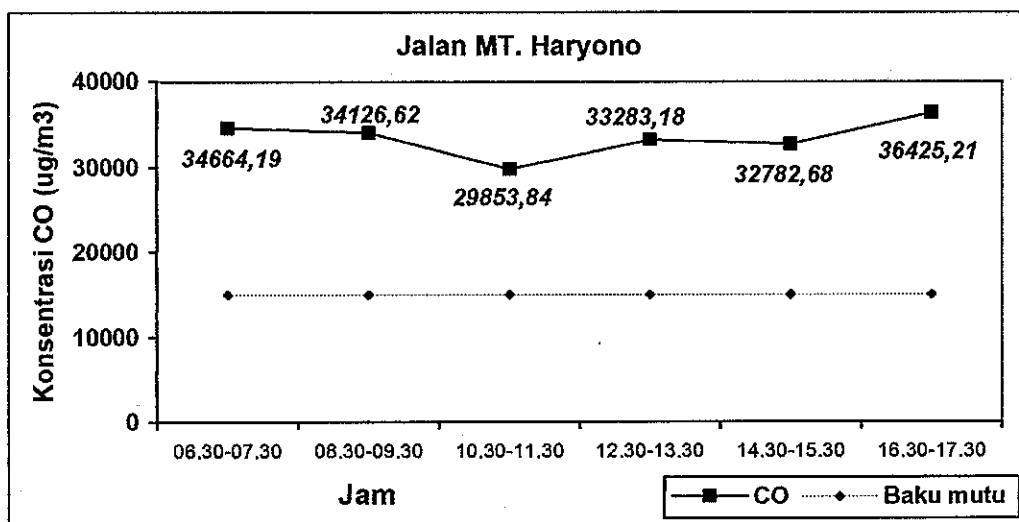
Pengukuran konsentrasi CO (Karbonmonoksida) terhadap hasil emisi yang berasal dari kendaraan bermotor di jalan dilakukan dengan menggunakan analisis NDIR pada jam-jam tertentu, hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 42, 43 dan 44 sebagai berikut :



**Gambar 42.** Hasil pengukuran CO pada ruas jalan Teuku Umar berdasarkan pengamatan pada jam 06.00-18.00 WIB



**Gambar 43.** Hasil pengukuran CO pada ruas jalan Brigjen Katamso berdasarkan pengamatan pada jam 06.00-18.00 WIB



**Gambar 44.** Hasil pengukuran CO pada ruas jalan MT. Haryono berdasarkan pengamatan pada jam 06.00-18.00 WIB

Beberapa peneliti menemukan, bahwa sumber emisi yang dominan dari CO di perkotaan adalah gas buang kendaraan bermotor, sebagaimana hasil studi Laboratorium Udara Jurusan Teknik Lingkungan ITB yang dilakukan di Kota

Semarang (1999), ditemukan bahwa sektor transportasi memberikan sumbangan CO di udara perkotaan sebesar 95%, sedangkan berdasarkan catatan NKLD Jawa Tengah (2000), mobil berbahan bakar bensin memberikan pasokan 88% CO di udara setiap tahunnya, dan prosentase tersebut akan selalu meningkat seiring dengan tingkat penambahan volume kendaraan yang beroperasi.

Dijelaskan pula oleh Fardiaz, S (1992), konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktifitas kendaraan, dimana semakin ramai kendaraan bermotor yang ada, semakin tinggi tingkat polusi CO di udara. Penyebab lain tingginya konsentrasi CO di udara juga disebabkan oleh sifat CO yang memiliki waktu tinggal di atmosfer mencapai 4 bulan, sehingga akumulasi konsentrasi CO dapat terjadi.

Perlambatan arus kendaraan dan kemacetan, merupakan salah satu factor utama terjadinya peningkatan CO di udara. Bambang (2002), dalam penelitiannya menyatakan bahwa emisi gas buang kendaraan dalam kondisi macet menghasilkan CO 12 kali lebih tinggi dibandingkan pada kondisi jalan yang lancar (lancar). Demikian juga Bapedal (1997) membedakan emisi konsentrasi CO berdasarkan kondisi kendaraan, dimana pada kondisi perlambatan dan diam (*Stasioner*) emisi CO yang ditimbulkan tertinggi yaitu mencapai 3,9 – 6,9%, sedangkan menurut Sidjabat (2000), pada pengoperasian kendaraan yang sama konsentrasi CO yang terbuang mencapai 6%.

Ditegaskan oleh Asmoro (2002), kecepatan rata-rata dan ratio volume per kapasitas V/C ratio merupakan aspek lalu lintas yang mempunyai korelasi paling signifikan terhadap CO ambient, sedangkan dijelaskan bahwa kecepatan rata-rata kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO di udara. Tingginya pemakaian kendaraan bermotor berbahan bakar bensin juga berpengaruh terhadap peningkatan

konsentrasi CO di udara (Bapedal, 1999). Sedangkan hasil perhitungan jumlah kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin yang melintas di ketiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) rata-rata adalah 98%. (Tabel 42), oleh karenanya emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan berat (LV) sangat kecil sekali terhadap konsentrasi CO.

Penyebab utama kepadatan lalu lintas adalah terjadinya pelipatgandaan volume kendaraan pada suatu ruas jalan. Padatnya kendaraan pada pagi dan sore hari selalu terjadi di ketiga ruas jalan tersebut, seperti pada pagi hari (06.30-07.30 WIB) kepadatan terjadi karena waktu aktifitas masuk sekolah dan bekerja yang bersamaan, sementara untuk sore hari (16.30-17.30 WIB) kepadatan agak menurun namun masih masuk dalam kategori padat, penurunan ini disebabkan karena waktu berakhirnya aktifitas yang tidak bersamaan selain waktu senggang masih tersisa panjang.

Kondisi ruas jalan juga berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi CO di udara. Hasil penelitian yang dilakukan pada 3 (tiga) ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso, dan MT Haryono), konsentrasi CO di udara mengalami peningkatan yang berbeda. Perbedaan peningkatan konsentrasi CO di udara pada ketiga ruas jalan tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 39, 40, dan 41.

Tingginya konsentrasi CO di udara pada ruas jalan MT Haryono disebabkan antara lain oleh kondisi lingkungan sekitar ruas jalan, dimana lingkungan sekitar ruas jalan MT. Haryono sangat padat oleh bangunan dan kurangnya ruangan terbuka karena merupakan daerah komersial dengan tingkat kerapatan bangunan dari jenis ruko (rumah toko) sangat tinggi, sehingga sirkulasi udara menjadi sangat rendah. Beroya (2000), berpendapat bahwa pada daerah perkotaan kecepatan pembersihan CO sangat lambat karena kecepatan disperse dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorology, antara lain kecepatan arah angin, turbulensi udara dan stabilitas atmosfer, bahkan di

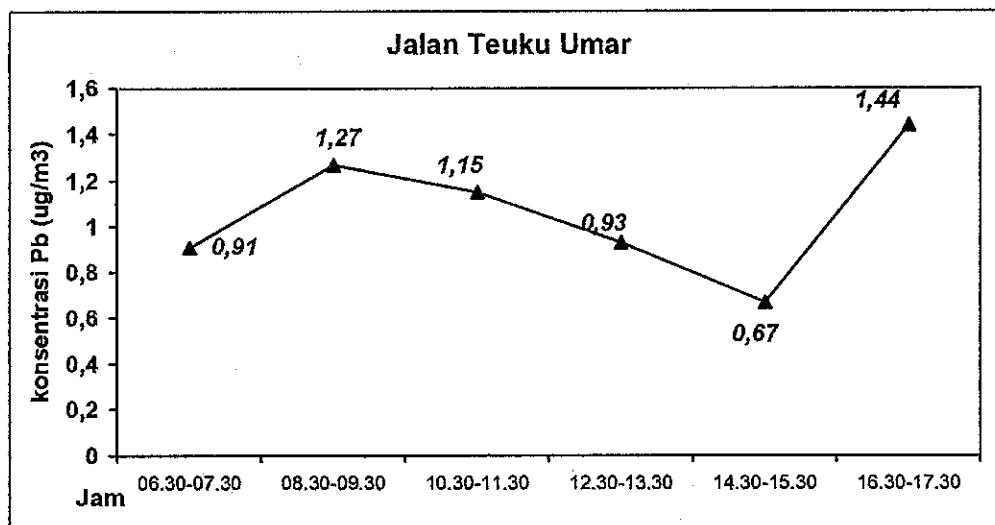
kota-kota besar meskipun turbulensi udara dan stabilitas atmosfer bergerak dan aliran udara di atas dan di sekeliling bangunan, namun karena keterbatasan ruang maka gerakan udara terbatas sehingga konsentrasi CO di udara dapat meningkat.

Mengingat CO merupakan gas buang hasil efek samping proses pembakaran yang tidak sempurna, maka aspek tingkat efisiensi pembakaran merupakan aspek yang perlu dipertimbangkan. Salah satu terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna adalah keausan komponen kendaraan, dan hal ini biasanya ditemui pada kendaraan yang tergolong usia tua. Sebagaimana penelitian Chan (2001) yang membandingkan konsentrasi emisi pada tahun 1990 dan 2001 di dua lokasi di kota Hongkong. Ditemukan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam pembatasan umur penggunaan mobil yaitu sebesar 90-98%. Berdasarkan pengamatan di ketiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) hampir 90% angkutan umum tergolong usia tua (keluaran sebelum tahun 1990).

Penggunaan Model yang diterapkan pada peningkatan konsentrasi CO di udara pada ruas jalan Teuku Umar didapatkan persamaan penyimpangan sebesar 0,1%, artinya *Model Gaussian Plume* baik sekali digunakan untuk ruas jalan Teuku Umar dengan kondisi yang hamper bersamaan dengan ruas jalan Teuku Umar. (Lampiran 5). Sementara untuk ruas jalan Brigjen Katamso perhitungan persamaan dengan penyimpangan sebesar -0,03 % kondisi ini masih dimasukan dalam kategori baik. (Lampiran 6). Dan untuk ruas jalan MT. Haryono perhitungan persamaan didapatkan sangat baik dan cocok di gunakan pada ruas jalan ini karena mendapatkan hasil penyimpangan sebesar 0 % . (Lampiran 7).

### 4.2.3 Perubahan Konsentrasi Pb (Timbal) di Udara

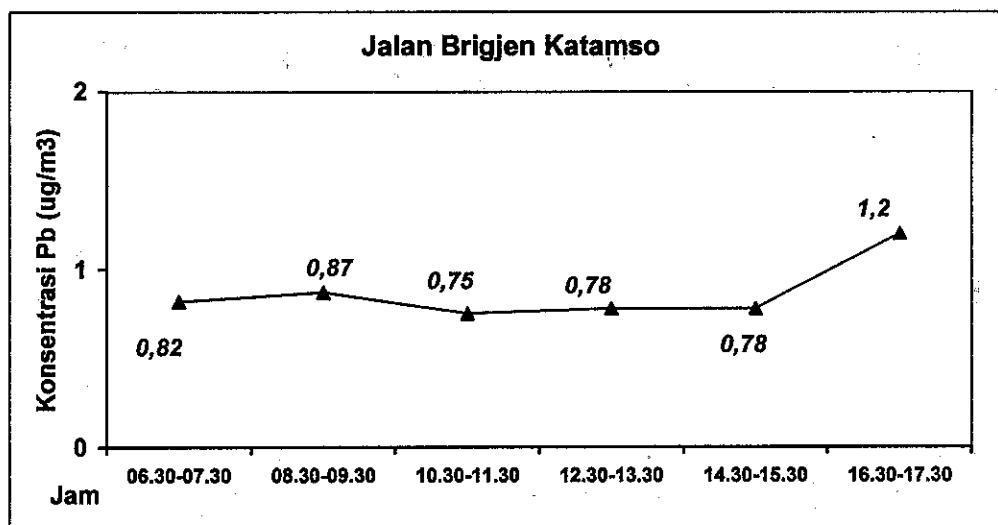
Pengukuran konsentrasi Pb (Timbal) yang dilakukan dengan alat HVAS diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Gambar 45, 46 dan 47 sebagai berikut :



**Gambar 45.** Hasil pengukuran Pb (Timbal) pada ruas jalan Teuku Umar

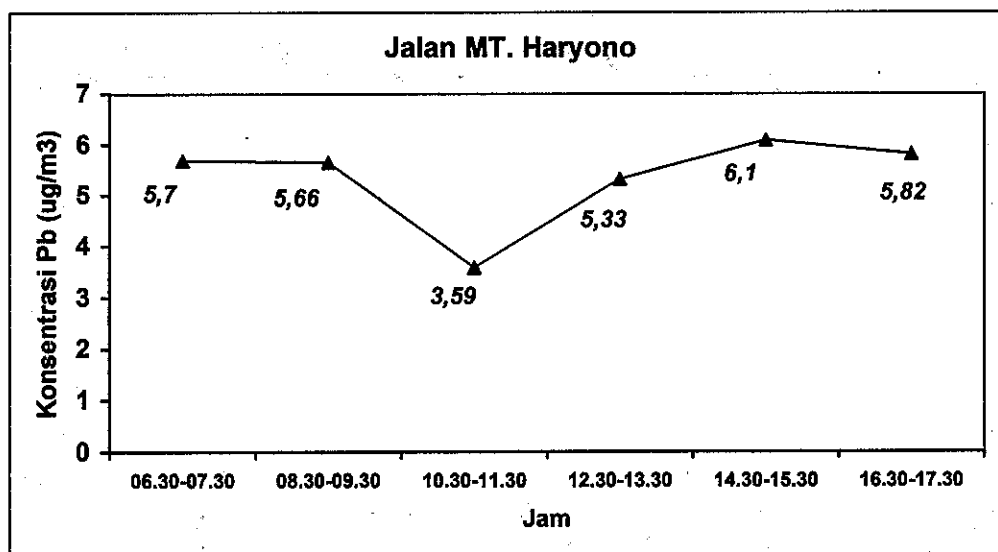
Konsentrasi Pb yang didapatkan pada ruas jalan Teuku Umar terdapat penyimpangan pada pagi hari yaitu berupa menurunnya hasil konsentrasi Pb sementara volume kendaraan mencapai titik tertinggi pada pagi hari, fenomena disebabkan banyaknya kemungkinan-kemungkinan yang terjadi, seperti arah angin yang berputar arah pada pagi dan siang hari.

Namun secara keseluruhan dapat di analisa bahwa konsentrasi Pb tertinggi terjadi pada sore hari (16.30-17.30) disaat para pengguna jalan melakukan kegiatan pulang kerumah dan atau berpergian..



Gambar 46. Hasil pengukuran Pb (Timbal) pada ruas jalan Brigjen Katamso

Demikian halnya dengan ruas jalan Bigjen Katamso, terjadi fenomena yang sama pada ruas jalan Teuku Umar, yaitu pada pagi hari pengukuran konsentrasi Pb mengalami penyimpangan. konsentrasi tertinggi ditemukan pada sore hari dimana aktifitas telah usai yaitu pada jam 16.30-17.30

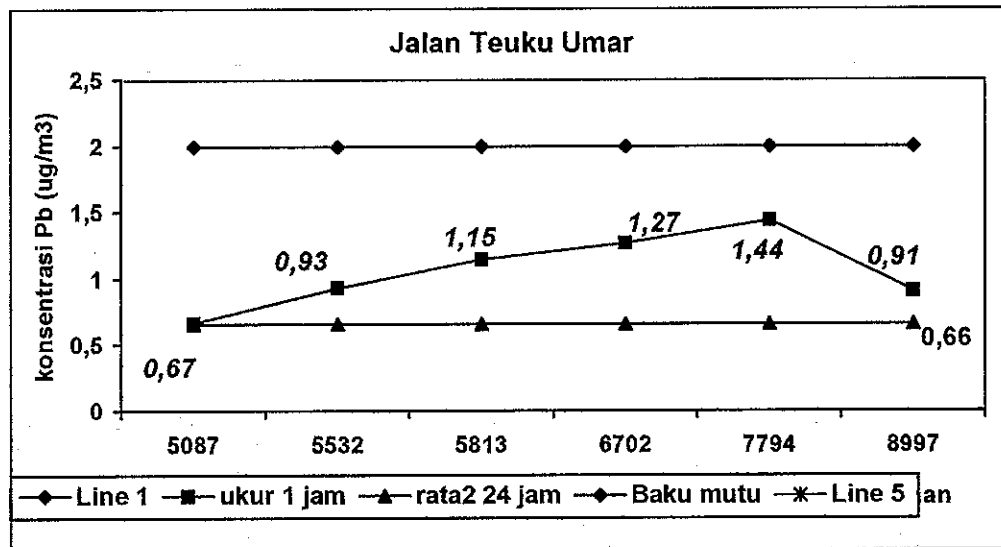


Gambar 47. Hasil pengukuran Pb (Timbal) pada ruas jalan MT. Haryono

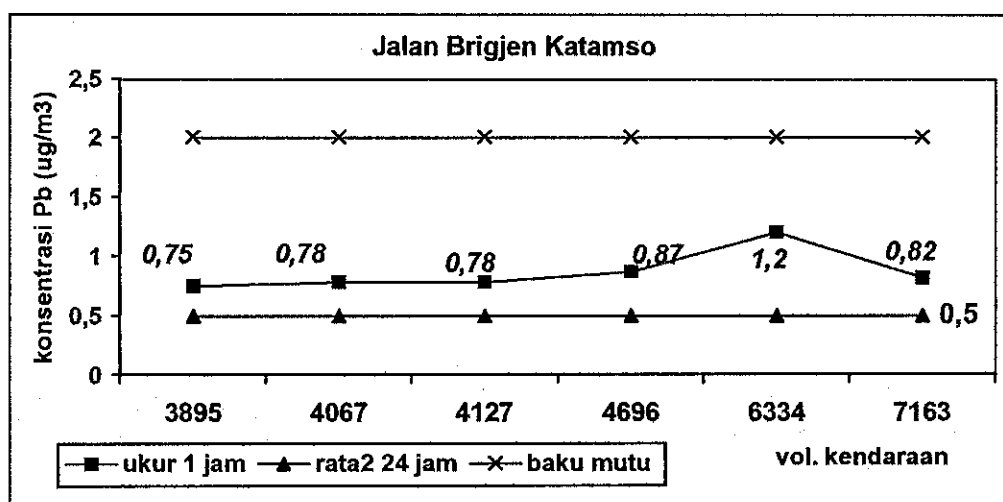
Sementara untuk ruas jalan MT. Haryono, konsentrasi Pb sepanjang hari terlihat sangat tinggi, hal ini disebabkan oleh kondisi jalan yang berada pada pusat perdagangan dengan kondisi bangunan rapat (ruko) yang berakibat kepada terjebakny udara polutan pada ruang ruas jalan MT. Haryono dan berakibat pada tingginya konsentrasi CO pada ruas jalan taersbut.

Hasil pengukuran Pb di udara ambient tidak dapat di bandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambient Propinsi Jawa Tengah, hal ini disebabkan karena pengukuran konsentrasi Pb di udara dilakukan dalam waktu 1 jam sementara dalam Baku Mutu Udara Ambient Propinsi Jawa Tengah pengukuran dilakukan dalam waktu 24 jam.

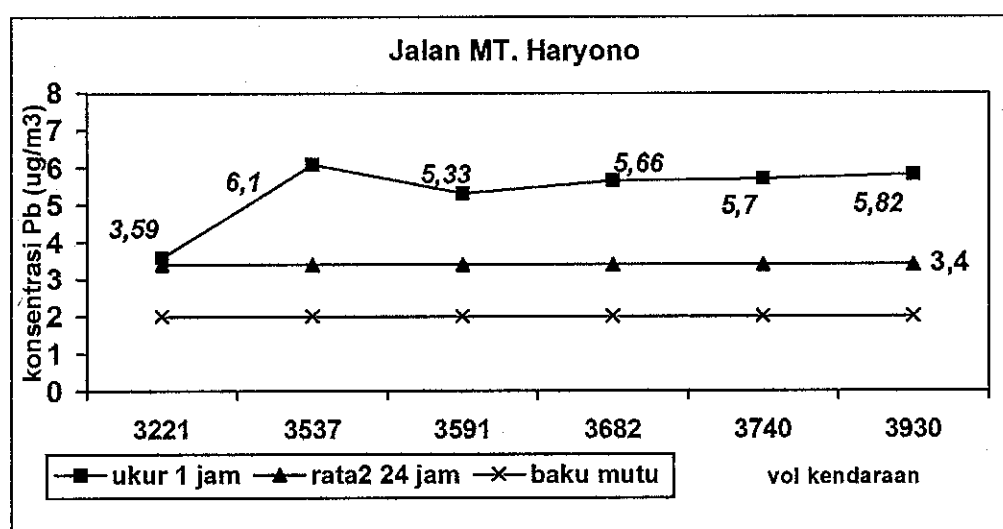
Agar dapat dibandingkan konsentrasi Pb pengukuran dengan Baku Mutu Udara Ambient Propinsi Jawa Tengah maka diperlukan perhitungan matematis. Berikut gambaran dari hasil perhitungan konsentrasi Pb yang dapat dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambient Propinsi Jawa Tengah.



**Gambar 48.** Konsentrasi Pb (timbangan) terhadap baku mutu udara ambient propinsi Jawa Tengah pada ruas jalan Teuku Umar

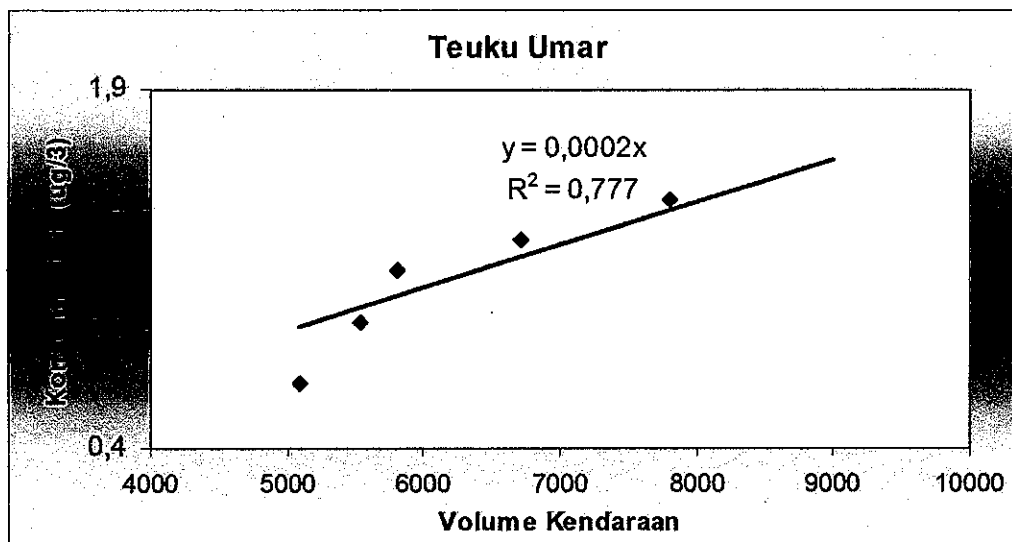


**Gambar 49.** Konsentrasi Pb (timbal) terhadap baku mutu udara ambient propinsi Jawa Tengah pada ruas jalan Brigjen Katamso

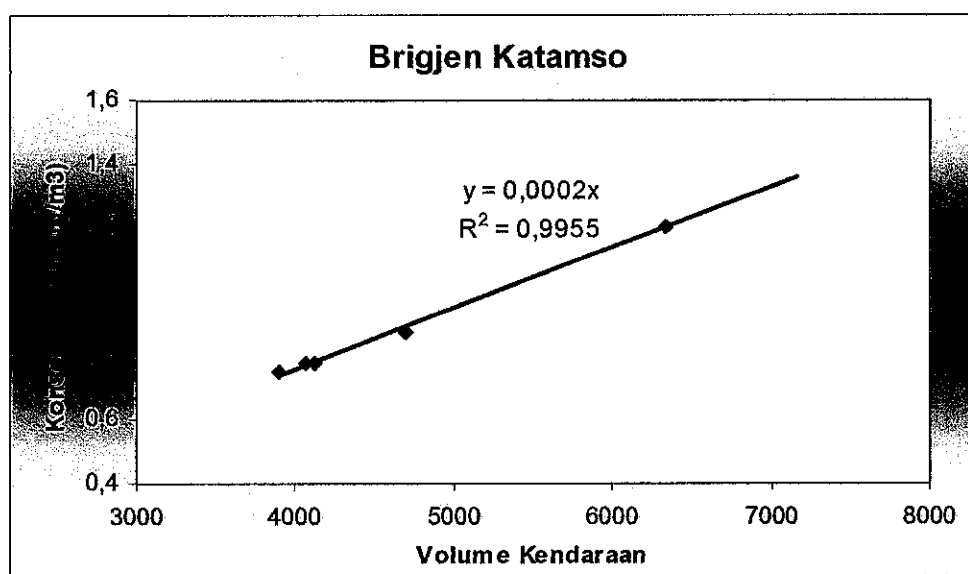


**Gambar 50.** Konsentrasi Pb (timbal) terhadap baku mutu udara ambient propinsi Jawa Tengah pada ruas jalan MT. Haryono

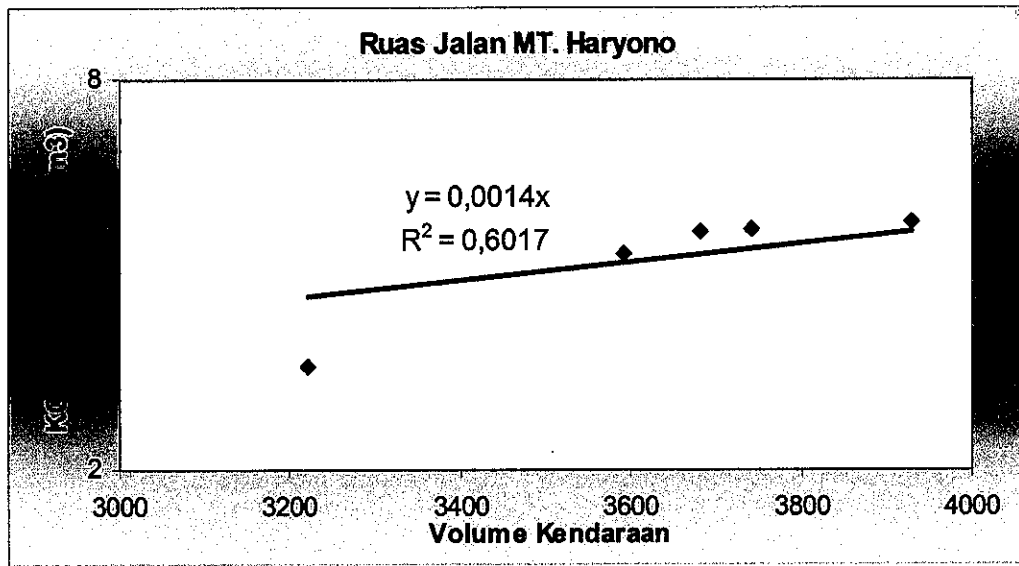
Tingginya konsentrasi Pb diduga kuat juga berkorelasi positif terhadap perubahan volume kendaraan, korelasi tersebut dapat di lihat pada Gambar 51, 52 dan 53 sebagai berikut :



**Gambar 51.** Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi Pb pada ruas jalan Teuku Umar

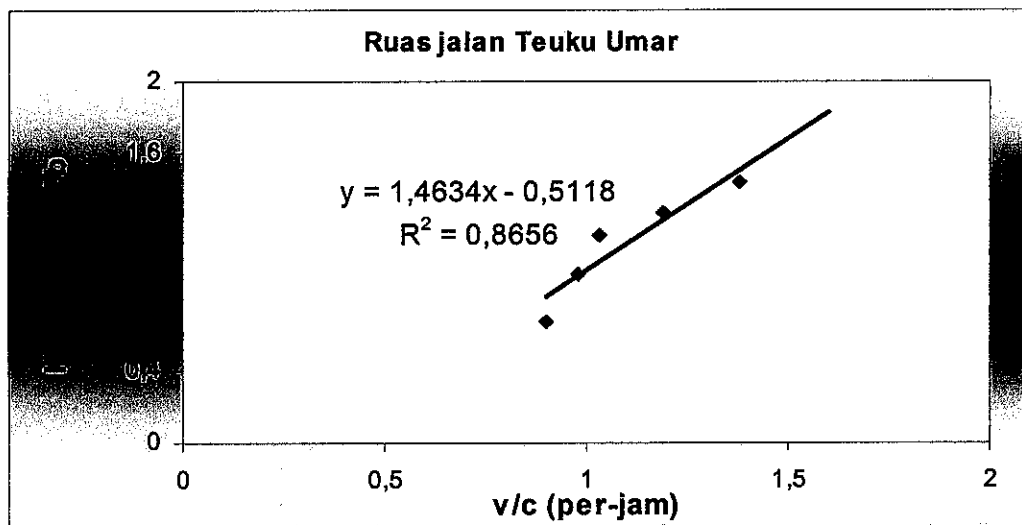


**Gambar 52.** Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi Pb pada ruas jalan Brigjen Katamso



**Gambar 53.** Korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi Pb pada ruasjalan MT. Haryono

Sementara hubungan Pb dengan tingkat pelayanan atau V/C di ketiga ruas jalan tersebut berkorelasi positif yang artinya adanya hubungan antara V/C dengan konsentrasi Pb, hal ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :



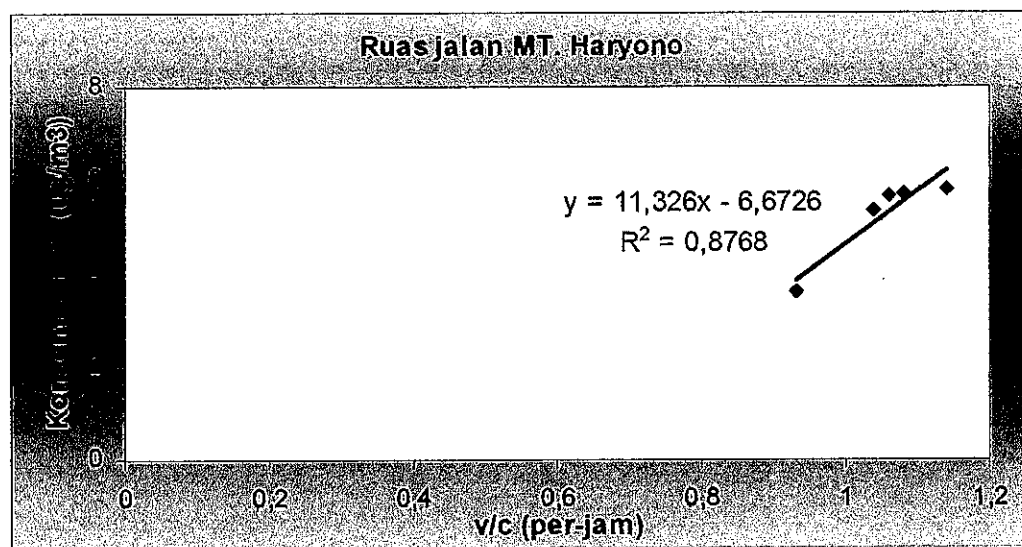
**Gambar 54.** Hubungan antara konsentrasi Pb dengan V/C pada ruas jalan Teuku Umar

Pada ruas jalan Teuku Umar hubungan antara V/C kendaraan jelas berkaitan dan saling bergantung dengan konsentrasi Pb yang dinyatakan dalam  $R^2 = 0,8656$



**Gambar 55.** Hubungan antara konsentrasi Pb dengan V/C pada ruasjalan Brigjen Katamso

Pada ruas jalan Brigjen Katamso hubungan antara V/C ratio kendaraan dengan konsentrasi Pb sangat kuat, hal tersebut dapat dilihat pada nilai  $R^2 = 0,9933$  yang mendekati 1.



**Gambar 56.** Hubungan antara konsentrasi Pb dengan V/C pada ruas jalan MT. Haryono

Demikian juga dengan ruas jalan MT. Haryono hubungan kuat antara V/C kendaraan dengan konsentrasi Pb dinyatakan dalam  $R^2 = 0,8766$

Dengan cara perhitungan yang sama dengan konsentrasi CO maka menggunakan *Model Gaussian Plume* dan Korelasi dari ketiga ruas jalan Teuku Umar ( $y = 0,0002x$ ), Brigjen Katamso ( $y = 0,0002x$ ), dan MT. Haryono ( $y = 0,0015x$ ) antara konsentrasi Pb di udara dengan volume kendaraan pada ruas jalan tersebut, untuk sebaran konsentrasi Pb di udara dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

Model Persamaan sebaran Pb di udara yang digunakan adalah :

$$\downarrow \text{ Ruas Jalan Teuku Umar} \quad : \quad C_{\max .Pb} = 0,00019 \cdot \frac{n}{u}$$

$$\downarrow \text{ Ruas jalan Brigjen Katamso} \quad : \quad C_{\max .Pb} = 0,00090 \cdot \frac{n}{u}$$

$$\downarrow \text{ Ruas jalan MT. Haryono} \quad : \quad C_{\max .Pb} = 0,0059 \cdot \frac{n}{u}$$

Keterangan :

C = Konsentrasi Pb di udara ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

n = Volume kendaraan (unit)

u = Kecepatan angin (m/detik)

5263; 1116,06; 169,19 = Konstanta

Konstanta pada model persamaan konsentrasi Pb di udara di ketiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso, dan MT. Haryono) ditunjukkan dengan nilai yang bervariasi, Hal ini diyakini oleh kondisi lingkungan sekitar ruas jalan dan kecepatan

angin yang berbeda. Lebih lanjut dapat dijelaskan pada model persamaan di ketiga ruas jalan tersebut, bahwa volume kendaraan sebagai sumber emisi berbanding lurus dengan konsentrasi Pb di udara, sementara kecepatan angin berbanding terbalik, dimana dengan kecepatan yang tinggi proses sebaran Pb di udara menjadi semakin cepat sehingga proses pengenceran konsentrasi Pb di udara terjadi.

Hal ini terjadi karena saat aliran gas yang terkontaminasi polutan keluar dari knalpot kendaraan yang akan membentuk kolom asap (*plume*) dan bercampur dengan udara ambient sehingga mengalami pengenceran, dengan adanya aliran udara akan menekan kolom asap searah dengan arah angin.

Mengingat Pb (Timbal) merupakan bahan tambahan (*aditif*) yang digunakan untuk *anti knocking compound* berupa TEL (*Tertra Ethyl Lead*) dan terhalogen yang selanjutnya teruapkan keluar melalui knalpot kendaraan, sehingga peningkatan konsentrasi Pb di lingkungan perlu diwaspadai. Sebagaimana menurut Sulzer (1987), dalam setiap jarak tempuh polutan timah hitam yang dihasilkan bensin sebesar 0,09 gram, sedangkan berdasarkan pengamatan di tiga lokasi penelitian (jalan Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) kendaraan yang melintasi sebanyak 98-99% tergolong kendaraan berbahan bensin.

Penelitian tentang konsentrasi Pb di udara masih sangat sedikit ditemukan namun dugaan kuat korelasi konsentrasi Pb di udara terhadap volume kendaraan dapat dilakukan pendekatan terhadap penelitian-penelitian terdahulu seperti ditemukannya 30-46% pengemudi dan polisi serta 50% pedagang kaki lima di Bandung memiliki kadar Pb dalam darahnya diatas ambang normal, yaitu lebih besar dari 40 ug/dl darah (Haryanto). Penelitian lain dilakukan oleh pusat pengawasan dan pencegahan penyakit Amerika Serikat (2001) yang melakukan studi tentang tingkat Pb dalam darah pada anak-anak umur dibawah 6 tahun yang tinggal di Jakarta mencapai 10 ug/m<sup>3</sup>.

Penggunaan *Model Gaussian Plume* yang dilakukan untuk mengetahui penyimpangan korelasi peningkatan konsentrasi Pb di udara pada ruas jalan Teuku Umar didapatkan persamaan penyimpangan rata-rata 12 %. (**Lampiran 8**). Sementara untuk ruas jalan Brigjen Katamso perhitungan persamaan dengan penyimpangan sebesar 5,62 % (**Lampiran 9**). Dan untuk ruas jalan MT. Haryono perhitungan persamaan didapatkan hasil penyimpangan sebesar -0,11 % . (**Lampiran 10**). Dari hasil perhitungan dengan menggunakan *Model Gaussian Plume* untuk konsentrasi Pb tidak sebaik perhitungan pada konsentrasi CO, walaupun penyimpangan tidak terlalu besar namun disarankan perlu dilakukan penelitian atau perhitungan kembali terhadap konsentrasi Pb.

#### 4.3 Indeks Pencemaran Udara

Dari hasil pengolahan data terhadap Batas Indeks Pencemar Udara (satuan SI) maka Indeks Pencemar Udara (ISPU) yang di dapatkan diketiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) adalah sebagai berikut :

**Tabel 43.** Indeks Pencemar Udara (ISPU) untuk parameter CO pada ruas jalan TeukunUmar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono

Ruas Jalan	CO	Kategori	Rentang	Indikasi
<b>Validasi : 16.02.2004 07.00 – 15.00</b>				
Teuku Umar	152	Tidak Sehat	101 – 199	Peningkatan pada gejala kardiovaskuler pada perokok yang sakit jantung
<b>Validasi : 17.02.2004 07.00 – 15.00</b>				
Brigjen Katamso	128	Tidak Sehat	101 – 199	Peningkatan pada gejala kardiovaskuler pada perokok yang sakit jantung
<b>Validasi : 18.02.2004 07.00 – 15.00</b>				
MT. Haryono	699	Sangat Tidak Sehat	200 – 299	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Meningkatnya gejala kardiovaskuler pada orang bukan perokok yang berpenyakit jantung dan akan tampak Beberapa kelcmahan yang terlihat secara nyata</li> </ul>

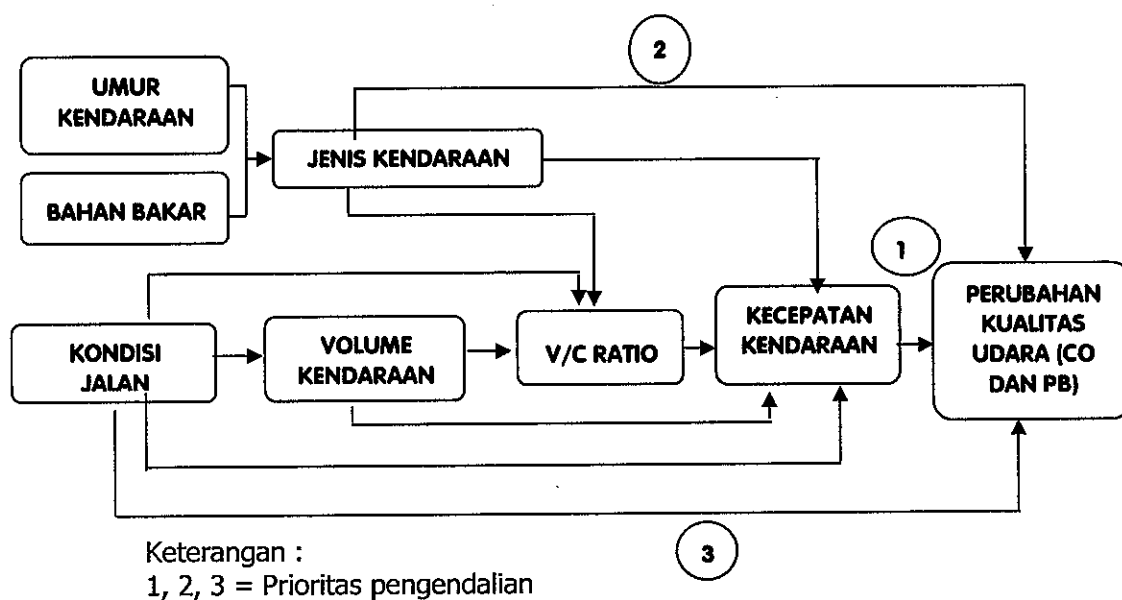
Sumber : Data primer setelah diolah, 2004 dan KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara

#### 4.4 Upaya pengendalian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada ketiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso dan MT. Haryono) bahwa perubahan kualitas udara (CO dan Pb) yang terdapat pada lingkungan jalan diakibatkan oleh berkurangnya kecepatan kendaraan yang melintas pada ruas jalan-jalan tersebut, hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor seperti :

1. Faktor eksternal (Umur kendaran dan Bahan bakar)
2. Faktor internal (Kondisi jalan, Volume kendaraan, Kecepatan kendaraan)

Secara sistematis faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas udara (CO dan Pb) dan proiritas pengendaliannya dapat dilihat pada Gambar 57. sebagai berikut :



**Gambar 57.** Alur pikir pendekatan pengendalian peningkatan konsentrasi CO dan Pb di udara.

Berdasarkan gambar tersebut diatas prioritas pengendalian penurunan kualitas udara yang disebabkan aktifitas lalu lintas adalah dengan menormalkan kecepatan kendaraan sesuai dengan status jalan dan beberapa alternatif penanggulangannya.

Adapun upaya pengendalian dari masing-masing ruas jalan dapat disajikan sebagai berikut :

#### 4.4.1 Ruas jalan Teuku Umar

Dari hasil penelitian bahwa pada pagi (06.30-07.30 wib) konsentrasi CO dan Pb sangat tinggi, bahkan konsentrasi CO di udara telah melampaui Baku Mutu Udara Ambien, konsentrasi CO yang tinggi juga di temukan pada sore hari (16.30-17.00 wib), namun masih dibawah Baku Mutu Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah, sehingga upaya pengendalian peningkatan konsentrasi CO pada ruas jalan ini diprioritaskan pada saat pagi hari. Berikut ini beberapa alternatif upaya normalisasi kecepatan lalu lintas guna mengurangi kepadatan adalah :

##### Alternatif 1 :

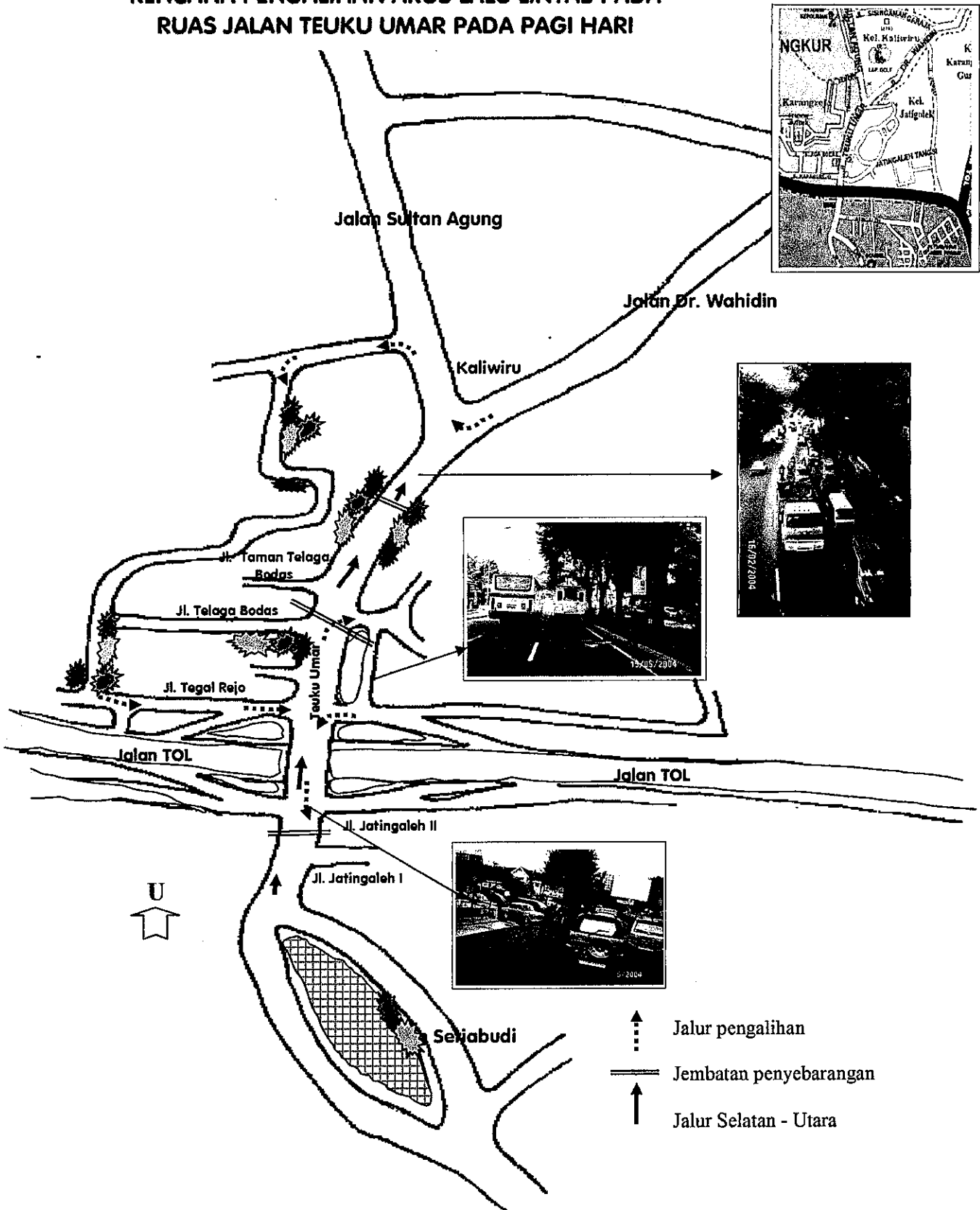
- a. Untuk pagi hari yang dimulai pada jam 06.00-08.00 wib arus lalu lintas yang berasal dari jalan Setiabudi dan Gombel lama diberlakukan satu arah hingga pertigaan Kaliwiru;
- b. Untuk kendaraan yang akan naik atau ke arah Selatan dapat melalui jalan Sultan Agung masuk melalui jalan Semeru dan keluar di jalan Karangrejo, namun tidak dapat memotong arus secara langsung di atas jembatan tol Jatingaleh tetapi mengikuti arus satu arah terdahulu kemudian berbalik arah masuk di jalur lambat kembali kearah Selatan, ilustrasi dapat disajikan pada Gambar 47.
- c. Sementara kendaraan berat tidak dapat memasuki jalan Teuku Umar dengan pembatasan jam larangan masuk yaitu dari jam 06.00 hingga jam 21.00

**Alternatif 2 :**

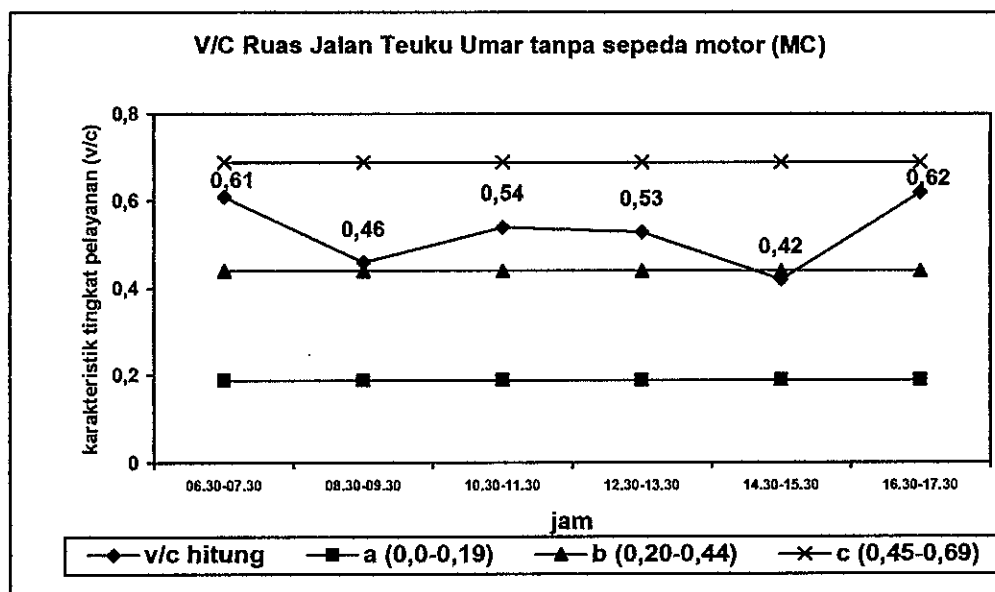
Arus tetap diberlakukan dua arah, namun untuk kendaraan dengan jenis sepeda motor tidak dapat melewati ruas jalan tersebut dan harus mencari jalan alternatif melalui ruas jalan Tegalrejo atau Jangli. Hal ini dapat mengurangi kepadatan lalu lintas dan konsentrasi CO di udara sampai di bawah baku mutu udara.

(Gambar 58 dan 59)

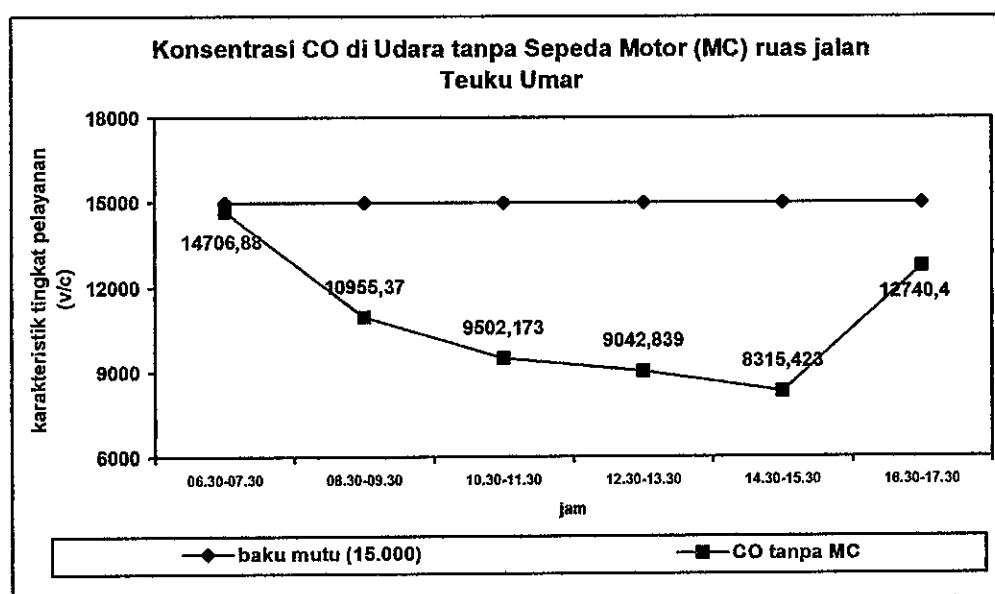
**RENCANA PENGALIHAN ARUS LALU LINTAS PADA RUAS JALAN TEUKU UMAR PADA PAGI HARI**



**Gambar 58.** Rencana pengalihan lalu lintas ruas jalan Teuku Umar pada pagi hari (06.00-08.00 WIB) Utara-Selatan



**Gambar 59.** Upaya mengurangi kepadatan lalu lintas terhadap V/C dengan tidak adanya sepeda motor (MC) ruas jalan Teuku Umar



**Gambar 60.** Upaya mengurangi konsentrasi CO terhadap baku mutu dengan dilarangnya sepeda motor (MC) masuk pada ruas jalan Teuku Umar

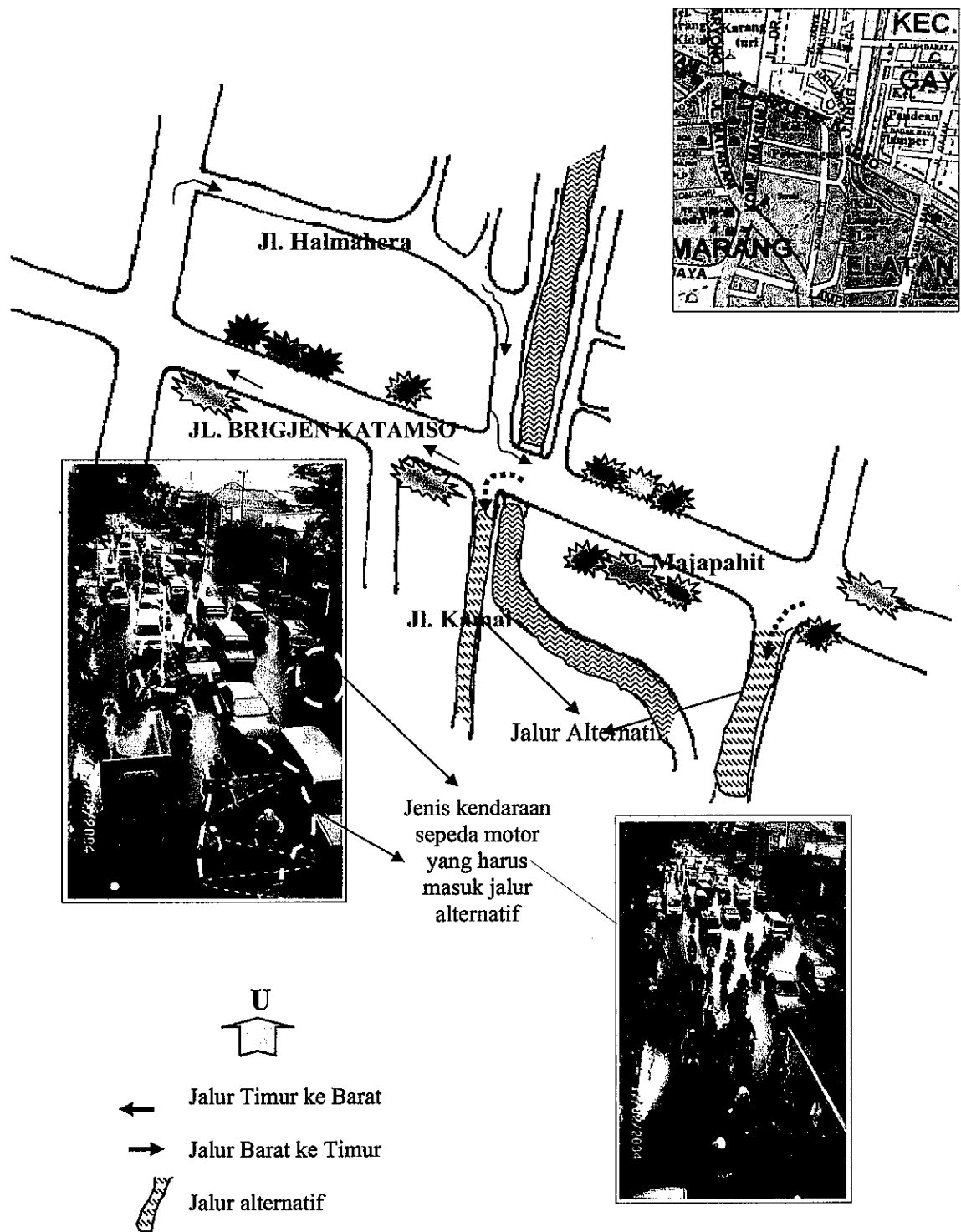
#### 4.4.2 Ruas jalan Brigjen Katamso

Ruas jalan Brigjen Katamso saat ini telah di berlakukan satu arah pada pagi hari sebagai upaya pengurangan kepadatan lalu lintas dan pelarangan kendaraan berat

(LV) yang memasuki kota melalui jalan ini, namun konsentrasi CO di udara akibat aktifitas kendaraan pada pagi hari (06.30-07.30 wib) masih melampaui Baku Mutu Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah.

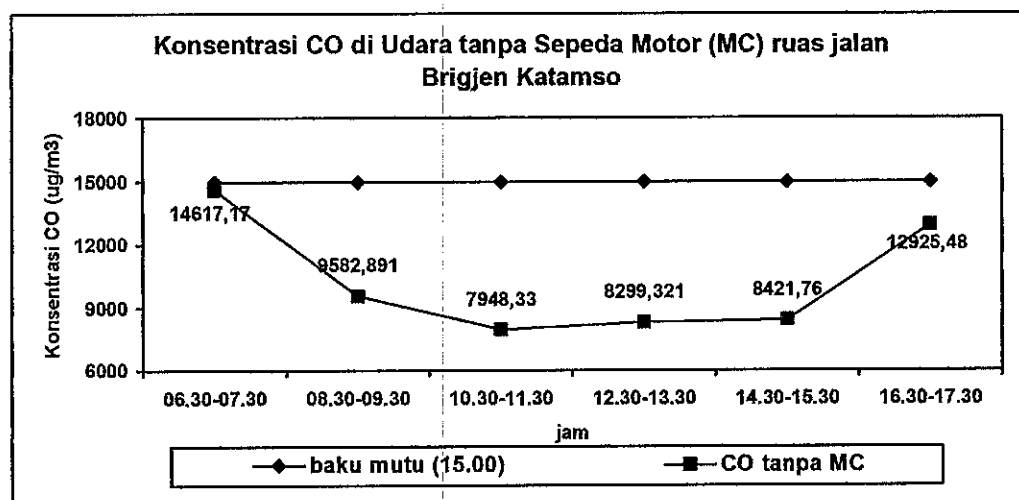
Hal ini disebabkan karena kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut pada pagi hari (06.30-07.30) mencapai 99% menggunakan bahan bakar bensin, dan didominasi oleh kendaraan bermotor sebanyak 75%. Untuk itu upaya pengendalian yang disarankan adalah tetap mempertahankan lalu lintas satu arah untuk pagi hari (06.00-08.00 wib) namun hanya diperuntukan bagi kendaraan pribadi dan angkutan umum saja (light vehicle). Untuk kendaraan roda dua (sepeda motor) dialihkan, pertama sebelum memasuki jalan Brigjen Katamso dapat melewati jalan Gempolsari, Lamper Tengah, Lamper Sari dan Jalan Sompok di persimpangan pasar Peterongan, selain itu dapat juga melewati jalan.

Atau setelah jembatan Banjir Kanal Timur langsung berbelok ke kiri melewati jalan Kamal, Jeruk dan bertemu di jalan Lamper Sari, namun kondisi jalan Kamal dan Jeruk perlu diatur dan diperlebar guna dapat memberikan pelayanan bagi kendaraan yang menggunakan jalur alternatif ini, sehingga konsentrasi udara pada ruas Brigjen Katamso dapat menjadi menurun sampai dibawah ambang baku mutu CO udara ambient Propinsi Jawa Tengah.



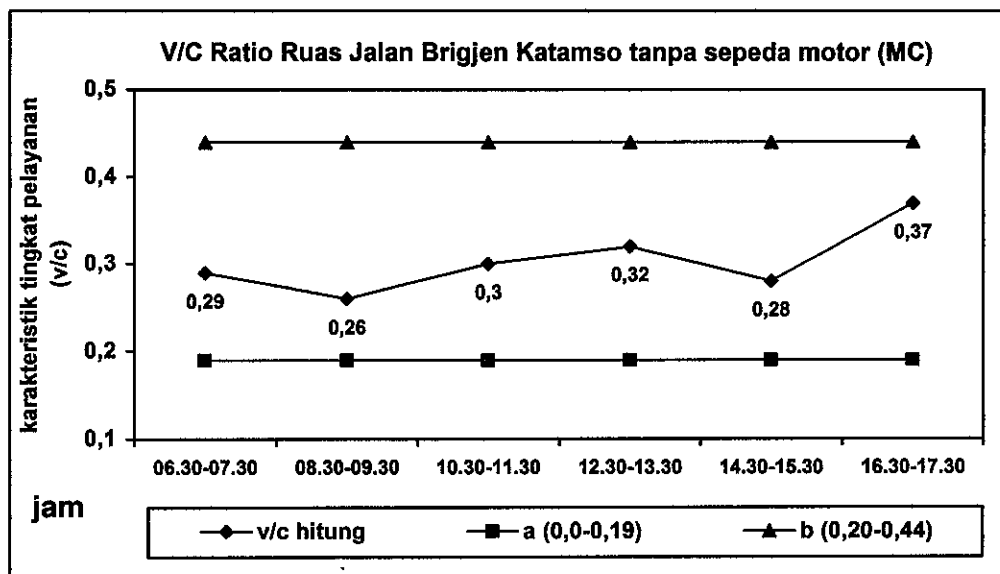
**Gambar 61.** Rencana pengalihan lalu lintas ruas jalan Brigjen Katamso pada pagi hari antara jam 06.00-08.00 WIB (Utara-Selatan).

Dari hasil perhitungan maka didapatkan nilai penurunan konsentrasi CO dengan diberlakukannya larangan sepeda motor memasuki ruas jalan Brigjen Katamso, berikut gambar perbandingan konsentrasi CO terhadap baku mutu udara ambient Propinsi Jawa Tengah.



**Gambar 62.** Upaya mengurangi konsentrasi CO terhadap baku mutu dengan dilarangnya sepeda motor (MC) masuk pada ruas jalan Brigjen Katamso

Selain itu, pengalihan arus kendaraan sepeda motor dapat meningkatkan tingkat pelayanan jalan menjadi lebih baik dengan katagori B yang artinya arus stabil, pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan, berikut ini gambar V/C ratio ruas jalan Brigjen Katamso tanpa sepeda motor (MC)



**Gambar 63.** Upaya mengurangi kepadatan lalu lintas terhadap V/C dengan tidak adanya sepeda motor (MC) pada ruas jalan Brigjen Katamso

#### 4.4.3 Ruas jalan MT. Haryono

Kondisi arus lalu lintas jalan MT. Haryono saat ini mendekati tidak stabil namun kapasitas atau v/c masih dapat ditolerir. Sementara konsentrasi CO dan Pb di udara justru lebih tinggi pada sore hari.

Pemanfaatan badan jalan yang digunakan untuk parkir kendaraan adalah salah satu penyebab ruang gerak lalu lintas menjadi terhambat selain banyaknya perpotongan jalan pada ruas jalan MT. Haryono, akibatnya lalu lintas kendaraan menjadi terhambat dan kecepatan kendaraan tidak stabil, hal ini akan berpengaruh pada peningkatan konsentrasi CO dan Pb.

Tingginya konsentrasi CO dan Pb di udara pada sore hari, disebabkan karena ruas jalan MT. Haryono sebagai pusat perdagangan masih melakukan aktifitasnya hingga sore hari (16.30-17.30) dan jenis kendaraan yang melintasi ruas jalan ini di dominasi jenis kendaraan berbahan bakar bensin (99%).

Untuk itu alternatif pengendalian yang disarankan adalah penataan kembali kawasan komersial yang berwawasan lingkungan, dimulai dengan :

**Alternatif 1 :**

- a. Larangan parkir disepanjang ruas jalan MT. Haryono;
- b. Penertiban pedagang kaki lima (PKL) disepanjang ruas jalan tersebut;
- c. Pengefektifan dan Penataan kembali jalur lambat;

**Alternatif ke 2 :**

Pembangunan gedung perparkiran di beberapa titik sepanjang ruas jalan tersebut;

Dengan dilakukannya penataan kawasan komersial pada ruas jalan ini maka beberapa keuntungan akan dicapai seperti :

1. Memberikan kontribusi PAD kepada Pemkot Semarang dalam sektor perparkiran karena terorganisasinya pembayaran parkir yang masuk ke gedung, yang selama ini dilakukan oleh perorangan;
2. Bertambahnya keuntungan para tukang becak dan gerobak sebagai jasa menghantar para pengunjung ke pertokoan dan penghantar barang-barang;
3. Pada malam hari dapat digunakan sebagai pasar malam dengan berbagai ciri khas makanan dan cendramata Kota Semarang;
4. Mempunyai ciri khas pertokoan di Kota Semarang yang berwawasan lingkungan yang akan menjadikan daya tarik pengunjung.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

#### 5.1 Kesimpulan

1. Volume kendaraan tertinggi di ketiga ruas jalan (Teuku Umar, Berigjen Katamso dan MT. Haryono) ditemukan pada jam 06.30-07.30 WIB dan pada jam 16.30-17.30 WIB yang bertepatan dengan waktu aktifitas penggunaan jalan tertinggi.
2. Perubahan volume kendaraan terhadap konsentrasi CO dan Pb di udara berkorelasi positif pada ketiga ruas jalan (Teuku Umar, Brigjen Katamso, dan MT. Haryono) dengan tingkat korelasi yang berbeda, sedangkan konsentrasi CO dan Pb tertinggi di ketiga ruas jalan tersebut ditemukan pada jam 06.30-07.30 dan 16.30-17.30 WIB, serta telah melampaui Baku Mutu CO Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah ( $> 15.000 \text{ ug/m}^3$ ). sementara konsentrasi Pb ditemukan tertinggi pada jam 16.30-17.30 WIB.
3. Model Persamaan Konsentrasi CO dan Pb di udara pada masing-masing ruas jalan berdasarkan *Model Gaussian Plume* dan Korelasi konsentrasi CO dan Pb di udara terhadap volume kendaraan serta kecepatan angin adalah :
  - a). Ruas jalan Teuku Umar

$$C_{\text{mak.CO}} = 1,613 \frac{n}{u} \quad C_{\text{max.Pb}} = 0,00019 \frac{n}{u}$$

b). Ruas jalan Brigjen Katamso

$$C_{mak.CO} = 9,618 \frac{n}{u} \quad C_{max.Pb} = 0,0009 \frac{n}{u}$$

c). Ruas jalan MT. Haryono

$$C_{mak.CO} = 36,518 \frac{n}{u} \quad C_{max.Pb} = 0,0059 \frac{n}{u}$$

## 5.2 Rekomendasi

### 5.2.1 Ruas jalan Teuku Umar

Alternatif 1 :

- a. Untuk pagi hari yang dimulai pada jam 06.00-08.00 wib arus lalu lintas yang berasal dari jalan Setiabudi dan Gombel lama diberlakukan satu arah hingga pertigaan Kaliwiru;
- b. Untuk kendaraan yang akan naik atau ke arah Selatan dapat melalui jalan Sultan Agung masuk melalui jalan Semeru dan keluar di jalan Karangrejo, namun tidak dapat memotong arus secara langsung di atas jembatan tol Jatingaleh tetapi mengikuti arus satu arah terdahulu kemudian berbalik arah masuk di jalur lambat kembali ke arah Selatan.
- c. Untuk kendaraan berat diberlakukan larangan jam masuk ke ruas jalan ini dari pukul 06.00 hingga 21.00

Alternatif 2 :

Arus tetap diberlakukan dua arah, namun untuk kendaraan dengan jenis sepeda motor tidak dapat melewati ruas jalan tersebut dan harus mencari jalan alternatif melalui

ruas jalan Tegalrejo atau Jangli. Hal ini dapat mengurangi kepadatan lalu lintas dan konsentrasi CO di udara sampai di bawah baku mutu udara.

### 5.2.2 Ruas jalan Brigjen Katamso

Tetap mempertahankan lalu lintas satu arah untuk pagi hari (06.00-08.00 wib) namun hanya diperuntukan bagi kendaraan pribadi dan angkutan umum saja. Untuk kendaraan roda dua (sepeda motor) dialihkan, pertama sebelum memasuki jalan Brigjen Katamso dapat melewati jalan Gempolsari, Lamper Tengah, Lamper Sari dan Jalan Sompok di persimpangan pasar Peterongan, selain itu dapat juga melewati jalan Gempolsari, Lamper Tengah dan keluar di Mrican. Atau kedua setelah jembatan Banjir Kanal Timur langsung berbelok ke kiri melewati jalan Kamal, Jeruk dan bertemu di jalan Lamper Sari, namun kondisi jalan Kamal dan Jeruk perlu diatur dan diperlebar guna dapat memberikan pelayanan bagi kendaraan yang menggunakan jalur alternatif ini.

### 5.2.3 Ruas jalan MT. Haryono

Alternatif 1 :

- a. Larangan parkir disepanjang ruas jalan MT. Haryono;
- b. Penertiban pedagang kaki lima (PKL) disepanjang ruas jalan tersebut;
- c. Pengefektifan dan penatataan kembali jalur lambat;

Alternatif ke 2 :

Pembangunan gedung perparkiran di beberapa titik sepanjang ruas jalan tersebut;

Untuk mendapatkan solusi pengendalian tingkat layanan jalan dan kualitas udara yang baik diperlukan kajian tentang potensi jalan yang terkait dengan ketiga ruas jalan (Teuku

Umar, Brigjen Katamso, dan MT Haryono) sebagai alternatif pemecahan arus lalu lintas, sehingga kapasitas jalan dan konsentrasi CO dan Pb di udara pada ketiga ruas jalan tersebut dapat berkurang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, Siti, *Polusi Timbal Dalam Udara Jakarta*, Tugas Mata Kuliah Hukum Lingkungan, Program Pasca Sarjana Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Jakarta. 2002
- Aslihati. Dkk, *Studi Cemaran Timbal Dari Gas Buang Kendaraan Bermotor Terhadap Daun Pisang Disekitar Jalan Indralaya-Palembang*, Jurnal Penelitian Sains, Universitas Sriwijaya. 2003
- Anonim, *Prilaku Warga Kota Semarang Dalam Menggunakan Alat Transportasi*, Kerjasama BAPPEDA Kotamadya Daerah Tingkat II Semarang dengan Lembaga Penelitian UNDIP. Semarang. 1996
- Anonim, *Kursus Pengendalian Pencemaran Udara*. BAPEDAL dan PPLH UNDIP, Semarang. 1999
- Anonim, *Kota Semarang Dalam Angka*, BPS, Semarang. 2002
- Anonim, *Monthly Parameter Overview by Station, The Integreted air Quality Management for Metropolitan Areas*, Bapedalda Kota Semarang. 2003
- Asmoro, Septantya, *Pendekatan Aspek Lingkungan Dalam Menetapkan Kebijakan Lalu Lintas Perkotaan Di Kota Denpasar*. Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP, Semarang. 2003
- Banks, James H, *Introduction To Transportation Engineering*, Mc-Graw-Hill Companies. 2002
- Direktorat Metropolitan, *Bantuan Teknis Sistem Manajemen Transportasi Dalam Rangka Mendukung Revitalisasi Kawasan Di Kota Metropolitan Semarang*, Departemen Kimpraswil. 2001
- Direktorat Bina Teknik, *Traffic Report Province Central Java*, Bina Marga-IRMS Interurban Road Management System, Central Database. Ditjen. Prasarana Wilayah, Departemen Kimpraswil. 2001
- Direktorat Sistem Jaringan Jalan Prasarana, *Gambaran Umum Tentang Jalan*, Ditjen Prasarana Wilayah. Departemen Kimpraswil Jakarta. 2002
- Directorate General of Highway, *Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM)*, Part I (Urban Road), Jakarta. 1993
- Dix, H.M, *Environmental Pollution*, John Willey & Sons, New York. 1981
- Fardiaz, Srikandi, *Polusi Air dan Udara*. Kanisus Yogyakarta, 1992

UPT-PUSTAK-UNDIP

- Irsyad, Moh, *Mekanisme Dan Karakteristik Pencemaran Udara*, Diklat Pengendalian Pencemaran Sepong, Udara, Asdep Urusan Sarana dan Pengembangan SDM Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta. 2003
- Kiely, Gerard, *Environmental Engineering*, McGraw-Hill, Singapore. 1998
- Kristanto, Philip, *Ekologi Industri*, ANDI. Yogyakarta. 2002
- Muko, H.J, *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*, Airlangga University Press, Surabaya. 1997
- Oglesby H Clarkson *et al.*, *Highway Engineering, fourth edition*, John Wiley & Sons, Inc. 1982
- Orinawati, Katherina, *Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Masyarakat*, Diklat Pengendalian Pencemaran Udara, Sepong, Asdep Urusan Sarana dan Pengembangan SDM Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta. 2003
- Parakoso, Djurit, *Sampling Dan Metoda Analisis, Diklat Pengendalian Udara*, Diklat Pengendalian Pencemaran Udara, Sepong, Asdep Urusan Sarana dan Pengembangan SDM Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta. 2003
- Pringadie. Heri Budi. *Strategi Penanggulangan Pencemaran Udara Dari Sektor Transportasi*, Teknik Planologi Universitas Pasundan Bandung. 2000
- Prajanti, Arum dkk, *Pengkajian Penelitian Timah Hitam (Pb) di Beberapa Kota Padat Lalu Lintas di Indonesia*, Bapedal Jakarta. 2000
- Priyanto, Budi, *Rawa Bisa Kurangi Polusi Udara*, Balai Peneliti Lingkungan, BPPT, Kompas, 2002
- Pusdiklat Perhubungan Darat, *Survai dan Karakteristik Lalu Lintas*. Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 2000
- Purwanto, *Transfer dan Transformasi*, Bahan Kuliah Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP. 2003
- Purwanto, *Permodelan Rekayasa Lingkungan*, Bahan Kuliah Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP. 2003
- Rau, John G, *Environmental Impact Analysis Handbook*. Mc-Graw-Hill. 1980
- Ryadi, Slamet, *Pencemaran Udara*, Usaha Nasional, Surabaya. 1982
- Scheffler C, William, *Statistika untuk Biologi, Farmasi, Kedokteran, dan Ilmu yang Bertautan (terbitan kedua)*, Penerbit ITB Bandung. 2002

- Sidjabat, Obelin, *Bahan Bakar Minyak Bensin (bertimbal dan tidak bertimbal) Pengaruhnya Terhadap Lingkungan dan Permasalahan*, Jurnal Techno, Jakarta. 2000
- Slamat, NR. Dkk, *Analisis Pencemaran Udara Oleh Timbal (Pb) Dengan Bioindikator Pohon Angsana Di Kota Palembang*. Jurnal Penelitian Sains, Universitas Sriwijaya. 2002
- Soedomo, Moestikahadi, *Kumpulan Karya Ilmiah mengenai Pencemaran Udara*, Penerbit ITB, Bandung. 2001
- Sub Dinas Bina Marga, *Perhitungan Pos Lalu Lintas Dalam Mobil, Bus, Truk (MBT)*, Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah. 2002
- Sumarno, *Bahan Kuliah Pencemaran Udara*, MIL-UNDIP, Semarang. 2003
- Tamin, Ridwan D, *Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara*. Diklat Pengendalian Udara, Diklat Pengendalian Pencemaran Udara, Sepong, Asdep Urusan Sarana dan Pengembangan SDM Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta. 2003
- Wark, Kenneth *et al.*, *Air Pollution*<sup>3rd</sup>, Addison Wesley Longman, Inc, USA. 1998
- Wardhana, Wisnu Arya, *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi, Yogyakarta. 1995
- Walton, E Thomas *et al.*, *Pemantauan Lingkungan di Indonesia*, Bank Dunia Kantor Indonesia, Jakarta. 2003
- Witono, Djoko, *Karakteristik Pencemaran Udara Di PLTU UJB-1 Tambak Lorok Semarang (Studi Kasus Pencemaran SO<sub>2</sub> dan Partikel Debu)*, Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP, Semarang. 2003
- Watts, J, Richard, *Hazardous Wastes : Sources Pathways Receptors*, USA. 1997