



UNIVERSITAS INDONESIA

**UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DARI
EMISI KENDARAAN BERMOTOR DI DKI JAKARTA**
(Studi Perhitungan Total Emisi Sumber Kendaraan Bermotor
Berdasarkan Kualitas Bahan Bakar dan Volume Kendaraan
di Jalan Jenderal Sudirman, DKI Jakarta)

With a summary in English

Effort on Air Pollution Control from Vehicles Source in Jakarta Metropolitan Area
(A Study on Estimation of Emission Load from Vehicles Source Base on
Fuel Quality and Traffic Volume at Jenderal Sudirman's Road, Jakarta)

TESIS

Dyah Apriyanti
NPM : 0706191764

**JENJANG MAGISTER
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
JAKARTA, JANUARI, 2010**





UNIVERSITAS INDONESIA

**UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DARI
EMISI KENDARAAN BERMOTOR DI DKI JAKARTA**
(Studi Perhitungan Total Emisi Sumber Kendaraan Bermotor
Berdasarkan Kualitas Bahan Bakar dan Volume Kendaraan
di Jalan Jenderal Sudirman, DKI Jakarta)

**Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar**

**MAGISTER DALAM
ILMU LINGKUNGAN**

**Dyah Apriyanti
NPM : 0706191764**

**JENJANG MAGISTER
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
JAKARTA, JANUARI, 2010**

BIODATA PENULIS

Nama : Dyah Apriyanti
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 7 April 1976
Status perkawinan : Belum kawin
Alamat : Jl. Bumi Raya Rt.008/04 No.20 Duren Sawit
Jakarta Timur
E-mail : dydi76@yahoo.com

Riwayat Pendidikan :
2004 Fakultas MIPA/Kimia,, Universitas Nusa Bangsa, Bogor
1995 Sekolah Menengah Analis Kimia Bogor

Riwayat pekerjaan :
1999 – sekarang Staff Bidang Pelayanan Jasa Teknis dan Kalibrasi
PUSARPEDAL-KLH

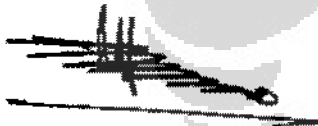
Judul Tesis: **UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DARI EMISI KENDARAAN BERMOTOR DI DKI JAKARTA**

(Studi Perhitungan Total Emisi Sumber Kendaraan bermotor Berdasarkan Kualitas Bahan Bakar dan Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta)

Tesis ini telah disetujui dan disahkan oleh Komisi Penguji Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Indonesia pada 7 Januari 2010 dan telah dinyatakan LULUS ujian komprehensif dengan Yudisium SANGAT MEMUASKAN

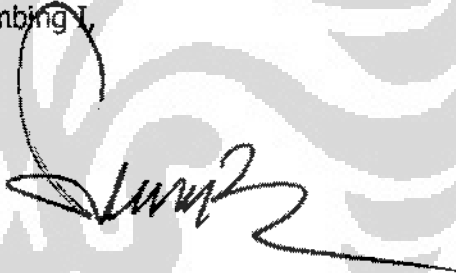
Jakarta, Januari 2010

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Ilmu Lingkungan



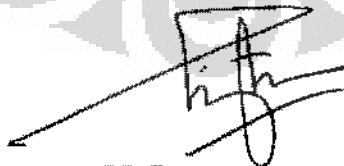
Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA

Tim Pembimbing
Pembimbing I,



Prof. Dr. Haryoto Kusnopranto, SKM, Dr, PH



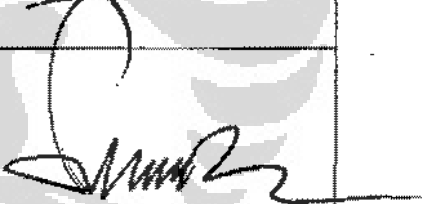

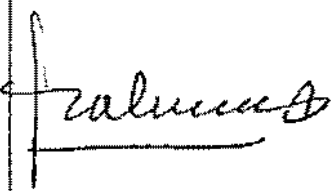
Pembimbing II,



DR. Esrom Hamonangan, M.Eng

Nama : Dyah Apriyanti
 NPM/Angkatan : 0706191764
 Kekhususan : Proteksi Lingkungan
 Judul Tesis : Upaya Pengendalian Pencemaran Udara Dari Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta (Studi Perhitungan Total Emisi Sumber Kendaraan Bermotor Berdasarkan Kualitas Bahan Bakar dan Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta)

Komisi Penguji Tesis

| No | Nama Lengkap dan Gelar Akademik | Keterangan | Tanda Tangan |
|----|--|-------------------|--|
| 1. | Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA | Ketua Sidang |  |
| 2. | Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi | Sekretaris Sidang |  |
| 3. | Prof. dr. Haryoto Kusnoputranto, SKM, Dr, PH | Pembimbing I |  |
| 4. | DR. Esrom Hamonangan, M.Eng | Pembimbing II |  |
| 5. | Ir. Gabriel S. Andari, MSc., Ph.D | Penguji Ahli |  |

KATA PENGANTAR

Perhitungan Faktor emisi dari kendaraan bermotor yang sesuai dengan profil kendaraan di DKI Jakarta adalah langkah awal untuk mengetahui beban pencemaran dari emisi kendaraan bermotor. Dari nilai beban pencemaran emisi yang telah dihitung maka faktor-faktor yang mempengaruhi beban pencemaran emisi gas buang kendaraan bermotor dapat diketahui sehingga upaya pengendalian pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor dapat lebih maksimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi pemerintah, masyarakat dan produsen kendaraan bermotor.

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan banyak terima kasih dan hormat yang disampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu kelancaran penulisan tesis mengenai "Upaya Pengendalian Pencemaran Udara dari Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta". Secara khusus ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada;

1. Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA, Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia atas bantuan, perhatian, ilmu dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan di program studi ini.
2. Dr. Dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, M.Si, selaku Sekretaris Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia atas ilmu, motivasi dan perhatian selama penulis menempuh pendidikan di program studi ini.
3. Prof.dr. Haryoto Kusnopranto, SKM, Dr.PH selaku pembimbing I atas semua ilmu, saran dan waktu yang telah diberikan selama membimbing penulis menyelesaikan tesis.
4. Dr. Esrom Hamonangan, M.Eng selaku pembimbing II atas semua ilmu, saran, waktu dan literatur yang telah diberikan selama membimbing penulis menyelesaikan tesis.
5. Kabid, Kasubbid dan staff Bidang II PUSARPEDAL atas dukungannya selama penulis menempuh pendidikan di Program Studi PSIL UI.
6. Staff Laboratorium Air PUSARPEDAL (Mbak wita, Darul, Ely, Eva, Endah, Sari, dan Dani), mbak Ema, dan mbak Medi atas segala dukungan, motivasi,

solidaritas dan keikhlasannya membantu penulis menyelesaikan pendidikan di program studi ini.

7. Bapak Syafrin Liputo dari Dinas Perhubungan atas bantuan data uji emisi di PKB dan volume kendaraan (Dishub) dalam penyusunan tesis ini.
8. Staff PSIL; Pak Udin, Bu Erni, Bu Irna, Mas Nasrul dan Mas Juju yang telah memberikan bantuan selama penulis menyelesaikan di program studi ini.
9. Teman-teman angkatan 26 a dan b terutama 'geng ijo' atas bantuan saran, dukungan, motivasi dan kebersamaan dalam suka dan duka selama penulis menempuh pendidikan di program studi ini.
10. Terimakasih penulis ucapkan khusus untuk Ibu dan Alm.Bapak yang tak pernah putus memberi dukungan moril dan materil, do'a, kebahagiaan, kekuatan, motivasi dan semangat kepada penulis.
11. Keluarga mbak Nuni di Surabaya dan Mas wiwi juga Yuli di Jakarta, keponakan-keponakanku yang lucu (Zaki, Fina dan Ghiyast) terimakasih atas semua dukungan moril dan materil, kebahagiaan dan keceriaan.

Akhirnya penulis berharap, semoga tesis ini dapat berguna dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan di bidang ilmu lingkungan.

Jakarta, Januari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| DAFTAR SINGKATAN | xii |
| ABSTRAK | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| RINGKASAN | xviii |
| SUMMARY | xxii |
| | |
| 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Masalah Penelitian..... | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 6 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 7 |
| 1.5 Lingkup Penelitian..... | 7 |
| | |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Kerangka Teoritik..... | 8 |
| 2.1.1 Pencemaran Udara..... | 8 |
| 2.1.1.1 Sistem Pencemaran Udara..... | 10 |
| 2.1.1.2 Jenis Pencemaran Udara..... | 12 |
| 2.1.1.3 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pencemaran Udara..... | 13 |
| 2.1.2 Transportasi..... | 15 |
| 2.1.2.1 Survei Asal Tujuan (<i>Origin-Destination Survey</i>) /SAT (OD)Survey..... | 16 |
| 2.1.2.2 Perhitungan Arus Lalu Lintas (<i>Traffic Counting /TC</i>) | 17 |
| 2.1.2.3 Teori Lalu Lintas..... | 18 |
| 2.1.2.4 Kapasitas Jalan..... | 20 |
| 2.1.3 Emisi Kendaraan Bermotor..... | 23 |
| 2.1.3.1 Karakteristik Mesin Kendaraan Bermotor..... | 24 |
| 2.1.3.2 Teknologi Kendaraan..... | 25 |
| 2.1.3.3 Karakteristik Bahan Bakar..... | 27 |
| 2.1.3.4 Usia dan Perawatan Kendaraan..... | 30 |

| | Halaman |
|---|----------------|
| 2.1.3.5 Pola Mengemudi..... | 31 |
| 2.1.4 Metode Perhitungan Faktor Emisi Kendaraan Bermotor..... | 33 |
| 2.1.4.1 Metoda <i>Top Down</i> | 34 |
| 2.1.4.2 Metoda <i>Bottom Up</i> | 35 |
| 2.1.5 Jenis-jenis Bahan Pencemar Dari Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Pada Kesehatan dan Lingkungan..... | 38 |
| 2.1.6 Upaya Pengendalian Pencemaran Udara..... | 46 |
| 2.2 Kerangka Berpikir..... | 53 |
| 2.3 Kerangka Konsep..... | 55 |
| 3. METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Ruang Lingkup..... | 56 |
| 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 56 |
| 3.3 Populasi dan Sampel Penelitian..... | 56 |
| 3.4 Jenis dan Sumber Data..... | 58 |
| 3.4.1 Data Primer..... | 59 |
| 3.4.2 Data Sekunder..... | 59 |
| 3.5 Teknik Pengumpulan Data..... | 59 |
| 3.6 Metode Analisis..... | 59 |
| 3.6.1 Analisis Deskriptif..... | 60 |
| 3.6.2 Analisis Matematis..... | 60 |
| 3.6.2.1 Tahap Input..... | 61 |
| 3.6.2.2 Tahap Analisis..... | 61 |
| 3.7 Keterbatasan Penelitian..... | 63 |
| 4. TINJAUAN WILAYAH PENELITIAN | |
| 4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian..... | 64 |
| 4.1.1 Kondisi Geografis DKI Jakarta..... | 64 |
| 4.1.2 Keadaan Topografi dan Iklim..... | 64 |
| 4.1.3 Kondisi Demografi, Sosial dan Ekonomi..... | 65 |
| 4.2 Komposisi dan Arus Lalu Lintas..... | 67 |
| 4.2.1 Lalu Lintas DKI Jakarta..... | 67 |
| 4.2.2 Lalu Lintas di Jalan Jenderal Sudirman..... | 68 |
| 4.2.3 Kondisi Lingkungan dan Kinerja Jalan | 69 |
| 4.2.4 Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta..... | 71 |
| 4.3 Kualitas Udara di DKI Jakarta..... | 72 |
| 5. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 5.1 Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor..... | 76 |
| 5.1.1 Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman..... | 77 |
| 5.1.2 Kecepatan Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman..... | 81 |
| 5.1.3 Karakteristik Kendaraan..... | 82 |

| | Halaman |
|---|----------------|
| 5.1.4 Kualitas Bahan Bakar..... | 84 |
| 5.1.5 Perhitungan Faktor Emisi..... | 88 |
| 5.2 Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor..... | 93 |
| 5.3 Kondisi Udara Ambien dengan Volume Kendaraan dan Variasi Jumlah Perjalanan Dalam Satu Hari..... | 99 |
| 5.3.1 Kondisi Udara Ambien di Jalan Jenderal Sudirman..... | 99 |
| 5.3.2 Kondisi Konsentrasi Polutan CO dan NO ₂ di Udara Ambien Dengan Volume Kendaraan dan Variasi Perjalanan Dalam Satu Hari..... | 102 |
| 5.3.3 Kondisi Konsentrasi Polutan NO, NO ₂ dan NO _x di Udara Ambien Dengan Volume Kendaraan dan Variasi Perjalanan Dalam Satu Hari..... | 105 |
| 5.4 Upaya Pengendalian Pencemaran Udara dari Emisi Kendaraan Bermotor..... | 109 |
| 6. KESIMPULAN | |
| 6.1 Kesimpulan..... | 122 |
| 6.2 Saran..... | 123 |
| DAFTAR KEPUSTAKAAN..... | 125 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | Halaman | |
|----------|---|----|
| Tabel 1 | Jumlah Kendaraan Bermotor Yang Terdaftar (Tidak Termasuk TNI dan POLRI) Menurut Jenis Kendaraan Tahun 2006..... | 2 |
| Tabel 2 | Beban Pencemaran Emisi dari Kendaraan Bermotor Tahun 1997..... | 3 |
| Tabel 3 | Hasil Uji Petik Kendaraan Bermotor Tahun 2006..... | 4 |
| Tabel 4 | Pola Penyakit Penderita Rawat Jalan di Puskesmas Wilayah Jakarta Selatan Untuk Semua Golongan Umur..... | 5 |
| Tabel 5 | Komposisi Udara Ambien..... | 9 |
| Tabel 6 | Satuan Mobil Penumpang Untuk Berbagai Jenis Kendaraan..... | 21 |
| Tabel 7 | Satuan Mobil Penumpang Dari Berbagai Jenis Jalan Kota..... | 22 |
| Tabel 8 | Komposisi Gas Buang atau Emisi Kendaraan Bermotor..... | 24 |
| Tabel 9 | Perkiraan Penurunan Emisi dari Kebijakan Pengendalian..... | 48 |
| Tabel 10 | Dampak Teknologi yang Digunakan Kendaraan Terhadap Emisi dan Bahan Bakar..... | 53 |
| Tabel 11 | Matrik Variabel Penelitian..... | 57 |
| Tabel 12 | Matrik Metoda Untuk Menjawab Tujuan Penelitian..... | 58 |
| Tabel 13 | Pengamatan Kecepatan Kendaraan..... | 61 |
| Tabel 14 | Luas Wilayah, Penduduk dan Kepadatan Penduduk Menurut Kotamadya/Kabupaten Tahun 2006..... | 66 |
| Tabel 15 | Penduduk Berusia 15 Tahun Keatas Menurut Kotamadya/ Kabupaten dan Jenis Kegiatan Tahun 2006..... | 66 |
| Tabel 16 | Panjang, Luas dan Status Jalan Menurut Jenisnya Tahun 2006..... | 67 |
| Tabel 17 | Komposisi Perjalanan di Jabotabek..... | 68 |
| Tabel 18 | Pergerakan Komuter/Ulang Alik Jakarta dan Botabek..... | 68 |
| Tabel 19 | Pergerakan Arus Lahu Lintas di Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta..... | 69 |
| Tabel 20 | Perbandingan Konsentrasi Polutan Udara Tahun 2008 Ambien Dengan Baku Mutu Udara Ambien..... | 75 |
| Tabel 21 | Persentase Komposisi Kendaraan Bermotor..... | 78 |
| Tabel 22 | Kecepatan Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman..... | 81 |
| Tabel 23 | Karakteristik Sampel Kendaraan Bermotor..... | 83 |
| Tabel 24 | Jumlah Konsumsi BBM dan Panjang Perjalanan Kendaraan Bermotor..... | 84 |
| Tabel 25 | Data Pemantauan Bahan Bakar Minyak Tahun 2005-2007..... | 85 |
| Tabel 26 | Kualitas Bahan Bakar Minyak..... | 87 |
| Tabel 27 | Faktor Emisi Berdasarkan Kualitas Bahan Bakar Minyak..... | 88 |
| Tabel 28 | Faktor Emisi Kendaraan Bermotor Jenis Mobil Penumpang Dari Referensi Standar Internasional..... | 89 |
| Tabel 29 | Nilai Faktor Emisi dari Kendaraan Bermotor..... | 91 |

| | | |
|----------|--|-----|
| Tabel 30 | Faktor Emisi dari Jenis Mobil Penumpang Berdasarkan Kecepatan..... | 91 |
| Tabel 31 | Faktor Emisi dari Jenis Sepeda Motor Berdasarkan Kecepatan..... | 92 |
| Tabel 32 | Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor Untuk Polutan SO ₂ , Pb, NO _x , N ₂ O, CO, CO ₂ , CH ₄ dan PM ₁₀ | 93 |
| Tabel 33 | Persentase Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor dari Tiap Polutan..... | 94 |
| Tabel 34 | Nilai Beban Pencemaran Emisi Jenis Kendaraan Mobil Penumpang Berdasarkan Nilai Faktor Emisi dari Kecepatan Kendaraan..... | 95 |
| Tabel 35 | Nilai Beban Pencemaran Emisi Jenis Kendaraan Sepeda Motor Berdasarkan Nilai Faktor Emisi dari Kecepatan Kendaraan..... | 95 |
| Tabel 36 | Rekapitulasi Data Hasil Uji Emisi Gas Buang Kendaraan di Lima Kota DKI Jakarta Tahun 2007 (<i>Spot Check</i>)..... | 111 |
| Tabel 37 | Rekapitulasi Data Hasil Uji Emisi Gas Buang Kendaraan di Lima Kota DKI Jakarta Berdasarkan Parameter Uji Kendaraan Bermotor Tahun 2007..... | 111 |
| Tabel 38 | Rekapitulasi Kendaraan Bermotor Uji Berkala di Wilayah Propinsi DKI Jakarta Tahun 2008..... | 112 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|-----------|--|
| Gambar 1 | Sistem Pencemaran Udara..... 11 |
| Gambar 2 | Variasi Jumlah Perjalanan Dalam Satu Hari (Jam-jaman)..... 16 |
| Gambar 3 | Hubungan Arus Antara Kecepatan Dengan Volume Arus Lalu Lintas..... 20 |
| Gambar 4 | Kerangka Konsep..... 55 |
| Gambar 5 | Grafik Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Tahun 2000-2007 di Indonesia..... 71 |
| Gambar 6 | Grafik Rekapitulasi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta Tahun 2007..... 71 |
| Gambar 7 | Grafik Jumlah Hari Kategori Baik, Sedang dan Tidak Sehat di DKI Jakarta Tahun 2008..... 73 |
| Gambar 8 | Grafik Konsentrasi PM ₁₀ dan SO ₂ Dalam Udara Ambien di DKI Jakarta Tahun 2008..... 74 |
| Gambar 9 | Grafik Konsentrasi O ₃ dan NO ₂ Dalam Udara Ambien di DKI Jakarta Tahun 2008..... 74 |
| Gambar 10 | Grafik Konsentrasi CO Dalam Udara Ambien di DKI Jakarta Tahun 2008..... 74 |
| Gambar 11 | Grafik Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Libur..... 77 |
| Gambar 12 | Grafik Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Kerja..... 77 |
| Gambar 13 | Grafik Pola Variasi Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Libur..... 79 |
| Gambar 14 | Grafik Pola Variasi Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Kerja..... 80 |
| Gambar 15 | Grafik Kecepatan Kendaraan di Kedua Ruas Jalan Jenderal Sudirman..... 81 |
| Gambar 16 | Grafik Volume Penjualan BBM Untuk Alat Transportasi Menurut Jenisnya Tahun 2006..... 85 |
| Gambar 17 | Grafik Persentase Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor dari Tiap Polutan..... 94 |
| Gambar 18 | Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan CO dari Tiap Jenis Kendaraan..... 96 |
| Gambar 19 | Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan HC dari Tiap Jenis Kendaraan..... 96 |
| Gambar 20 | Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan NO _x dari Tiap Jenis Kendaraan..... 96 |
| Gambar 21 | Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan SO ₂ dari Tiap Jenis Kendaraan..... 96 |

Halaman

| | | |
|-----------|--|-----|
| Gambar 22 | Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan PM ₁₀ dari Tiap Jenis Kendaraan..... | 97 |
| Gambar 23 | Grafik Persentase Tiap Jenis Kendaraan Terhadap Polutan..... | 97 |
| Gambar 24 | Grafik Persentase Polutan dari Semua Jenis kendaraan Bermotor di Ruas Jalan Jenderal Sudirman..... | 97 |
| Gambar 25 | Grafik Kondisi Temperatur dan Kelembaban Udara Bulan Mei 2009..... | 99 |
| Gambar 26 | <i>Windrose</i> Bulan Mei 2009..... | 100 |
| Gambar 27 | Grafik Konsentrasi Polutan CO dan NO ₂ pada Bulan Mei 2009 | 101 |
| Gambar 28 | Grafik Jumlah Kendaraan, Kecepatan Angin dan Konsentrasi CO di Udara Ambien Pada Hari Minggu..... | 102 |
| Gambar 29 | Grafik Jumlah Kendaraan, Kecepatan Angin dan Konsentrasi CO di Udara Ambien Pada Hari Senin..... | 103 |
| Gambar 30 | Grafik Jumlah Kendaraan, Kecepatan Angin dan Konsentrasi CO di Udara Ambien Pada Hari Kamis..... | 104 |
| Gambar 31 | Grafik Jumlah Kendaraan dengan Konsentrasi NO, NO ₂ dan NO _x di Udara Ambien Pada Hari Minggu..... | 105 |
| Gambar 32 | Grafik Jumlah Kendaraan dengan Konsentrasi NO, NO ₂ dan NO _x di Udara Ambien Pada Hari Senin..... | 107 |
| Gambar 33 | Grafik Jumlah Kendaraan dengan Konsentrasi NO, NO ₂ dan NO _x Dalam Udara Ambien Pada Hari Kamis..... | 107 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Peta Lokasi Pengamatan Volume Kendaraan
- Lampiran B Perhitungan Kecepatan Kendaraan Berdasarkan Rumus MKJI
- Lampiran C Spesifikasi Bahan Bakar Gasoline di Indonesia
- Lampiran D Spesifikasi Bahan Bakar Diesel di Indonesia
- Lampiran E Faktor Emisi per Klasifikasi Kecepatan Kendaraan (km/jam)
- Lampiran F Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor Berdasarkan Kecepatan Kendaraan (ton/hari).
- Lampiran G Baku Mutu Udara Ambien berdasarkan Kep.Gub No. 661/2001
- Lampiran H Indeks Standar Pencemaran Udara
- Lampiran I Data Pemantauan Kualitas Udara Ambien dari Stasiun Pemantauan JAF5 Pada Tanggal 10, 11 dan 14 Mei 2009
- Lampiran J Perhitungan Nilai Faktor Emisi dan Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|-----------------|--|
| AISI | Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia |
| APMA | <i>Air Pollution in Megacities in Asia Project</i> |
| AQMS | <i>Air Quality Monitoring System</i> |
| ARAI | <i>The Automotive Research Association of India</i> |
| ARSDS | <i>Arterial Road System Development Study</i> |
| ASTM | <i>American Society Testing Material</i> |
| Atm | <i>Atmosfer</i> |
| Avgas | <i>Aviation Gasoline</i> |
| Avtur | <i>Aviation Turbin Fuel</i> |
| BAPEDAL | Badan Pengendalian Dampak Lingkungan |
| BAS | <i>Bank Angel Sensor</i> |
| BBM | Bahan Bakar Minyak |
| BPS | Badan Pusat Statistik |
| BPLHD | Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah |
| BM | Baku Mutu |
| BRT | <i>Buses Rapid Transit</i> |
| BuOH | Butanol |
| C | Karbon |
| CH ₄ | Metana |
| CNG | <i>Compressed Natural Gas</i> |
| CO | Karbon monoksida |
| CO ₂ | Karbon dioksida |
| COPERT | <i>Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport</i> |
| CORINAIR | <i>Coordination Information on the Environment in the European Community</i> |
| CPCB | <i>Central Pollution Control Board</i> |
| Dephub | Departemen Perhubungan |
| DHV | <i>Design Hourly Volume</i> |
| Dirjen | Direktorat Jenderal |
| Dishub | Dinas Perhubungan |
| Ditlantas | Direktorat Lalu Lintas |
| DKI | Daerah Khusus Ibukota |
| DLLAJR | Dinas Lalu Lintas Angkutan Jalan Raya |
| dpl | Di atas permukaan laut |
| DS | <i>Degree of Saturation (Derajat kejenuhan)</i> |
| ECE R15 | <i>United Nations Economic Committee for Europe Regulation 15</i> |
| ECM | <i>Electronic Control Module</i> |
| ECU | <i>Electronic Control Unit</i> |

| | |
|------------------|---|
| EEA | <i>European Environment Agency</i> |
| EFI | <i>Electronic Fuel Injection</i> |
| EFT | <i>Electric Fuel Treatment</i> |
| EGR | <i>Exhaust Gas Recyrculating</i> |
| EMEP | <i>European Monitoring and Evaluation Program</i> |
| EMS | <i>Engine Management System</i> |
| EPA | <i>Environment Protection Agency</i> |
| ESDM | Energi dan Sumber Daya Mineral |
| ETBE | <i>Ethyl tertiary-butyl ether</i> |
| EtOH | etanol |
| EU | <i>European Union</i> |
| FE | Faktor Emisi |
| GAIKINDO | Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia |
| Gelora | Gelanggang Olah Raga |
| GTBA | <i>Gasoline grade t-butanol</i> |
| H ₂ | Hidrogen |
| Ha | Hektar (satuan luas) |
| Hb | Hemoglobin |
| HBKB | Hari Bebas Kendaraan Bermotor |
| HC | Hidrokarbon |
| HCCI | <i>homogeneous-charge compression ignition</i> |
| HDGV | <i>Heavy-Duty Gasoline Vehicle</i> |
| HFC | Hidrofluorokarbon |
| H ₂ O | Air |
| HOMC | <i>High Octane Mogas Component</i> |
| HV | <i>Heavy Vehicle</i> |
| I/M | <i>Inspection and Maintanace</i> |
| IPA | Isopropil alkohol). |
| IPCC | <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> |
| ISPA | Infeksi Saluran Pernafasan Akut |
| ISPU | Indeks Standar Pencemaran Udara |
| ITB | Institut Teknologi Bandung |
| IUPAC | <i>International Union of Pure and Applied Chemical</i> |
| IVE | <i>International Vehicle Emission</i> |
| Jabotabek | Jakarta Bogor Tangerang Bekasi |
| JICA | <i>Japan International Cooperation Agency</i> |
| KPBB | Komisi Penghapusan Bensin Bertimbang |
| Kep.Gub | Keputusan Gubernur |
| Kep.Men | Keputusan Menteri |
| KLH | Kementerian Negara Lingkungan Hidup |
| LDGV | <i>Light-Duty Gasoline Vehicle</i> |
| LEV | <i>Low Emission Vehicles</i> |

| | |
|------------------|--|
| LIPI | Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia |
| LPG | <i>Liquefied Petroleum Gas</i> |
| LRT | <i>Light Rail Transport</i> |
| LSM | Lembaga Swadaya Masyarakat |
| LV | <i>Light Vehicle</i> |
| MC | <i>Motorcycle</i> |
| MeOH | Metanol |
| MIGAS | Minyak dan Gas |
| MIL | <i>Malfunction Indicator Lamp</i> |
| MKJI | Manual Kapasitas Jalan Indonesia |
| MMT | <i>Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl</i> |
| MPI | <i>Multi-Point Injection</i> |
| MON | <i>Motor Octane Number</i> |
| MOVES | <i>Motor Vehicle Emission Simulator</i> |
| MR | Berat molekul |
| MRT | <i>Mass Rapid Transit</i> |
| MTBE | <i>Methyl tertiary-butyl ether</i> |
| N ₂ | Nitrogen |
| NAB | Nilai Ambang Batas |
| NO | Nitrogen Oksida |
| NO _x | Oksida nitrogen |
| NO ₂ | Nitrogen Dioksida |
| N ₂ O | Dinitrogen Oksida |
| O ₃ | Ozon |
| OD | <i>Origin-Destination</i> |
| PAN | <i>Peroxylacetyl nitrate</i> |
| Pb | Timbal |
| Pemda | Pemerintah Daerah |
| PKB | Pengujian Kendaraan Bermotor |
| PM ₁₀ | Partikulat berdiameter hingga 10 mikrometer |
| POLRI | Polisi Republik Indonesia |
| PP | Peraturan Pemerintah |
| Ppm | <i>part per-million</i> |
| Pusarpedal | Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan |
| RON | <i>Research Octane Number</i> |
| RPM | <i>Rotary per minute</i> (putaran mesin per menit) |
| RVP | <i>Reid Vapor Pressure</i> |
| SIM | Surat Ijin Mengemudi |
| SITRAMP | <i>Study on Integrated Transport Master Plan for JABODETABEK</i> |
| SK | Surat Keputusan |
| SLHI | Status Lingkungan Hidup Indonesia |
| SME | <i>Sistem Manajemen Engine</i> |

| | |
|-----------------|--|
| Smp | Satuan Mobil Penumpang |
| SNAT | Survei Nasional Asal Tujuan |
| SO ₂ | Sulfur dioksida |
| SO ₃ | Sulfur trioksida |
| SO _x | Oksida Sulfur |
| SPBG | Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas |
| SPBU | Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum |
| Susenas | Survei Sosial Ekonomi Nasional |
| STNK | Surat Tanda Nomer Kendaraan |
| TAME | <i>Tertiary Amyl Methyl Ether</i> |
| TC | <i>Traffic Counting</i> |
| TEL | <i>Tetra Ethyl Lead</i> |
| THC | Total Hidrokarbon |
| TOG | <i>Total Organic Gas</i> |
| TWC | <i>Three Way Catalyts</i> |
| ULEV | <i>Ultra Low Emission Vehicle</i> |
| UNEP | <i>The United Nations Environment Programme</i> |
| UNFCC | <i>United Nation Framework on Climate Change</i> |
| URBAIR | <i>Urban Air (Study on urban air quality management by the World Bank)</i> |
| USAID | <i>The United States Agency for International Development</i> |
| US EPA | <i>United States of America Environmental Protection Agency</i> |
| VJP | Volume Jam Perencanaan |
| VKT | <i>Vehicle Kilometers Traveled</i> |
| VOC | <i>Volatile Organic Carbon</i> |
| WHO | <i>World Health Organization</i> |
| WIB | Waktu Indonesia Bagian Barat |
| ZEV | <i>Zero Emission Vehicle</i> |

ABSTRAK

Permasalahan pencemaran udara dari sumber kendaraan bermotor di Indonesia sampai saat ini belum dapat diatasi dengan sempurna, disebabkan oleh upaya pengendalian pencemaran udara dari sumber tersebut memerlukan faktor-faktor yang mempengaruhi, salah satunya adalah belum adanya nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor yang original dari kondisi transportasi di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji nilai faktor emisi dan menghitung beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor serta menganalisis kondisi udara ambien dengan volume kendaraan bermotor dan variasi perjalanan dalam sehari sehingga dapat dilakukan upaya pengendalian pencemaran udara secara maksimal. Penelitian ini bersifat kuantitatif dan deskriptif. Lokasi penelitian untuk pengamatan volume kendaraan dilakukan di jalan Jenderal Sudirman, Jakarta. Sumber data primer meliputi volume dan karakteristik kendaraan bermotor di DKI Jakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi kendaraan bermotor 97% didominasi oleh jenis sepeda motor dan mobil berpenumpang dengan kecepatan rata-rata kendaraan yang dihitung 25-40 km/jam pada pagi, siang dan sore hari. Nilai faktor emisi dan beban emisi terbesar adalah dari jenis mobil berpenumpang dengan polutan utama CO_2 , CO dan NO_x . Emisi dari kendaraan bermotor dipengaruhi oleh faktor kondisi lalu lintas seperti idling, percepatan, jelajah dan perlambatan, yang akan mempengaruhi konsentrasi polutan di udara ambien. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa (1) Semakin besar kapasitas kendaraan bermotor maka nilai faktor emisinya semakin besar; (2) Semakin panjang jarak tempuh kendaraan bermotor maka nilai beban pencemaran emisinya semakin besar; (3) Konsentrasi polutan di udara ambien dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas, volume kendaraan dan kondisi meteorologi; (4) Rekomendasi upaya pengendalian (a) Penggunaan bahan bakar yang lebih bersih; (b) Pengaturan jam masuk kerja dan sekolah yang dilaksanakan per wilayah sehingga tidak terjadi kesamaan aliran lalu lintas yang dapat membuat kemacetan lalu lintas.; (c) Pentaatan hukum dan peraturan dengan program *rewards and punishment*; (d) Peningkatan dan perbaikan penggunaan infrastruktur jalan raya

Kata kunci: emisi, volume kendaraan, pengendalian, polutan

ABSTRACT

The problem of air pollution from motor vehicle sources in Indonesia have not maximal yet, caused by air pollution control efforts of these sources requires the factors that influence, one of them is the absence of emission factor values from the original vehicle of transport conditions in Indonesia. The purpose of this study is to assess the value of emission factors and calculate the load of pollution emission from motor vehicle and analyze the ambient air conditions with the volume and variety of motor vehicle in one day trip so that air pollution control efforts can be done maximally. This is a quantitative and descriptive research. This research took place in Jenderal Sudirman street as a place of observation of volume of motor vehicles. Primary data sources include the volume of vehicles and vehicle characteristics in Jakarta. The results showed that the composition of motor vehicles 97% dominated by the type of motorcycle and passenger car with an average speed of vehicles counted 25-40 km/hour in the morning, afternoon and evening. Value of emission factors and the greatest load of pollution emission come from passenger car with the main pollutants CO₂, CO and NO_x. Emissions from motor vehicles is influenced by factors such as traffic conditions (idling, acceleration, cruising and deceleration), which will affect the concentration of pollutants in the ambient air. The research conclusion have shown that (1) The greater the capacity of the motor vehicle so the value of emissions factor is greater too; (2) The longer the distance of the motor vehicle so the value of pollution emission load is greater too; (3) The concentration of pollutants in the ambient air is affected by traffic conditions, the volume of vehicle and conditions of meteorology; (4) Recommendations control efforts (a) Use of fuel cleaner (a) Increasing and improving the use of infrastructure, roads, (b) setting an hour into work and school held a territory that does not occur in common traffic flow can create traffic congestion. (c), Improving the laws and regulations with the program rewards and punishment; (d) Increasing and improving the use of infrastructure, roads.

Keywords: emissions, the volume of vehicles, control, pollutants

RINGKASAN

**Program Studi Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Indonesia
Tesis, Januari 2010**

- A. Nama Dyah Apriyanti
- B. Judul Tesis UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DARI EMISI KENDARAAN BERMOTOR DI DKI JAKARTA (Studi Perhitungan Total Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor Berdasarkan Kualitas Bahan Bakar dan Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman, DKI Jakarta)
- C. Jumlah Halaman Halaman muka xxiv, halaman isi 131; halaman ilustrasi gambar 33; tabel 38; lampiran 21, Peta 1.
- D. Isi Ringkasan:

Permasalahan pencemaran udara dari sumber kendaraan bermotor di Indonesia sampai saat ini belum dapat diatasi dengan sempurna, disebabkan oleh upaya pengendalian pencemaran udara dari sumber tersebut memerlukan faktor-faktor yang mempengaruhi, salah satunya adalah belum adanya nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor yang original dari kondisi transportasi di Indonesia. Studi perhitungan faktor emisi dan beban pencemaran emisi yang sudah dilakukan oleh JICA, USAID, World Bank dan lainnya masih mengadopsi dari data faktor emisi negara lain. Perhitungan beban pencemaran emisi dengan faktor emisi seperti itu harus terlebih dahulu dikaji dengan melihat kesamaan kondisi dari profil transportasi di DKI Jakarta dengan negara yang diadopsi nilai faktor emisinya. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka studi ini dilakukan untuk mengkaji faktor emisi yang sesuai sehingga upaya pengendalian pencemaran udara dari sumber kendaraan bermotor dapat dilaksanakan secara maksimal. Tujuan penelitian yang ingin di capai adalah (1) Mengkaji nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta, (2) Menghitung nilai beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta, (3) Menganalisis kondisi udara ambien berdasarkan volume kendaraan dan variasi jumlah perjalanan dalam satu hari, (4) Mengkaji upaya pengendalian pencemaran udara berdasarkan hasil perhitungan beban pencemaran emisi kendaraan bermotor di DKI Jakarta.

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dan deskriptif dengan pemilihan lokasi pengamatan volume kendaraan dilakukan secara purposif sampling. Penelitian mengambil lokasi di jalan Jenderal Sudirman sebagai tempat pengamatan volume kendaraan bermotor pada pagi, siang, sore dan malam hari pada kedua jalurnya (ke arah Blok M dan dari arah Blok M). Waktu pelaksanaan pengamatan dilakukan pada bulan Mei 2009.

Hasil penelitian dari pengamatan volume kendaraan adalah terdapat tujuh jenis kendaraan sesuai klasifikasi dari Dinas Perhubungan yang melewati ruas jalan Jenderal Sudirman meliputi sepeda motor (51,1%), mobil penumpang (45,9%), *pick up* (0,2%), van (0,4%), bus kecil (1,1%), bus besar (1,1%) dan truk 2 as (0,7%). Pola variasi volume perjalanan dalam sehari yang terbentuk pada hari libur adalah *peak time* terjadi pada siang dan sore hari, sedangkan pada hari kerja *peak time* terjadi pada pagi dan sore hari. Kecepatan kendaraan rata-rata pada ruas jalan Jenderal Sudirman yang dihitung dengan menggunakan rumus dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia menghasilkan kecepatan kendaraan rata-rata terukur pada pagi, siang dan sore hari adalah 25-40 km/jam, sedangkan pada malam hari adalah 40-60 km/jam. Kualitas bahan bakar bensin yang ada pada SPBU Pertamina di Jabodetabek mempunyai densitas 715 g/cm³, kandungan sulfur 500 ppm, kandungan Pb 0,0044 ppm dan angka RON 89. Dengan kualitas bahan bakar tersebut, maka alat kontrol emisi (*Catalyst Converter* dan TWC) tidak dapat digunakan secara optimal, karena persyaratan bagi penggunaan alat kontrol emisi ini adalah kandungan sulfur maksimal 300 ppm dan *unleaded*.

Dalam studi ini jenis kendaraan bermotor yang dijadikan sampel untuk perhitungan nilai faktor emisi dan beban pencemaran emisi adalah jenis mobil penumpang dan berbahan bakar bensin. Pemilihan tipe, kapasitas dan tahun produksi kendaraan yang berbeda-beda agar dapat diketahui pengaruhnya terhadap perhitungan nilai faktor emisi. Perhitungan nilai beban pencemaran emisi menggunakan pendekatan panjang perjalanan dari tiap kendaraan bermotor yang dapat diketahui pada alat odometer yang terpasang di setiap kendaraan bermotor. Konsentrasi polutan CO, NO, NO₂ dan NO_x di udara ambien diambil data hasil pengukuran stasiun pemantauan kualitas udara di Senayan (JAF5). Data konsentrasi polutan di udara ambien tersebut kemudian dihubungkan dengan volume kendaraan, kondisi lalu lintas, kondisi meteorologi dan letak geografis wilayahnya.

Setelah dilakukan pengkajian nilai faktor emisi dan perhitungan beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor, maka dapat disimpulkan sebagai berikut; (1) Hasil pengkajian nilai faktor emisi berdasarkan kualitas bahan bakar dan volume kendaraan; (a) Peningkatan kualitas bahan bakar, yang diiringi dengan perbaikan teknologi kendaraan bermotor yang dapat menghemat bahan bakar dan penggunaan kendaraan yang ramah lingkungan, dapat membuat nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor menjadi rendah; (b) Tingginya volume kendaraan mengakibatkan kepadatan lalu lintas yang membuat kecepatan kendaraan menjadi rendah sehingga nilai faktor emisi berdasarkan kecepatan kendaraan bermotor menjadi besar. (2) Hasil perhitungan nilai beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor; (a) Semakin panjang jarak tempuh kendaraan dapat meningkatkan nilai beban pencemaran emisi kendaraan tersebut, dengan polutan utama adalah CO₂=158,8 ton/tahun (90,3%), CO=15,09 ton/tahun (8,6%) dan NO_x=1,83 ton/tahun (1,04%). (b) Nilai beban pencemaran emisi berdasarkan kecepatan kendaraan bermotor semakin banyak volume kendaraan dari suatu jenis kendaraan maka nilai beban pencemaran emisi dari jenis kendaraan tersebut semakin besar. Nilai beban pencemaran emisi terbesar adalah dari jenis mobil penumpang sebesar 51,9% dengan polutan utama NO_x (76,6%), PM₁₀ (64,8%),

CO (52,6%), SO₂ (47,7%) dan jenis sepeda motor 42,4% dengan polutan utama HC (61,9%). (3) Konsentrasi polutan CO dan NO₂ yang terukur di udara ambien pada saat pengamatan volume kendaraan masih berada di bawah baku mutu udara ambien berdasarkan Kep.Gub No.661/2001. Konsentrasi polutan CO, NO, NO₂ dan NO_x dalam udara ambien dipengaruhi oleh volume kendaraan, kondisi lalu lintas, kondisi geografis wilayah dan kondisi meteorologi; (4) Berdasarkan kajian nilai Faktor emisi dan perhitungan beban pencemaran emisi maka rumusan upaya pengendalian pencemaran udara adalah sebagai berikut; (a) Penggunaan bahan bakar yang lebih bersih disertai dengan perawatan kendaraan secara berkala, peningkatan teknologi kendaraan dan pemasangan alat kontrol emisi pada kendaraan bermotor; (b) Pengaturan jam masuk kerja dan sekolah yang dilaksanakan per wilayah sehingga tidak terjadi kesamaan aliran lalu lintas (c) Pentaatan hukum dan peraturan dengan program *rewards and punishment* sebagai alat kontrol bagi pemilik kendaraan bermotor yang akan memperpanjang STNK, pemasangan stiker lulus uji emisi untuk mendapatkan tempat parkir kendaraan, kebijakan pembatasan umur kendaraan, dan hari bebas kendaraan bermotor; (d) Peningkatan dan perbaikan penggunaan infrastruktur jalan raya. Hal ini dapat dilakukan dari segi transportasi yaitu pembatasan jumlah angkutan umum guna peralihan moda ke transportasi massal dan terintegrasi, pembatasan lalu lintas, maupun penambahan ruang terbuka hijau.

Dari hasil penelitian dan kesimpulan di atas disarankan hal-hal sebagai berikut; (1) Saran untuk KLH bekerjasama dengan Dinas Perhubungan; Melakukan perhitungan faktor emisi dengan memasukkan semua faktor yang mempengaruhi yaitu pengukuran emisi yang dihasilkan pada saat *cold start emission*, tipe jalan, kondisi geografis wilayah, dan pola mengemudi, sehingga nilai yang didapatkan akan lebih mendekati nilai sebenarnya dan merefleksikan beban emisi kendaraan bermotor serta dapat diaplikasikan di seluruh kota di Indonesia sesuai dengan profil wilayahnya. (2) Saran untuk Polda Metrojaya; Penerapan *ecodriving* untuk membuat dan perpanjangan SIM merupakan salah satu langkah efektif dalam mengurangi kepemilikan kendaraan dan memperbaiki pola mengemudi sehingga dapat menurunkan emisi kendaraan bermotor. (3) Saran untuk Dinas Perhubungan dan Pemda DKI Jakarta; (a) Kebijakan untuk memberikan potongan pajak untuk kendaraan beremisi rendah agar dapat menaikkan minat produsen kendaraan untuk memproduksi dan meningkatkan ketertarikan masyarakat untuk membeli kendaraan beremisi rendah; (b) Memperbaiki sistem manajemen transportasi baik dalam hal pembentukan moda transportasi yang terintegrasi maupun pengelolaan alat transportasi yang lebih profesional dan teratur yang dilakukan sesuai koridor daya dukung wilayahnya baik angkutan berbasis jalan raya, rel kereta api maupun air/sungai. Perlu penataan kembali rute bis dan angkutan umum, sehingga tidak terjadi penumpukan rute yang dapat membuat kemacetan; (c) Pemberian subsidi dalam rangka peningkatan mutu pelayanan angkutan umum untuk menekan harga harus menjadi fokus utama dari pemerintah agar dapat menarik minat masyarakat untuk mengurangi penggunaan kendaraan motor pribadi. (4) Pengembangan sistem monitoring transportasi kota untuk memperkuat peran dan respon masyarakat.

E. Daftar Pustaka: 80 (1973-2009)

SUMMARY
Environment Sciences Study Programme
Post Graduate Programme, University of Indonesia
Thesis, January 2010

- A. Name : Dyah Apriyanti
- B. Thesis Title : EFFORT ON AIR POLLUTION CONTROL FROM VEHICLES SOURCE IN JAKARTA METROPOLITAN AREA (A Study on Estimation of Emission Load from Vehicles Sources Base on Fuel Quality And Traffic Volume at Jenderal Sudirman's Road, Jakarta)
- C. Number of Pages : front cover xxiv, content pages 131; Ilustration Figures 33; tables 38; appendices 22; map 1

D. Summary :

The problem of air pollution from motor vehicle sources in Indonesia have not maximal yet, caused by air pollution control efforts of these sources requires the factors that influence, one of them is the absence of emission factor values from the original vehicle of transport conditions in Indonesia. The study about the calculation of emission factors and emission load which has done by JICA, USAID, World Bank and others are still adopted the emission factors data from other countries. The calculation of pollution emissions load by a emissions factor like that must first be assessed by looking at the similarity of the profile of transport conditions in Jakarta with the country which the value of emission factor is adopted. Based on these backgrounds, the study was conducted to assess the appropriate emission factors, so efforts to control air pollution from motor vehicle sources can be implemented optimally. The research objective is to achieve are (1) to assess the value of the emission factor for vehicle type and age of the particular vehicle in accordance with the conditions in Jakarta, (2) Calculating the value of the emissions load of from motor vehicles to particular type and age vehicle in accordance with conditions in Jakarta, (3) to analyze ambient air conditions based on the volume of vehicles and the variety of trip number in one day, (4) to assess the efforts on air pollution control based on emissions load calculation result of motor vehicle in Jakarta.

This is quantitative and descriptive research with site selection observations was done by purposive sampling. This research took place in Jenderal Sudirman's road as a place of observation of the volume of motor vehicles in the morning, afternoon, evening and night on two ways (to the Blok M and from the Blok M). Time of observations was on May 2009.

Results from observation studies is the volume of vehicles there are seven types of vehicles according to the classification of the Transport Department who passed Jenderal Sudirman's roads including motorcycles (51,1%), passenger car (45,9%), pick up (0,2%), van (0,4%), small buses (1,1%), large buses (1,1%) and trucks as 2 (0,7%). Volume variation pattern in a day trip at holiday peak time occurred in the afternoon and evening, while on a workday peak time occurs in the morning

and evening. Vehicle speed is calculated using the formula of the Manual of Indonesia Road Capacity. The speed of vehicles at Jenderal Sudirman road's in the morning, afternoon and evening is 25-40 km/hour, while at night is 40-60 km/hour. The quality gasoline fuel available at Pertamina's gas stations in Jabodetabek is 715 g/cm³ in density, sulfur content is 500 ppm, Pb content is 0,0044 ppm and RON numbers is 89. With this quality of fuel, the emission control devices can not be used optimally, because the requirements for the use of emission control devices are a maximum sulfur content of 300 ppm and unleaded.

In this study the types of vehicles which are used as samples to calculate the value of emission factors and emission load are passenger car and gasoline fuel cars. Type selection, capacity and production of vehicle are different in order to know its impact on the calculation of emission factor values. The calculation of emissions load value using the long trip approach from each motor vehicle which can be viewed on the odometer tool on each motor vehicle. Concentration of pollutants CO, NO, NO₂ and NO_x in the ambient air measurements taken data from air quality monitoring stations in Senayan (JAF5). Pollutant concentration data in the ambient air is then associated with the volume of vehicles, traffic conditions, meteorological conditions and geographical region.

Having done the assessment and calculation of the emission factor value and emission load value from motor vehicle emissions, it can be concluded as follows:

- (1) The results of the assessment value of emission factors based on fuel quality and volume of vehicles; (a) improvement of fuel quality, which is accompanied by improvement vehicle technologies that can save fuel and use of environmentally friendly vehicles, to make emission factor value of motor vehicles to be lower; (b) The high volume of vehicles caused traffic density makes the vehicle speed is low so that the value of emission factors based on vehicle speed becomes large.
- (2) The results of the calculation of the value of emission load from motor vehicle; (a) The longer the distance the vehicle can increase the value of vehicle emission load, with the main pollutant is CO₂ = 158,8 tons/year (90,3%), CO = 15,09 tons/year (8,6%) and NO_x = 1,83 tons/year (1,04%). (b) Values of emission load based on motor vehicles speed is affected by the volume of vehicles of each type of motor vehicles. The more volume of each type of vehicles, the value of emissions load from these vehicles is growing. The largest value of emission load is from passenger cars of 51,9% for the main pollutants are NO_x (76,6%), PM₁₀ (64,8%), CO (52,6%), SO₂ (47,7%) and type motorcycle about 42,4% with a major pollutant HC (61,9%).
- (3) The concentration of pollutants CO and NO₂ measured in ambient air at the time of the observation volume of vehicles is still below the ambient air quality standards based on Kep.Gub No.661/2001. Pollutant concentrations of CO, NO, NO₂ and NO_x in the ambient air is influenced by the volume of vehicles, traffic conditions, conditions of geographical regions and meteorological conditions.
- (4) Based on the assessment and calculation of emission factor and emissions load of motor vehicle, it can be formulated air pollution control measures as follows:(a) Use of fuel cleaner along with regular vehicle maintenance, vehicle technology improvements and installation of emission control devices on motor vehicles; (b) setting an hour into work and school held a territory that does not occur in common traffic flow can create traffic congestion (c) legal and regulatory with

rewards and punishment programs as a tool of control for motor vehicle owners which will extend the vehicle registration, installation of emission test sticker pass for parking of vehicles, vehicle age restriction policies, and free day car program. (d) Increased and improved use of road infrastructure. This can be done in terms of transportation that is limiting the number of public transport modes in order to transition to an integrated mass transportation, traffic restrictions, as well as the addition of green open space.

From the findings and conclusions on matters recommended as follows: (1) Recommendation for Ministry of Environment in cooperation with the Department of Transportation; Doing the calculation of emissions factors by entering all the factors affecting the measurement of emissions produced during cold start emission, type of road, the condition geographical areas, and driving habits, so that the values obtained will be closer to the true value and reflects the emission load of motor vehicle, and can be applied in all cities in Indonesia in accordance with the profile of the area. (2) Recommendation for Polda Metrojaya; ecodriving application to create and driver's license renewal is one of effective measures to reduce vehicle ownership and improve the driving habits that can reduce motor vehicle emissions. (3) Recommendations for Department of Transportation and Pemda DKI Jakarta; (a) Policies to reward in the form of tax deductions for vehicles emit in order to boost low-interest vehicle manufacturers to produce and enhance the public interest to buy vehicles emit low; (b) Improving management systems transport both in terms of the formation of an integrated transportation modes and transportation management more professional and conducted regularly in accordance corridor area carrying capacity. Necessaary restructuring of bus route and public transport, so that's no accumulation occurred routes can make congestion; (c) Provision of subsidies in order to improve the quality of public transport services to suppress the price should be the main focus of the government because price paly's an important role in the transition mode of transportation in order can attract people's interest to reduce the use of private motor vehicles. (4) The development of transport monitoring systems to strengthen the role of the city and the community response.

E. References: 80 (1973-2009)

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara dipengaruhi oleh aktivitas yang berasal dari dua sumber, yaitu sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Polutan udara dari sumber bergerak diemisikan dari alat transportasi yang dipergunakan oleh manusia, seperti kendaraan bermotor, kereta api, pesawat terbang dan kapal laut, sedangkan dari sumber tidak bergerak seperti industri, perumahan, pembakaran sampah dan lain-lain. Menurut Status Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) 2006, polusi udara di daerah perkotaan DKI Jakarta sebanyak 70% disebabkan oleh kendaraan bermotor, 25% dari pabrik dan sisanya dari aktivitas masyarakat yang lain seperti pembakaran sampah, dan aktivitas rumah tangga (domestik) (KLH, 2006). Polusi udara menyebabkan penurunan kualitas udara ambien yang sampai saat ini sudah sangat mengkhawatirkan. Dari 25 stasiun pemantauan kualitas udara di Indonesia data hasil pemantauan PM_{10} menunjukkan nilai konsentrasi melebihi baku mutu yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Khususnya di DKI Jakarta hanya 60 hari dalam satu tahun kualitas udara memenuhi kriteria sehat (SITRAMP, 2004 dalam Asri dan Hidayat, 2005).

Masalah pencemaran udara dari sumber bergerak di suatu kota tidak terlepas dari kontribusi wilayah sekitarnya akibat perjalanan manusia dari suatu kota ke kota lain setiap hari untuk melakukan kegiatan (bekerja, sekolah, distribusi barang dan sebagainya). Perjalanan tersebut dilakukan dengan menggunakan berbagai alat transportasi seperti sepeda motor, mobil pribadi dan transportasi umum (bis, kereta api dan angkutan umum).

Berdasarkan data Lembaga Demografi Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia (LDFEUI) tahun 2008, laju pertumbuhan penduduk di DKI Jakarta 1,3% per tahun yang diikuti dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor (Bastian, 2009). Data jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar menurut jenis kendaraan tahun 2006 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Jumlah Kendaraan Bermotor Yang Terdaftar (Tidak termasuk TNI dan Polri) Menurut Jenis Kendaraan Tahun 2006

| Tahun | Jumlah | | | | Jumlah | Persentase (%) |
|--------------------|--------------|-----------------|-------------|-----------|----------|----------------|
| | Sepeda Motor | Mobil Penumpang | Mobil Beban | Mobil Bis | | |
| 2005 | 4647435 | 1766801 | 499581 | 316502 | 7230319 | 31,0 |
| 2004 | 3940700 | 1645306 | 488517 | 316396 | 6390919 | 27,4 |
| 2003 | 3316900 | 1529824 | 464748 | 315652 | 5627124 | 24,1 |
| 2002 | 2257194 | 1195871 | 366221 | 254849 | 4074135 | 17,5 |
| Jumlah keseluruhan | | | | | 23322497 | |

Sumber: Ditlantas Polda Metro Jaya dalam BPS, 2007

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa jumlah kendaraan roda dua lebih banyak dari kendaraan roda empat, bahkan menurut Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI), saat ini industri sepeda motor Indonesia merupakan produsen ketiga terbesar setelah Cina dan India, kenaikan jumlah kendaraan roda dua diperkirakan akan terus meningkat sekitar 10% pada tahun 2010 (Kompas, 2009). Kendaraan roda empat tahun 2007, menurut Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAIKINDO), jumlahnya akan terus meningkat sebesar ±15-20%. Namun, kenyataannya tahun 2008 terjadi krisis finansial global yang menyebabkan penjualan kendaraan bermotor tahun 2009 menurun sebesar 30% (Kompas, 2009). Dari data jumlah kendaraan bermotor di atas (Tabel 1) dapat diperkirakan jumlah emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor akan semakin bertambah.

Emisi gas buang dari sumber kendaraan bermotor mengandung polutan seperti Pb, CO, CO₂, HC, NO_x, SO₂ dan debu. Hasil penelitian tentang kualitas udara yang berhubungan dengan emisi dari kendaraan bermotor di DKI Jakarta yang sudah banyak dilakukan oleh instansi pemerintah, swasta dan organisasi baik dalam maupun luar negeri berbeda-beda tergantung pada metode pendekatan yang digunakan dan sumber datanya. Hasil penelitian dari kerjasama studi antara *Japan International Cooperation Agency* (JICA) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) tahun 1997 tentang Manajemen Kualitas Udara Terpadu di DKI Jakarta memberikan hasil kesimpulan sebagai berikut dalam Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Beban Pencemaran Emisi dari Kendaraan Bermotor Tahun 1997

| Jenis kendaraan | % CO | % HC | % NO _x | % SO _x | % PM |
|---------------------|------|------|-------------------|-------------------|------|
| Kendaraan penumpang | 58 | 39 | 54 | 28 | 38 |
| Sepeda motor | 21 | 43 | 1 | 1 | 1 |
| Bus | 14 | 11 | 27 | 36 | 35 |
| Truk | 7 | 7 | 18 | 35 | 26 |

Sumber: JICA-BAPEDAL, 1997

Mengutip dari laporan *Air Pollution in The Megacities in Asia Project (APMA)* (Sudarmanto, 2008), total estimasi polutan CO yang diemisikan dari seluruh aktifitas di kota Jakarta adalah 48,6% dari total emisi lima polutan (PM, SO₂, NO_x, HC and CO). Hasil studi yang telah dilakukan oleh APMA (Sudarmanto, 2008) menginformasikan bahwa berdasarkan hasil estimasi di jalan-jalan utama kota Jakarta untuk tahun 2002, kendaraan pribadi berkontribusi 50% dari total emisi HC dan 68% dari total emisi CO berasal dari emisi kendaraan bermotor. Sehingga berdasarkan hasil-hasil studi tersebut di atas menunjukkan bahwa emisi dari kendaraan bermotor di Jakarta memberikan kontribusi yang lebih dominan dibandingkan dari sumber lainnya (industri dan sumber terbuka) khususnya parameter CO. Kendaraan pribadi berkontribusi dominan terhadap emisi CO dan HC, diantara berbagai jenis kendaraan lainnya.

Untuk mengetahui beban pencemaran yang diemisikan oleh tiap kendaraan bermotor dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan faktor emisi. Faktor emisi adalah laju masuknya pencemar ke dalam udara sebagai produk suatu aktivitas, dibagi dengan tingkat aktivitas tersebut (US EPA, 1973). Untuk kendaraan bermotor, faktor emisi ditetapkan dengan beberapa cara yaitu dengan mengadopsi nilai faktor emisi dari referensi atau standar dari negara lain; melakukan estimasi dari rata-rata emisi yang diemisikan polutan dari berbagai jenis kendaraan dan melakukan pengukuran emisi secara langsung dari tiap kendaraan. Estimasi beban pencemaran emisi dari kendaraan didapat dari hasil perkalian estimasi jarak tempuh dari berbagai jenis kendaraan dengan faktor emisi yang tepat (Faiz, Weaver & Walsh, 1996). Dalam menghitung faktor emisi dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan, diantaranya dari bahan bakar yang digunakan, berdasarkan tingkat aktivitas dan penggabungan emisi total gas

organik (TOG) dan partikulat dengan profil spesifik dari tiap sumbernya (Faiz, Weaver & Walsh, 1996).

Faktor emisi dari tiap tipe kendaraan bermotor berbeda satu sama lainnya, dan dipengaruhi oleh umur kendaraan, kapasitas mesin, tingkat perawatan kendaraan, pola mengemudi dan kualitas bahan bakar. Oleh sebab itu diperlukan data yang lengkap mengenai karakteristik kendaraan bermotor dan profil lalu lintas, agar hasil perhitungan faktor emisi sesuai kondisi yang sebenarnya. Jenis dan umur kendaraan bermotor di Indonesia sangat beragam, dan mempengaruhi jumlah polutan yang diemisikan, tapi kesadaran masyarakat untuk melakukan pemeriksaan emisi dan perawatan kendaraan sangat rendah. Hal ini dapat dilihat dari data hasil uji emisi tahun 2006 yang dilakukan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) bekerjasama dengan instansi terkait di daerah.

Tabel 3. Hasil Uji Petik Kendaraan Bermotor Tahun 2006

| Bahan Bakar Solar | | Bahan Bakar Bensin | | Jumlah Kendaraan |
|-------------------|-------------|--------------------|-------------|------------------|
| Lulus | Tidak Lulus | Lulus | Tidak lulus | |
| 16 | 737 | 859 | 784 | 2396 |
| 2,12% | 97,88% | 52,28% | 47,72% | |

Sumber: KLH, 2007

Setiap kilometer panjang perjalanan yang dilakukan oleh setiap kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas buang yang dikenal sebagai emisi per km. Hasil perkalian antara panjang perjalanan kendaraan bermotor dan emisi per km inilah yang akhirnya menentukan besar kecilnya beban pencemaran emisi gas buang kendaraan bermotor (Syahril, 2006).

Seiring dengan kemajuan teknologi, industri kendaraan bermotor berkembang ke arah teknologi bersih yang ramah lingkungan. Semua itu dapat diraih dengan dukungan kualitas bahan bakar yang bersih, sehingga jumlah polutan yang diemisikan oleh kendaraan bermotor akan semakin berkurang.

Tanpa langkah pengendalian yang konkret terhadap emisi kendaraan bermotor, pertumbuhan kendaraan bermotor yang cepat di kota-kota besar disertai dengan kondisi emisi rata-rata kendaraan yang melebihi baku mutu emisi dari sumber

bergerak akan memperburuk kualitas udara. Polutan-polutan dari emisi kendaraan bermotor tersebut walaupun tidak secara langsung (dalam jangka pendek) memberikan dampak pada kesehatan manusia, tapi dalam waktu paparan tertentu dapat menurunkan tingkat kesehatan masyarakat yang berpotensi terpapar emisi kendaraan bermotor, yaitu dengan meningkatnya penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), asma dan menurunnya tingkat kecerdasan pada janin dan anak-anak (akibat terpajan Pb) yang apabila tidak segera dikendalikan dapat menyebabkan *loss of generation*. Hal tersebut dapat menimbulkan kerugian biaya kesehatan, produktifitas, dan ekonomi yang semakin besar. Jumlah penderita penyakit yang disebabkan oleh menurunnya kualitas udara di wilayah Jakarta Selatan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Pola Penyakit Penderita Rawat Jalan di Puskesmas Wilayah Jakarta Selatan Untuk Semua Golongan Umur

| No. | Jenis Penyakit | Jumlah Penderita | Persen (%) |
|--------|---|------------------|------------|
| 1. | Infeksi akut pada saluran pernapasan bagian atas | 311583 | 72,2 |
| 2. | Penyakit lain pada saluran pernapasan bagian atas | 96657 | 22,4 |
| 3. | Penyakit mata lainnya | 12351 | 2,9 |
| 4. | Asma | 10785 | 2,5 |
| Jumlah | | 431376 | |

Sumber: diolah dari data BPS Kota Administrasi Jakarta Selatan, 2008

Pemerintah sejak tahun 1996 sudah menerapkan program langit biru dengan prioritas pada pengendalian pencemaran dari sumber bergerak yaitu transportasi, juga Program Indonesia Bebas Timbal dan penerapan Standar EURO yang mulai direncanakan tahun 1999. Tetapi banyak kendala yang dihadapi diantaranya belum siapnya industri otomotif dan produsen Bahan Bakar Minyak (BBM).

1.2 Masalah Penelitian

Sampai saat ini upaya pengendalian pencemaran udara dari sumber kendaraan bermotor masih belum maksimal dari hasil yang didapatkan. Hal ini disebabkan belum dilakukan perhitungan beban pencemaran emisi secara teliti akibat belum

ditetapkannya faktor emisi dari kendaraan bermotor yang ada. Perhitungan faktor emisi kendaraan bermotor adalah langkah awal dalam menghitung beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor. Selain faktor emisi data kualitas bahan bakar juga diperlukan, yaitu untuk mengetahui jumlah dan jenis polutan yang diemisikan oleh kendaraan bermotor. Beberapa hasil penelitian tentang beban pencemaran emisi kendaraan bermotor seperti JICA, USAID, Bank Dunia dan lain-lain menyebutkan bahwa data faktor emisi yang digunakan untuk menghitung beban pencemaran emisi masih mengadopsi data faktor emisi dari negara lain seperti Jepang, USA atau Eropa. Perhitungan beban pencemaran emisi dengan faktor emisi tersebut harus terlebih dahulu dikaji dengan melihat kesamaan kondisi dari profil transportasi di DKI Jakarta dengan negara yang diadopsi nilai faktor emisinya.

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas maka studi ini dilaksanakan untuk “mengkaji faktor emisi yang sesuai sehingga upaya pengendalian pencemaran udara dari sumber kendaraan bermotor dapat dilaksanakan secara maksimal”.

Berdasarkan perumusan masalah di atas, dapat diturunkan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta?
2. Berapa nilai beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta?
3. Bagaimana kondisi udara ambien berdasarkan volume kendaraan dan variasi jumlah perjalanan dalam satu hari?
4. Apa saja upaya pengendalian pencemaran udara berdasarkan hasil perhitungan beban pencemar emisi kendaraan bermotor di DKI Jakarta?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengkaji nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta

2. Menghitung nilai beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta.
3. Menganalisis kondisi udara ambien berdasarkan volume kendaraan dan variasi jumlah perjalanan dalam satu hari.
4. Mengkaji upaya pengendalian pencemaran udara berdasarkan hasil perhitungan beban pencemar emisi kendaraan bermotor di DKI Jakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai data pendukung dalam pembaruan standar uji emisi kendaraan bermotor.
2. Dapat menjadi data pendukung bagi pembuat kebijakan untuk membuat strategi dalam upaya pencapaian target penurunan emisi kendaraan bermotor sehingga dapat meningkatkan kualitas udara di perkotaan.
3. Membantu mengembangkan strategi dan kebijakan pengelolaan kualitas udara di perkotaan sehingga dapat meningkatkan derajat kesehatan masyarakat di perkotaan.
4. Sebagai data dasar yang dapat diaplikasikan untuk kota-kota lain di Indonesia.
5. Dapat memperkaya ilmu pengetahuan khususnya ilmu lingkungan dalam pengendalian pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor.

1.5 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian meliputi pengambilan data jenis dan umur kendaraan bermotor, kualitas dan jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan bermotor yang telah ditentukan yang ditentukan oleh peneliti, menghitung beban pencemaran emisi dari sumber emisi kendaraan bermotor dengan melaksanakan perhitungan volume kendaraan pada ruas jalan Jenderal Sudirman dengan arah Blok M-Semanggi dan arah Polda-Blok M.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Teoretik

Untuk mengendalikan pencemaran udara di Jakarta yang bersumber dari emisi gas buang kendaraan bermotor perlu dilakukan perhitungan faktor emisi dari tiap kendaraan dengan memasukkan semua faktor yang dapat mempengaruhinya, sehingga dapat dihitung beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor, misalnya dalam bentuk rumusan strategi untuk menekan panjang perjalanan dan emisi per km kendaraan bermotor. Panjang perjalanan kendaraan bermotor di Jakarta selama satu dekade terakhir meningkat dengan kisaran 1,5-2% per tahun (Syahril, 2006). Apabila emisi per km ditekan namun panjang perjalanan terus bertambah atau sebaliknya, beban pencemaran emisi tidak akan berkurang.

Untuk menghitung beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor, tiga parameter utama yang digunakan adalah efisiensi pemakaian kendaraan di jalan (rendahnya *travel speed* dan tinggi *travel time*), efisiensi operasi mesin kendaraan (tingkat kesempurnaan pembakaran) dan bahan bakar (jenis maupun konsumsinya) (Faiz, Weaver & Walsh, 1996). Di samping tiga parameter di atas, efek sektor transportasi terhadap lingkungan perlu dikendalikan dengan melihat semua aspek yang ada di dalam sistem transportasi, mulai dari perencanaan sistem transportasi, meliputi model transportasi, sarana, pola aliran lalu lintas, jenis mesin kendaraan, umur kendaraan, tingkat perawatan kendaraan dan bahan bakar yang digunakan.

2.1.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara menurut PP No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Bab I, Pasal 1, Butir 1 adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Zat atau komponen lain yang dibebaskan ke udara disebut juga sebagai emisi atau polutan, yang pada batas

tertentu dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan manusia dan lingkungannya.

Udara lingkungan atau disebut udara ambien, sebelum terkena kontaminasi dari berbagai kontaminan dari berbagai macam kegiatan urban, mempunyai komposisi sebagai berikut:

Tabel 5. Komposisi Udara Ambien

| No. | Elemen | Formula | ppm | % Volume |
|-----|-----------------|-------------------------------|---------|-------------------------|
| 1. | Nitrogen | N ₂ | 780.900 | 78,09 |
| 2. | Oksigen | O ₂ | 209.400 | 20,94 |
| 3. | Argon | Ar | 9.300 | 0,93 |
| 4. | Karbon Dioksida | CO ₂ | 315 | 3,15 x 10 ⁻² |
| 5. | Neon | Ne | 18 | 1,80 x 10 ⁻³ |
| 6. | Helium | He | 5,2 | 5,20 x 10 ⁻⁴ |
| 7. | Methane | CH ₄ | 1,0-1,2 | 1,10 x 10 ⁻⁴ |
| 8. | Krypton | Kr | 1,0 | 1,00 x 10 ⁻³ |
| 9. | Nitrogen Oksida | NO | 0,5 | 5,00 x 10 ⁻³ |
| 10. | Hidrogen | H ₂ | 0,5 | 5,00 x 10 ⁻³ |
| 11. | Xenon | Xe | 0,08 | 8,00 x 10 ⁻⁶ |
| 12. | Uap Organik | C _x H _y | 0,02 | 2,00 x 10 ⁻⁶ |

Sumber: Soeryani, 1978 dalam Budihardjo, 2000

Dinamika atmosfer merupakan faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam masalah pencemaran udara. Dalam hal ini, atmosfer selalu parsial untuk menganalisis fenomena-fenomena yang khusus, dan ketidakterbatasan udara biasanya dihilangkan. Menurut Pasquill (1983) dalam BAPEDAL (1999), pencemaran udara menurut skala waktu dan ruang atmosferik dibagi menjadi tiga skala, yaitu:

1) Skala Mikro

Skala ini sering juga disebut sebagai skala lokal, orde jangkauannya sampai mencapai satu kilometer, dan skala waktu dalam orde detik sampai beberapa menit. Pada skala mikro ini, faktor-faktor meteorologi setempat memberikan pengaruh yang signifikan, seperti adanya angin darat dan angin laut di daerah pantai, sirkulasi udara perkotaan dan pedesaan, panas suhu perkotaan dan sebagainya. Transportasi setempat menciptakan akumulasi polutan di ruang udara sekitar sumbernya: inversi terhadap lapisan atmosfer membatasi tersedianya ruang untuk penyebaran polutan.

2) Skala Meso

Skala ini sering dikenal dengan skala regional, daya jangkauannya mulai satu kilometer dengan skala waktu menit sampai beberapa jam. Pada skala meso ini, angin yang mempengaruhi pergerakan atmosferik adalah angin geostatis di atas lapisan bumi (*Planetary Boundary Layer*). Pelepasan polutan di lapisan yang lebih tinggi memudahkan penyebaran horizontal dan vertikal dari polutan-polutan dalam cakupan yang lebih luas.

3) Skala Makro atau Global

Mempunyai jangkauan di atas ribuan kilometer, dan skala waktu lebih besar dari satu hari, menyebabkan skala ini lebih sering dikenal dengan skala kontinental. Unsur-unsur pencemar yang relatif stabil akan dapat bertahap tetap dalam bentuknya, dan mencapai jarak jangkauan yang jauh.

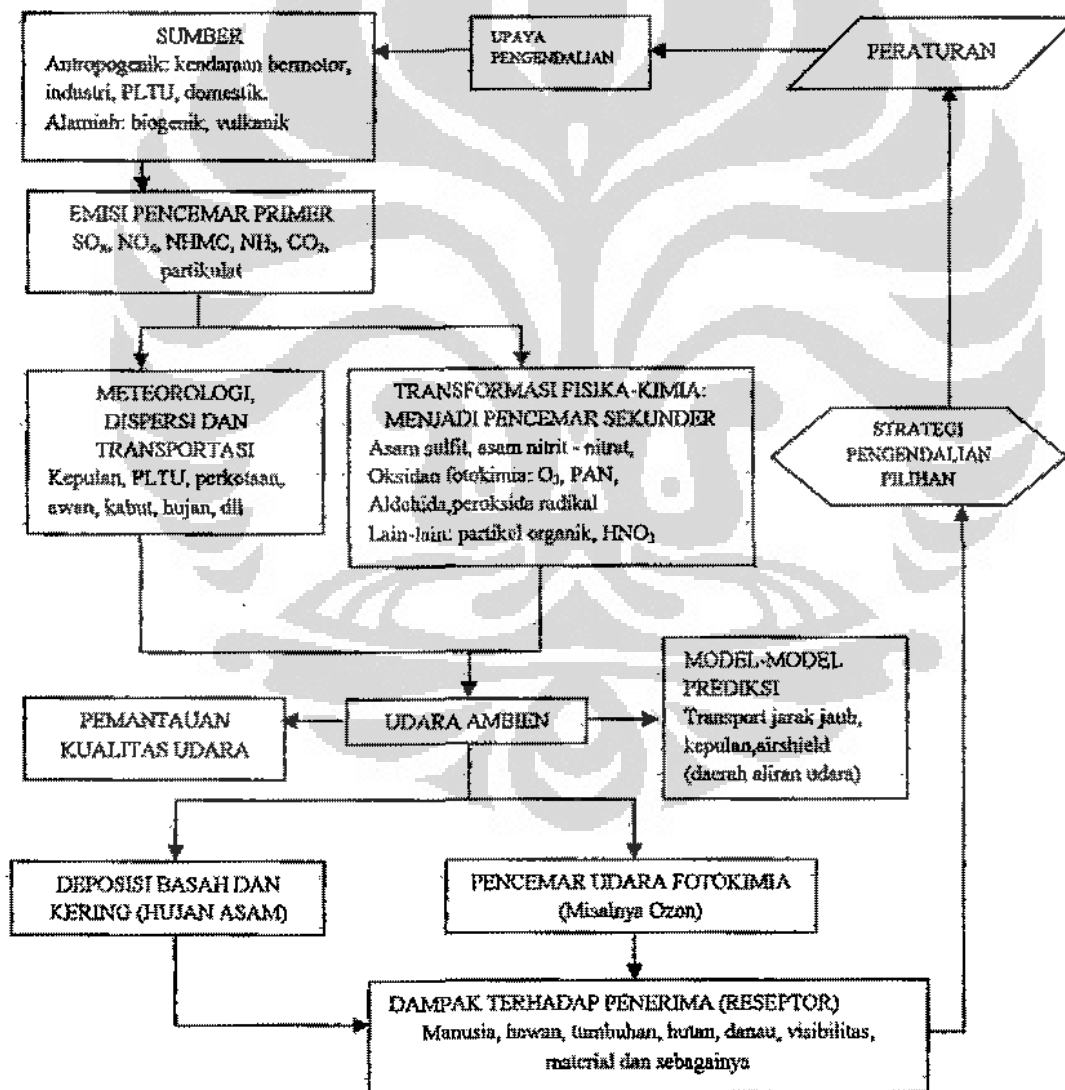
Sumber-sumber pencemar berdasarkan pola emisi, adalah (*European Environment Agency* (EEA), 1999):

- 1) Sumber titik, berasal dari sumber tidak bergerak yang umumnya mengemisikan polutan dalam jumlah besar: data yang diketahui mengenai lokasi, kapasitas atau produksi, kondisi pengoperasian, konsumsi bahan bakar, dan lain-lain; dan biasanya terikat pada peraturan-peraturan emisi yang berlaku baik terhadap jenis pencemarnya maupun sumber pencemaran tertentu.
- 2) Sumber area, berasal dari sumber individu yang tidak termasuk dalam sumber titik. Sumber area terdiri atas beberapa sumber baik bergerak maupun tidak bergerak yang masing-masing mengeluarkan emisi dalam jumlah kecil; dan membentuk suatu area.
- 3) Sumber garis, berasal dari sumber bergerak yang membentuk suatu garis. Biasanya diemisikan dari alat transportasi darat, laut dan udara yang diperoleh dari jalurnya masing-masing seperti jalur jalan raya, lintasan kereta api, kapal laut dan lain-lain.

2.1.1.1 Sistem Pencemaran Udara

Emisi pencemaran udara berawal dari emisi alami dan antropogenik. Emisi ini didefinisikan sebagai pencemar primer karena pencemar-pencemar golongan ini

diemisikan langsung ke udara dari sumbernya. Di udara pencemar primer akan mengalami penyebaran dan pengangkutan yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi. Bersamaan dengan itu, terjadi pula proses-proses transformasi fisika kimia yang mengubah pencemar primer menjadi unsur gas atau partikel bentuk lain yang dikenal dengan pencemar sekunder. Pencemar-pencemar ini dapat tersisihkan dari udara kembali kepermukaan bumi melalui proses deposisi basah atau kering yang dapat memberikan dampak pada penerima seperti manusia, hewan, ekosistem akuatik, vegetasi dan material (Soedomo, 2001). Sistem pencemaran udara seperti yang telah dijelaskan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Sistem Pencemaran Udara

(Sumber: Soedomo, 2001)

Berdasarkan Gambar 1, terbentuknya pencemaran udara terdiri atas (Soedomo, 2001):

1) Pencemar primer

Merupakan semua bahan pencemar yang berada di udara dalam bentuk yang hampir tidak berubah, sama seperti saat diemisikan dari sumbernya. Pada umumnya berasal dari sumber-sumber yang diakibatkan dari suatu aktivitas manusia yang menggunakan proses pembakaran dengan bahan bakar fosil, misalnya CO, NO_x, SO_x, CO₂, HC, partikulat dan lain sebagainya sebagai gas buang. Pencemar primer ini merupakan zat kimia yang langsung mengkontaminasi udara dalam konsentrasi yang membahayakan.

2) Pencemar sekunder

Pencemar sekunder ini merupakan pencemar yang sudah berubah reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara, misalnya reaksi fotokimia. Sebagai contoh adalah disosiasi NO₂ yang menghasilkan NO dan O radikal. Proses kecepatan dan arah reaksinya dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain: konsentrasi relatif dari bahan reaktan, derajat fotoaktivasi, kondisi iklim, topografi lokal dan adanya embun. Polutan sekunder ini mempunyai sifat fisik dan kimia yang tidak stabil (Mukojo, 2005). Polutan sekunder tersebut membentuk senyawa kompleks dari polutan baru yang disebut *photochemical oxidant*. Oksidan-oksidan tersebut bersama dengan senyawa-senyawa lainnya seperti Ozon dan PAN (*peroxyacylnitrates*) membentuk *photochemical smog*. Keberadaan senyawa ini dalam jumlah kecil di udara dapat menyebabkan mata pedih dan dapat merusak tanaman (Kusnoputranto, 1995).

2.1.1.2 Jenis Pencemaran Udara

Menurut Soedomo (2001), jenis pencemaran udara ditinjau dari ciri-ciri fisik bahan pencemar dapat berupa:

1) Partikulat.

- a. Aerosol, yaitu partikel padat/cair yang dapat tetap tinggal di udara karena ukurannya yang kecil (< 1 μm).
- b. *Dust*, yaitu partikel padat yang berdiameter antara 0,1–1.000 μm.

- c. *Fume*, yaitu partikel padat berdiameter 0,1-1 μ m, sebagai akibat dari proses industri pencairan benda padat seperti timbal (Pb).
 - d. *Mist*, yaitu partikel cair yang berdiameter >1,00 μ m.
 - e. *Smog*, yaitu partikel padat atau cair yang berdiameter < 1 μ m.
 - f. *Fog*, yaitu kondensasi uap air di udara.
- 2) Gas.
- a. *True Gas*, yaitu suatu zat yang keadaan fisiknya mempunyai sifat menyebar dan menempati tempat di mana ia berada, misalnya (CO, SO₂, CH₄).
 - b. *Vapor*, yaitu bentuk gas dari suatu zat yang umumnya berbentuk padat dan cair pada tekanan dan suhu kamar, misalnya HC.
- 3) Energi yang terdiri atas suhu dan kebisingan.

Klasifikasi menurut susunan kimia bahan pencemar:

- 1) Anorganik, CO, SO₂, CO₂, NO₂.
- 2) Organik, terdiri atas unsur karbon yang mempunyai ikatan dengan hidrogen (metana, benzena, etilen).

2.1.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara

Faktor meteorologi sangat mempengaruhi dalam penyebaran bahan pencemar di udara dan akan mempengaruhi tingkat konsentrasi bahan pencemar yang ada di udara. Menurut Suwanto (1997) beberapa faktor yang penting dan dapat mempengaruhi besarnya konsentrasi pencemaran udara adalah:

1) Faktor angin

Penyebaran polutan di udara dari sumbernya diakibatkan adanya angin bawah. Kecepatan angin akan mempengaruhi jarak penyebaran partikel atau polutan yang disebarkan ke lingkungan sekitarnya, sedangkan arah angin menunjukkan arah penyebaran polutan udara tersebut. Kecepatan angin juga mempengaruhi pengenceran polutan yang dilepaskan dengan dua cara, pertama adalah pengenceran polutan yang dikeluarkan berbanding terbalik dengan kecepatan angin di sumbernya: jika kecepatan angin pada sumbernya berlipat dua, namun bila polutan yang dikeluarkan tetap atau konstan, maka konsentrasi polutan udara menjadi setengahnya. Cara yang kedua kecepatan

angin berkurang menjadi setengahnya dan besar polutan konstan, maka konsentrasi polutan di udara menjadi dua kali lipatnya. Di samping itu kecepatan udara atau angin juga menentukan waktu yang diambil untuk perpindahan polutan, maksudnya dari tempat asal atau sumber ke tempat penerima. Jadi angin merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kadar konsentrasi pencemaran udara dari sumbernya dan di tempat lain yang jauh dari sumbernya.

2) Faktor temperatur atau suhu dan iklim

Secara umum terjadinya turbulensi dibedakan menurut proses kejadiannya menjadi dua, yaitu:

- a. Turbulensi mekanik, ditimbulkan oleh udara yang bergerak melalui bangunan-bangunan, semak-semak, pepohonan dan jalan serta tanah lapang dan akan berkembang dengan bertambahnya kecepatan angin dan ketinggian rintangan yang semakin besar.
- b. Turbulensi termal, terjadi jika udara yang bergerak di atas permukaan bumi yang dipanaskan dari bawah. Turbulensi ini pada umumnya terjadi pada siang hari, sehingga menyebabkan udara di atas permukaan menjadi tidak stabil dan banyak terjadi angin dengan kecepatan sedang, tinggi dan tidak teratur, sehingga hamburan (dispersi) bahan pencemaran udara akan terjadi dengan cepat, konsentrasinya akan menurun atau menjadi rendah dan disebarkan ke permukaan yang lebih luas. Jika udara stabil dan kecepatan angin rendah maka dispersi polutan terbatas, sehingga konsentrasi akan tetap tinggi berkisar di sekitar sumbernya. Jika inversi temperatur menjadi tinggi (temperatur berkembang dengan ketinggian) pada atau dekat permukaan bumi, dan kecepatan angin rendah, maka dispersi sangat terbatas dan konsentrasi bahan pencemar atau polutan tinggi jika pengeluaran polutan terus berlangsung di udara.

3) Faktor hujan

Hujan berpengaruh terhadap kadar pencemar emisi, terutama partikel debu yang mengambang di udara. Adanya hujan maka partikel debu akan terlarut oleh air hujan dan akan bereaksi membentuk asam.

4) Faktor keadaan topografi

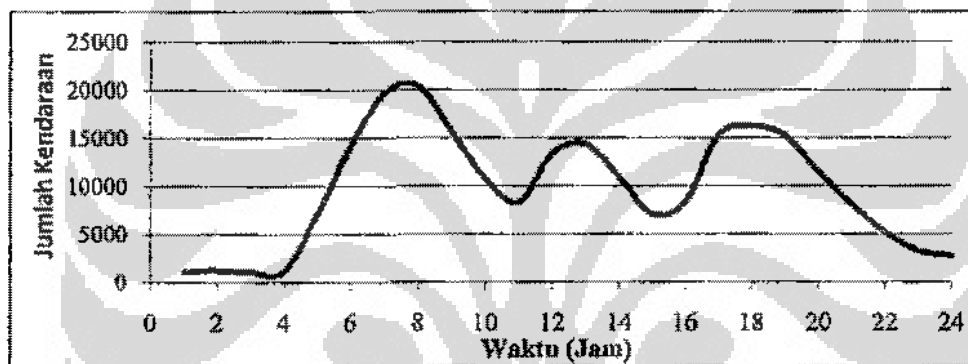
Topografi merupakan faktor yang penting dan berpengaruh pada pola sirkulasi udara di suatu daerah, dan dapat menentukan besarnya kadar/konsentrasi polutan di udara ambien (Soeryani, 2003 dalam Suwanto, 1997). Misalnya kondisi aliran udara yang terdapat di suatu kawasan pegunungan/ perbukitan, di mana sekeliling daerah tersebut cenderung lebih baik karena aliran udara di kawasan tersebut lancar tanpa ada halangan apapun sehingga proses pengenceran emisi udara yang berlebihan pun lebih cepat. Kondisi topografi lainnya adalah daerah dengan topografi datar dan tidak dihalangi oleh gedung-gedung tinggi masih memiliki pola aliran udara yang baik. Lain halnya dengan daerah lembah/cekungan, dengan kondisi topografi lebih rendah dari sekelilingnya maka pola sirkulasi udara di daerah tersebut tidak lancar sehingga bila konsentrasi udara ambien di daerah tersebut berada di atas baku mutu yang ditetapkan maka akan sulit bagi daerah tersebut untuk melakukan pengenceran dan kondisi udara yang buruk tersebut akan bertahan lama. Kejadian ini dikenal sebagai efek gas rumah kaca (*green house effect*).

2.1.2 Transportasi

Transportasi dapat diartikan sebagai usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, di mana di tempat lain ini objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu (Miro, 2005). Faktor-faktor yang menjadi penyebab timbulnya kebutuhan akan jasa transportasi, adalah sebagai berikut (Miro, 2005):

- 1) Kebutuhan akan jasa transportasi terjadi karena ada aktivitas sosial, budaya, ekonomi, pendidikan, rekreasi dan lain-lain, sehingga terbentuklah semacam klasifikasi profil perjalanan (*trip profile*) yang sesuai dengan aktivitas masyarakat.
- 2) Kebutuhan akan jasa transportasi ditentukan oleh waktu, yaitu kapan orang melakukan tiap-tiap aktivitas tersebut. Oleh perancang model lalu lintas (*traffic designer*) waktu ini dikelompokkan ke dalam satuan-satuan waktu tertentu, sehingga terdapat suatu variasi jam-jaman dalam sehari, variasi

harian dalam seminggu dan variasi bulanan dalam setahun, disebut variasi menurut waktu yang biasanya terdiri atas pertumbuhan perjalanan, variasi berkala (*periodic variation*) dan variasi tak berkala (*non periodic variation*). Jumlah kebutuhan perjalanan terbanyak yang terdistribusi menurut interval waktu ini dalam konsep teknik lalu lintas disebut Volume Jam Perencanaan (VJP) atau *Design Hourly Volume* (DHV), yaitu angka atau jumlah tertinggi dari arus perjalanan/pergerakan dalam beberapa interval waktu yang dijadikan sebagai dasar penetapan besar atau banyaknya fasilitas transportasi yang akan disediakan atau dikembangkan. Secara grafis, variasi-variasi jumlah perjalanan dalam interval waktu serta jumlah perjalanan tertinggi dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2. Variasi Jumlah Perjalanan Dalam Satu Hari (Jam-jaman)

Catatan: tiga jam puncak (pagi, siang dan sore) dijadikan patokan angka (jumlah) terbesar perjalanan dalam kota sebagai dasar penetapan perencanaan fasilitas transportasi.

(Sumber: Miro, 2005).

- 3) Orang-orang yang akan melakukan perjalanan (*trip marker*) akan dihadapkan pada alternatif pilihan alat angkut (moda transportasi) apa yang akan digunakan untuk mencapai tujuan. Secara umum ada dua kelompok besar moda transportasi yaitu: kendaraan pribadi (*private transportation*) dan kendaraan umum (*public transportation*).

2.1.2.1 Survei Asal-Tujuan (*Origin-Destination Survey*)/SAT (OD) Survey

Survei Asal Tujuan merupakan salah satu bagian kegiatan dalam penelitian (studi) transportasi yang dilakukan untuk mendapatkan data arus atau besarnya

perjalanan/pergerakan dari lokasi asal ke lokasi tujuan dalam suatu lingkup wilayah studi. Lingkup wilayah, tempat di mana si peneliti melakukan survei, tergantung pada lingkup wilayah studi, mulai dari survei lingkup lokal sampai tingkat nasional yang disebut dengan SNAT (Survei Nasional Asal Tujuan).

Lingkup wilayah survei asal tujuan (Miro, 2005):

- 1) Tingkat lokal: survei hanya dilaksanakan dalam area lokal seperti kota (*urban area*) atau lingkup metropolitan, dengan zona-zona atau titik-titik simpul asal dan tujuannya hanya mencakup kawasan-kawasan di dalam kota saja.
- 2) Tingkat regional: survei dilaksanakan dalam area yang lebih luas dari lokal, yaitu dalam lingkup wilayah provinsi, dengan zona-zona atau titik-titik simpul asal dan tujuannya mencakup kota-kota atau kawasan-kawasan andalan dan potensial yang berada di dalam batas administrasi suatu provinsi tertentu.
- 3) Tingkat nasional: survei dilakukan dalam lingkup atau batas-batas administrasi suatu negara, dengan zona-zona atau titik-titik simpul asal dan tujuannya adalah provinsi dan/atau kota-kota dan kabupaten-kabupaten dalam suatu provinsi dan provinsi lain.

2.1.2.2 Perhitungan Arus Lalu Lintas (*Traffic Counting/TC*)

Dalam menghitung arus lalu lintas (*Traffic Counting/TC*) dapat dilakukan dengan cara menghitung jumlah lalu lintas kendaraan lewat pada suatu ruas jalan yang sudah ditetapkan. Di sini asal lalu lintas dan ke mana tujuannya diabaikan, yang dihitung hanya volume lalu lintas saja.

Perhitungan dapat dilakukan manual atau dapat dengan menggunakan peralatan otomatis seperti alat penghitung lalu lintas (*TC*), detektor, atau peralatan lainnya yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Objek yang dihitung dalam perhitungan lalu lintas ini adalah (Miro, 2005):

- 1) Jumlah kendaraan yang lewat (volume) dalam satuan waktu (menit, jam, hari dan seterusnya). Kendaraan yang disurvei sudah dikelompokkan jenisnya misalnya mobil berpenumpang, sepeda motor, kendaraan diesel berbobot ringan (*pick-up*), dan bus.

- 2) Kecepatan kendaraan baik sesaat (*spot speed*) atau kecepatan perjalanan, kecepatan gerak dan rata-rata.
- 3) Kepadatan lalu-lintas (*traffic density*).
- 4) Waktu antara (*time head way*), waktu ruang dan rata-rata.

Data tersebut di atas sangat berguna bagi studi transportasi tahap pemilihan rute (pembebanan lalu lintas).

2.1.2.3 Teori Lalu Lintas

Karakteristik lalu-lintas menjelaskan ciri arus lalu-lintas secara kualitatif dan kuantitatif dalam kaitannya dengan kecepatan, besarnya arus dan kepadatan lalu lintas serta hubungannya dengan waktu maupun jenis kendaraan yang menggunakan ruang jalan. Ada tiga karakteristik primer dalam teori lalu-lintas yang saling terkait yaitu volume, kecepatan dan kepadatan (Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota, 1999):

- 1) Volume adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik yang tetap pada jalan dalam satuan waktu. Volume biasanya dihitung dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Volume dapat juga dinyatakan dalam periode waktu yang lain

$$q = \frac{1}{h} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana q = arus lalu-lintas
 h = waktu antara (*time head way*)

- 2) Kecepatan adalah perubahan jarak dibagi dengan waktu. Kecepatan dapat diukur sebagai kecepatan titik, kecepatan perjalanan, kecepatan ruang dan kecepatan gerak. Kelambatan merupakan waktu yang hilang pada saat kendaraan berhenti, atau tidak dapat berjalan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan karena adanya sistem pengendali atau kemacetan lalu lintas.

$$V = \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana V = kecepatan
 dx = jarak tempuh
 dt = waktu yang diperlukan untuk menempuh dx

3) Kepadatan adalah rata-rata jumlah kendaraan per satuan panjang jalan.

$$k = \frac{n}{l} \quad \text{atau} \quad k = \frac{1}{s} \dots\dots\dots(3)$$

- Di mana k = kepadatan lalu lintas (kend/km)
- n = jumlah kendaraan pada lintasan (kend)
- l = panjang lintasan (km)
- s = jarak antara (*space headway*)

Menurut Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota (1999), untuk melakukan survei kecepatan ada empat klasifikasi utama yang sering digunakan yaitu:

- 1) Kecepatan titik/sesaat (*spot speed*): yaitu kecepatan kendaraan sesaat pada waktu kendaraan tersebut melintasi suatu titik tetap tertentu di jalan.
- 2) Kecepatan perjalanan (*journey speed*): yaitu kecepatan rata-rata kendaraan efektif antara dua titik tertentu di jalan yang dapat ditentukan dari jarak perjalanan di bagi dengan total waktu perjalanan yang dihitung dengan persamaan sederhana sebagai berikut:

$$V = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(4)$$

- Di mana V = kecepatan perjalanan (km/jam)
- S = jarak perjalanan (km)
- t = total waktu perjalanan (jam)

3) Kecepatan bergerak (*running speed*): yaitu kecepatan rata-rata kendaraan untuk melintasi suatu jarak dalam kondisi kendaraan tetap berjalan, yaitu kondisi setelah dikurangi oleh waktu hambatan terjadi (misalnya hambatan pada persimpangan). Kecepatan bergerak ini dapat ditentukan dari jarak perjalanan dibagi dengan total waktu perjalanan yang telah dikurangi dengan waktu berhenti karena adanya hambatan yang disebabkan gangguan yang terjadi pada lalu lintas.

$$V = \frac{s}{(t-t')} \dots\dots\dots(5)$$

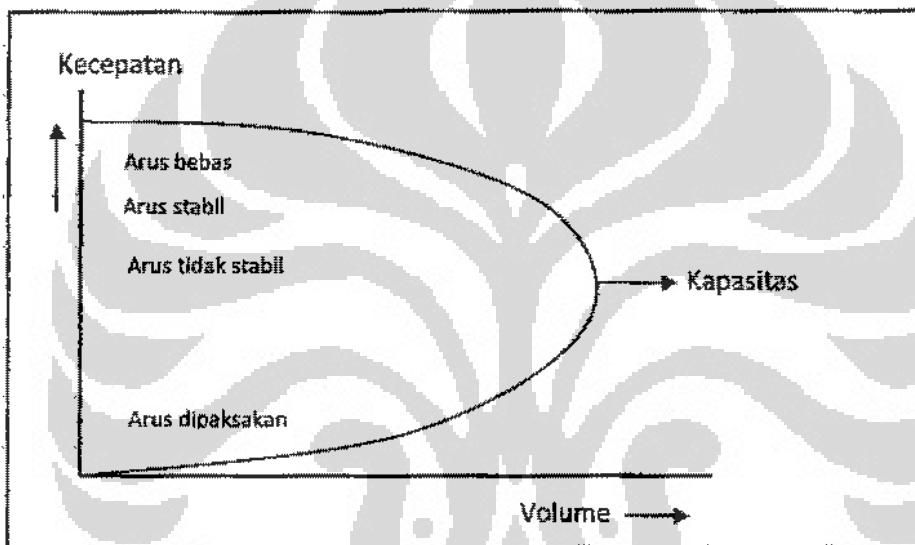
- Di mana V = kecepatan bergerak
- S = jarak perjalanan
- t = total waktu perjalanan
- t' = waktu berhenti karena adanya gangguan lalu lintas

4) Hambatan (*delay*)

Terbagi atas: hambatan-hambatan tetap (*fixed delay*) dan hambatan bergerak (*running delay*).

2.1.2.4 Kapasitas Jalan

Hubungan antara kecepatan, volume dan kepadatan dapat digambarkan sebagai berikut: semakin banyak kendaraan ada di jalan berarti bahwa kecepatan rata-rata kendaraan berkurang. Hubungan kecepatan dan volume dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok dalam gambar berikut:



Gambar 3. Hubungan Arus Antara Kecepatan dengan Volume Arus Lalu Lintas

(Sumber: Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota, 1999)

Keempat pembagian dari kurva hubungan antara kecepatan dan volume arus lalu-lintas dapat didefinisikan sebagai berikut (Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota, 1999):

- Arus bebas terjadi pada volume lalu lintas rendah, di mana kendaraan dapat dengan bebas memilih kecepatan.
- Arus stabil terjadi pada saat volume meningkat dan kecepatan berkurang karena pengemudi tidak bebas lagi memilih kecepatannya mengingat kendaraan sudah saling menghalangi (dikenal dengan arus normal).

- c. Arus tidak stabil terjadi pada saat volume mencapai kapasitasnya, penambahan volume lalu lintas sedikit dapat mengurangi kecepatan (rata-rata) yang besar.
- d. Arus dipaksakan terjadi pada saat lebih banyak kendaraan yang mencoba memakai jalan, volume dan kecepatan menjadi rendah dan tidak dapat diperkirakan.

Menurut buku Standar Desain Geometrik Jalan Perkotaan yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga (hal.91), kapasitas dasar didefinisikan “sebagai volume maksimum per jam yang dapat melewati satu potongan jalur jalan (untuk jalan multi lajur) atau suatu potongan jalan (untuk jalan dua jalur) pada kondisi jalan dan arus lalu lintas ideal” (Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota, 1999). Kondisi ideal terjadi bila:

- a. Lebar jalur tidak kurang dari 3,5 m.
- b. Kebebasan lateral tidak kurang dari 1,75 m.
- c. Standar geometrik baik.
- d. Hanya kendaraan dari jenis kendaraan ringan yang menggunakan jalan.
- e. Tidak ada batas kecepatan.

Setiap kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda karena dimensi, kecepatan, percepatan maupun kemampuan manuver masing-masing tipe berbeda serta berpengaruh terhadap geometrik jalan. Oleh karena itu digunakan suatu satuan yang biasa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut Satuan Mobil Penumpang atau SMP. Berikut tabel nilai SMP dari berbagai jenis kendaraan bermotor:

Tabel 6. Satuan Mobil Penumpang Untuk Berbagai Jenis Kendaraan

| Jenis Kendaraan | Faktor SMP | |
|------------------------|------------|--------------|
| | Ruas | Persimpangan |
| Mobil penumpang | 1,0 | 1,0 |
| Kendaraan roda tiga | 1,0 | 0,8 |
| Sepeda motor | 0,33 | 0,2 |
| Truk ringan (< 5 ton) | 1,5 | 1,5 |
| Truk sedang (5-10 ton) | 1,0 | 1,3 |
| Truk besar (> 10 ton) | 2,5 | 2,5 |
| Mikrobus | 1,8 | 1,8 |
| Bis Besar | 2,0 | 2,2 |

Sumber: Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota, 1999

Satuan mobil penumpang (SMP) yang digunakan untuk jalan kota berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997 dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Satuan Mobil Penumpang dari Berbagai Jenis Jalan Kota

| Tipe Jalan Kota | Arus Lalu Lintas Total Dua Arah | SMP | | |
|--|---------------------------------|-----------------|--------------|------|
| | | Kendaraan Berat | Sepeda Motor | |
| | | | ≤ 6m | >6m |
| 2 jalur tidak dipisahkan | 0 | 1,3 | 0,5 | 0,4 |
| | ≥1800 | 1,2 | 0,35 | 0,25 |
| 4 jalur tidak dipisah | 0 | 1,3 | 0,4 | |
| | ≥3700 | 1,2 | 0,25 | |
| 2 jalur satu arah dan 4 lajur terpisah | 0 | 1,3 | 0,4 | |
| | >1050 | 1,2 | 0,25 | |
| 3 jalur satu arah dan 6 jalur terpisah | 0 | 1,3 | 0,4 | |
| | >1100 | 1,2 | 0,25 | |

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997

Kepadatan lalu lintas berkaitan erat dengan pertambahan jumlah kendaraan dan pertambahan jumlah panjang jalan. Di kota-kota besar kepadatan lalu lintas mencapai kondisi puncak pada waktu jam sibuk terutama pada pagi dan sore dimana akan mengakibatkan konsentrasi emisi gas buang kendaraan bermotor meningkat dan akan menurun pada saat kepadatan lalu lintas berkurang.

Faktor dominan yang menyebabkan pengaruh aktivitas transportasi terhadap pencemaran udara antara lain karena (Soedomo, 2001):

- 1) Laju pertambahan kendaraan yang cepat dengan tidak diimbangi oleh pertambahan jalur jalan.
- 2) Ketidakseimbangan prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada
- 3) Pola lalu lintas yang berorientasi memusat, akibatnya terpusat pada lokasi-lokasi kegiatan perekonomian dan perkantoran.
- 4) Masalah kebijakan pengembangan kota.
- 5) Kesamaan waktu aliran lalu lintas (*pick hours*).
- 6) Jenis dan umur kendaraan.
- 7) Faktor perawatan dan pemeliharaan kendaraan.
- 8) Jenis bahan bakar yang digunakan.
- 9) Siklus dan pola pengemudi.

2.1.3 Emisi Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor mengemisikan polutan dari empat sumber yang berbeda yaitu: proses pembakaran dalam mesin, penguapan bahan bakar, penggunaan ban saat operasional dan pengereman serta debu yang diemisikan di jalan. Emisi pembakaran merupakan fungsi dari temperatur udara, tenaga yang dikeluarkan dari mesin, karakteristik sistem kontrol emisi, karakteristik bahan bakar, ratio udara-bahan bakar dan lain-lain. Emisi penguapan merupakan fungsi dari karakteristik bahan bakar, temperatur udara, karakteristik sistem kontrol emisi dan lain-lain. Emisi penguapan mengandung HC dalam bahan bakar. Penggunaan ban saat operasional dan pengereman serta emisi debu merupakan fungsi dari berat dan jenis kendaraan serta faktor lainnya (Delucchi, 2006).

Emisi dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan solar dapat diidentifikasi dan dikelompokkan ke dalam tiga tipe utama yaitu: *crankcase*, sistem bahan bakar dan gas buang. Diperkiraan emisi *crankcase* adalah 40% polutan HC dari kendaraan bermotor tanpa alat kontrol emisi. Pada kendaraan baru hal ini dapat dicegah dengan menutup jalur *crankcase* dan mencegah HC dapat teremisikan ke udara ambien. Gas yang dihambat emisinya tersebut dalam *crankcase* dialirkan kembali ke *intake manifold*. Emisi *crankcase* dari mesin diesel sangat kecil. Emisi gas buang dari transportasi mengandung polutan yang berasal dari pembakaran pada mesin kendaraan. Emisi terbesar dari pembakaran sempurna bahan bakar mengandung uap air dan CO₂, sedangkan HC dan CO merupakan polutan yang diemisikan dari pembakaran tidak sempurna. Selain itu N₂ dalam udara akan bergabung dengan O₂ dari ruang pembakaran dalam mesin dan menghasilkan NO. Emisi utama kendaraan bermotor adalah NO, tetapi sebagian besar teroksidasi menjadi NO₂ ketika kontak dengan udara. PM yang terdiri dari partikel senyawa karbon juga diemisikan dari knalpot. CO, NO_x dan HC merupakan gas polutan yang terbentuk dalam jumlah yang signifikan. Sebaliknya pada emisi NO_x akan menurun dengan meningkatnya penggunaan kendaraan (Santosh and Reddy, 2006).

Emisi NO_x berhubungan langsung dengan temperatur mesin. Kendaraan baru dengan sistem pembakaran yang lebih efisien, menghasilkan temperatur yang

tinggi. Fenomena ini menghasilkan tingkat emisi NO_x yang tinggi. NO_x juga meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan kendaraan hampir lima kali dari pada kondisi idle. Hal tersebut menyimpulkan bahwa emisi HC dan CO meningkat seiring dengan umur dan panjang perjalanan kendaraan sedangkan emisi NO_x akan menurun dengan umur dan panjang perjalanan kendaraan serta proses pembakaran yang dihasilkan pada temperatur lebih rendah (tidak efisien). Kinerja dari proses pembakaran akan meningkatkan kecepatan kendaraan bermotor yang tinggi dan emisi HC serta CO akan menurun sedangkan konsentrasi NO_x akan meningkat lima sampai sepuluh kali lipat seiring meningkatnya kecepatan kendaraan (Santosh and Reddy 2006).

Tabel 8. Komposisi Gas Buang atau Emisi 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. | Vakum silinder, mHg | 16-20 | 0-7 | 7-19 | 20-25 |
| 4. | Aliran udara, cfm | 6-8 | 30-35 | 15-35 | 6-8 |
| 5. | Analisis gas buang: | | | | |
| | - CO, % | 4-6 | 0-6 | 1-4 | 2-4 |
| | - NO_x , ppm | 10-50 | 1000-4000 | 1000-3000 | 10-50 |
| | - HC, ppm | 500-1000 | 200-300 | 200-300 | 4000-12000 |
| 6. | Bahan bakar yang tidak terbakar, % bahan bakar yang dipasok | 4-6 | 2-4 | 2-4 | 20-60 |

Sumber: Sidjabat, 2000 dalam Merliayati, 2005

2.1.3.1 Karakteristik Mesin Kendaraan Bermotor

Latar belakang desain kendaraan bermotor adalah faktor emisi, sistem transportasi dan pola mengemudi. Dalam menentukan faktor emisi dari kendaraan bermotor ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu (Faiz, Weaver & Walsh, 1996):

- 1) Karakteristik kendaraan dan bahan bakar, meliputi:
 - a. Tipe mesin dan teknologinya (2-tak, 4-tak: *diesel*, *otto*, *wankel*, dan lain-lain, *fuel injection*, dan jenis sistem transmisinya).

- b. Knalpot, badan mesin, dan penempatan sistem kontrol penguapan emisi (*catalytic converter, exhaust gas recirculation, air injection, stage II* dan lain-lain).
 - c. Kondisi mekanik mesin dan perawatannya.
 - d. Udara pendingin (*AC*) dan perlengkapan kendaraan lainnya.
 - e. Kualitas dan jenis bahan bakar (bahan pengotor, deposit, kadar belerang, komposisi zat aditif).
 - f. Bahan bakar alternative.
 - g. Karakteristik kerusakan dari peralatan pengatur emisi.
- 2) Kinerja dan efektivitas pengawasan dan pemeliharaan (*Inspection and Maintenance IM*).
- 3) Karakteristik armada, meliputi:
- a. Gabungan kendaraan (jumlah dan jenis kendaraan yang digunakan).
 - b. Penggunaan kendaraan (km/kendaraan/tahun) berdasarkan jenis kendaraan.
 - c. Umur kendaraan.
 - d. Volume lalu lintas dan pilihan moda transportasi bagi penumpang.
 - e. Efek standar emisi dan keuntungan/kerugian untuk membeli kendaraan yang ramah lingkungan.
 - f. Lingkup ketersediaan dari program perawatan armada.
 - g. Program bahan bakar ramah lingkungan.
- 4) Karakteristik saat berkendara, meliputi:
- a. Kondisi, suhu dan kelembaban (untuk emisi NO_x).
 - b. Penggunaan kendaraan (jumlah dan panjang perjalanan, jumlah menyalakan kendaraan, kecepatan, beban muatan, pola mengemudi).
 - c. Kondisi lalu lintas, kapasitas dan kualitas dari infrastruktur jalan, dan sistem pengaturan lalu lintas.
 - d. Kebutuhan perjalanan dan program manajemen.

2.1.3.2 Teknologi Kendaraan

Dalam dekade terakhir, teknologi kendaraan memegang peranan yang penting dalam mengurangi emisi kendaraan-kendaraan baru. Teknologi untuk

menurunkan konsumsi bahan bakar dan emisi polutan dari kendaraan bermotor semakin berkembang. Teknologi ini berhubungan dengan proses pembakaran dalam mesin (*Gasoline Direct Injection (GDI), Controlled Auto-Ignition, Homogenous Charge Compression Ignition*), jenis bahan bakar baru (CNG, peningkatan kualitas bahan bakar dan bahan bakar Hidrogen) dan alternatif sumber tenaga penggerak (motor listrik, hibrid, *fuel cell vehicles* dan lain-lain). Beberapa dari teknologi tersebut di atas terus dikembangkan sampai saat ini (EMEP CORINAIR, 2007).

Beberapa tahun terakhir ini, banyak pabrikan kendaraan mengaplikasikan teknologi injeksi bahan bakar di setiap produknya EFI merupakan sistem injeksi bahan bakar ke dalam ruang pembakaran yang di atur secara elektronik oleh ECU (*Electronic Control Unit*). Pada awalnya penggunaan EFI masih terbatas pada jenis sedan (*passenger car*). Di akhir 1990-an dan awal 2000, kendaraan tipe minivan seperti Kijang atau SUV ikut mengadopsi. Pada era sekarang istilah EFI mulai memperoleh saingan seperti: PGM-FI, EPFI, ECFI, T-DIS, VVT-i, i-VTEC, MIVEC, VANOS, *Valvetronic*, dan sebagainya. Teknologi EFI erat kaitannya dengan *Sistem Manajemen Engine (SME)*, disinilah BBM dicampur dengan udara untuk menghasilkan gaya gerak yang membuat mobil bisa melaju (Alsly, 2009).

Kelebihan EFI di bandingkan dengan karburator terletak pada pemakaian bahan bakar yang lebih efisien, pengurangan emisi buang dan kinerja mesin yang maksimal. Hal ini dikarenakan pada saat bensin diinjeksikan ke dalam ruang pembakaran dikontrol secara elektronik oleh ECU untuk mengatur campuran ideal antara bahan bakar dan udara sesuai dengan kondisi dan beban putaran mesin (rpm). EFI sekarang ini, lebih dikembangkan lagi, sehingga tidak hanya bisa mengatur sistem bahan bakar tetapi juga bisa mengatur sistem pengapian (*duration, timing, and frequency of ignition*) atau sering disebut dengan *Engine Management System (EMS)* (Mulyadi, 2009).

Teknologi *injection* ini awalnya diterapkan pada mobil, tapi sekarang sejumlah pabrik motor ternama mulai menerapkannya. Sistem *injection* yang digunakan pada sepeda motor sudah ada yang dikendalikan oleh ECM (*Electronic Control*

Module), jumlah dan waktu suplai bahan bakar diatur dengan sangat presisi disesuaikan kondisi putaran mesin sehingga sangat hemat bensin. Untuk melihat cara proses kerjanya bisa melalui pada panel *speedometer* yang dilengkapi dengan MIL (*Malfunction Indicator Lamp*), lampu indikator akan menyala kalau ada gangguan. Sebagai pengamannya sepeda motor ini dilengkapi dengan BAS (*Bank Angel Sensor*), dimana sistem elektrik dan suplai bahan bakar otomatis akan mati kalau sepeda motor jatuh (Mulyadi, 2009).

Di Indonesia, ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru dan kendaraan bermotor yang sedang diproduksi diberlakukan efektif secara bertahap mulai 1 Januari 2005. Ambang batas emisi ini ekivalen dengan standar EURO II yang diberlakukan di negara-negara Uni Eropa pada 1996 dan sejak 1 Januari 2006 standar yang lebih ketat yaitu EURO IV telah diberlakukan di Uni Eropa. Untuk kendaraan lama, ambang batas emisi di Indonesia mengacu pada Peraturan Menteri KLH No.5/2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.

2.1.3.3 Karakteristik Bahan Bakar

Jenis bahan bakar kendaraan bermotor yang umum digunakan di Indonesia adalah premium dan solar. Ketersediaan bensin tanpa Pb (*Unleaded gasoline*) dan minyak solar dengan kandungan belerang rendah merupakan faktor kunci dalam penurunan emisi kendaraan, karena bahan bakar jenis tersebut dapat digunakan oleh kendaraan bermotor dengan teknologi mutakhir yang mampu mengurangi emisi kendaraan secara signifikan. Parameter pengujian untuk tiap jenis bahan bakar dibedakan atas sifat fisik dan kimia dari tiap jenis bahan bakar berikut ini (KPBB dan KLH, 2006):

A. Parameter Pengujian Bahan Bakar Jenis Bensin Premium

- 1) Angka Oktana: menunjukkan kemampuan bahan bakar bensin untuk mencegah terjadinya detonasi/ketukan pada proses pembakaran dalam bensin sehingga dapat menghindari mesin dari kerusakan atau tidak bekerja secara efisien. Bilangan oktana diukur dengan riset dan tes motor oktana. Hasil tes ditunjukkan dengan RON (*Research Octane Number*) atau MON (*Motor Octane Number*) dari bahan bakar. Kedua tes meliputi perbandingan anti

knock performance dari campuran dua bahan bakar standar yaitu iso oktana (rating oktana sebesar 100) dan n-heptana (rating oktana sebesar 10).

- 2) Pb: TEL digunakan sebagai zat aditif pada bensin sebagai *octane booster* atau peninggi angka oktana. Penggunaan Pb pada bahan bakar dapat menekan penggunaan aromatisasi dan lebih ekonomis dibandingkan aditif jenis lainnya.

B. Parameter Pengujian Bahan Bakar Jenis Solar

- 1) Indeks Setana (*Cetane Index*): adalah pengukuran aktivitas kompresi dari pembakaran bahan bakar. Hal ini mempengaruhi kemampuan mesin untuk dinyalakan pada keadaan dingin emisi dan ketegangan emisi. Indeks Setana adalah jumlah setana alami yang terkandung dalam bahan bakar. Makin tinggi angka setana, makin tinggi unjuk kerja yang diberikan oleh bahan bakar solar.
- 2) Belerang (Sulfur): Sulfur secara alami terkandung dalam minyak mentah, apabila sulfur tidak dihilangkan pada proses pengkilangan maka dapat mengkontaminasi bahan bakar kendaraan. Sulfur dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap usia kendaraan dan emisi partikulat.
- 3) Karakteristik Destilasi: kurva destilasi dari bahan bakar diesel mengindikasikan jumlah bahan bakar yang akan mendidih pada temperatur yang tertentu. Kurva tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu: *light end* yang mempengaruhi kemampuan start kendaraan, daerah sekitar 50% titik penguapan dan *heavy end* adalah karakteristik berdasarkan T90, T95 dan titik didih akhir. Dalam studi modern, hanya pengaruh dari tingkat titik didih tinggi atas yang diteliti karena keterkaitannya dengan emisi gas buang, sementara tingkat didih bawah memiliki range yang beragam. Apabila terlalu banyak bahan bakar pada *heavy end* akan menyebabkan *choking* dan kenaikan emisi gas buang.

Hal yang harus diperhatikan pada spesifikasi bensin sehubungan dengan masalah pencemaran udara antara lain yang berhubungan dengan (KPBB dan KLH, 2006):

- 1) Sifat penguapan (*volatility*), yaitu Rvp (*Reid Vapour Pressure*) dan *ASTM distillation*.
- 2) Kestabilan terhadap oksidasi.

- 3) Komposisi kimia bensin, terutama kandungan senyawa pengungkit oktan TEL, senyawa-senyawa sulfur, *olein hydrocarbone*, *benzene*, dan *aromatic hydrocarbone* lainnya.
- 4) Penggunaan *oxygenate*, aditif antioxidant, *metal deactivator* dan aditif deterjen yang efektif.

Khusus bensin tanpa Pb, kebijakan ini telah lama ditetapkan berdasarkan SK Menteri Pertambangan dan Energi No 1585.k/32-MPE/1999 yang dikeluarkan pada tanggal 13 Oktober 1999 menetapkan bahwa terhitung 1 Januari 2003, bensin yang dipasarkan di seluruh Indonesia harus sudah tidak mengandung Pb. Namun realisasinya tidaklah semudah membalik telapak tangan, sekalipun tekanan dari masyarakat yang diiringi oleh dorongan dari berbagai institusi pemerintah seperti Menteri Perhubungan dan KLH, upaya menghapuskan bensin bertimbel baru mampu diterapkan di Jabotabek, Kabupaten Cirebon, Provinsi Bali dan Batam.

Jenis-jenis BBM produksi Pertamina yang digunakan pada sektor transportasi saat ini adalah (KPBB dan KLH, 2006):

- a. Premium, merupakan bahan bakar utama kendaraan bermotor terutama digunakan oleh sektor industri, transportasi, dan juga rumah tangga. Adapun jenis bensin yang digunakan untuk sektor transportasi adalah bensin dengan bilangan oktan 88.
- b. Pertamax, bahan bakar tanpa timbel dengan bilangan oktan 92, jenis bahan bakar ini diperkenalkan sejak 10 Desember 2002.
- c. Pertamax Plus, bahan bakar tanpa timbel dengan bilangan oktan 95. jenis bahan bakar ini mulai diperkenalkan sejak 10 Desember 2002.
- d. Minyak Solar (*Automotive Diesel Oil*), merupakan bahan bakar kendaraan bermotor bermesin diesel seperti bis dan truk.
- e. CNG (*Compressed Natural Gas*) mulai dipasarkan sejak tahun 1987 di wilayah Jakarta, Bandung, Surabaya, Medan, Palembang dan Cirebon.
- f. LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) dipasarkan sejak tahun 1996 terutama di wilayah yang tidak memungkinkan dibangun Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG).

- g. Avgas (*Aviation Gasoline*) merupakan bahan bakar yang diperuntukan bagi transportasi udara seperti pesawat terbang yang menggunakan mesin pembakaran internal dengan *spark ignition*.
- h. Avtur (*Aviation Turbin Fuel*) merupakan bahan bakar yang diperuntukan bagi transportasi udara seperti pesawat terbang yang menggunakan mesin turbin atau pembakaran external seperti mesin jet.
- i. Pertamina Dex, merupakan bahan bakar mesin diesel yang telah memenuhi standar emisi EURO II yang memiliki bilangan setana >53 dan kandungan sulfur maksimum 300 ppm.
- j. Bio-solar merupakan produk terbaru yang diluncurkan pada tanggal 20 Mei 2006 dengan komposisi biodiesel 5%.
- k. Bio-premium merupakan produk terbaru yang diluncurkan Agustus 2006 di Surabaya dengan komposisi bioetanol 5%.

2.1.3.4 Usia dan Perawatan Kendaraan

Kendaraan tua dan kuno yang mempunyai kelemahan dalam mengendalikan emisi kendaraan bermotornya merupakan masalah besar bagi banyak negara khususnya di negara berkembang. Untuk itu diperlukan upaya untuk mengendalikannya diantaranya dengan: pemeriksaan dan perawatan kendaraan bermotor, retrofit, pembatasan umur kendaraan, pembatasan impor, dan konversi bahan bakar alternatif (OECD and UNEP, 1999). Polutan yang diemisikan dari kendaraan tua mengandung 90% HC dan CO serta 80% NO_x. Reaksi antar HC dan NO_x akan menimbulkan reaksi fotokimia yang menghasilkan pencemar sekunder. Hal tersebut yang menyebabkan konsentrasi ozon di udara ambien pada kota-kota besar di dunia dalam beberapa dekade terakhir meningkat konsentrasinya (OECD and UNEP, 1999).

Program perawatan dan pemeriksaan kendaraan bermotor secara berkala yang sudah dilakukan oleh beberapa kota besar di dunia seperti Mexico, Bangkok dan Beijing secara nyata dapat menurunkan polutan emisi kendaraan bermotor yaitu 20% CO, 24% HC dan 2,7% NO_x. Sedangkan dengan program retrofit dapat menurunkan partikulat sebesar 15-20%, HC 5-9% dan NO_x 1-8% (OECD and

UNEP, 1999). Tanpa adanya perawatan dan pemeriksaan kendaraan secara berkala yang diterapkan pada kendaraan bermotor baik produksi baru maupun lama akan menyebabkan emisi kendaraan semakin meningkat. Bahkan kendaraan dengan alat kontrol emisi tanpa diiringi dengan perawatan berkala dapat menjadi sumber emisi polutan yang lebih besar dari pada kendaraan bermotor tanpa alat kontrol emisi (Faiz, Weaver & Walsh, 1996).

2.1.3.5 Pola Mengemudi

Pola mengemudi merupakan salah satu faktor transportasi penting yang akan secara langsung mempengaruhi jumlah dan intensitas emisi pencemar udara. Faktor ini merupakan produk langsung dari jenis kendaraan bermotor dan rekayasa motor bakar yang digunakan dengan pola sistem transportasi. Selain itu dalam banyak hal, pola mengemudi sangat ditentukan pula oleh latar belakang sosial ekonomi. Pola mengemudi dan kecepatan rata-rata akan sangat mempengaruhi jumlah pelepasan senyawa pencemar tersebut (Ilyas, 2004).

Untuk menghitung variasi pola mengemudi, ada tiga model yang sudah ditetapkan dengan pendekatan yang dilakukan oleh EMEP/CORINAIR, yaitu pola di perkotaan, pedesaan dan jalan bebas hambatan. Untuk masing-masing kondisi tersebut akan digunakan data aktivitas dan emisi yang berbeda. Emisi kendaraan juga berhubungan dengan teknologi emisi yang digunakan. Untuk semua jenis kendaraan bermotor baik berbahan bakar bensin maupun solar pola mengemudi yang ditandai dengan besarnya frekuensi jalan berhenti disertai dengan penggunaan yang semakin banyak akan mengeluarkan emisi dalam jumlah yang lebih besar, bila dibandingkan pola mengemudi yang berjalan dengan kecepatan konstan. Dalam keadaan ini proses pembakaran yang berlangsung kurang sempurna, sehingga rasio udara mengecil. Kebutuhan bahan bakar akan bertambah, namun berasal dari bahan bakar sendiri seperti TSP, CO, THC, SO₂ dan Pb. Di lain pihak, kadar pencemar yang berasal dari udara yang dibakar akan kecil, karena jumlah udara dalam campuran juga kecil (Ilyas, 2004).

Berdasarkan percobaan pada jenis mobil penumpang, De Vlieger (2000) dalam Al Sudairawi (2005) melaporkan bahwa tipe jalan, pola mengemudi dan kondisi lalu

lintas berpengaruh pada konsumsi bahan bakar dan jumlah emisinya. Hasil kesimpulan juga mengatakan bahwa mengemudi di pedesaan mengkonsumsi bahan bakar dua kali lebih besar dari *ring roads* dan pengemudi yang agresif meningkatkan sekitar 40% konsumsi bahan bakar. Hal tersebut menaikkan delapan kali lipat emisi.

Diantara karakteristik kendaraan yang berdampak pada tingkat emisinya adalah tipe dan kapasitas mesin, umur kendaraan dan perawatan. Diilustrasikan oleh Seshadri, 1993 dalam Santosh and Reddy (2006) bahwa jumlah emisi yang berbeda dari polutan sangat signifikan terhadap kondisi operasional. Sebagai contoh emisi CO dan HC lebih tinggi pada saat kondisi idling dan deselerasi dibandingkan dengan kondisi jelajah. Peningkatan kualitas bahan bakar dan teknologi pada kendaraan dapat menurunkan emisi polutan dan memperbaiki kualitas udara ambien yang berhubungan dengan kondisi meteorologi. Pola mengemudi perkotaan, secara rata-rata pada dasarnya ditandai dengan pola diam dan bergerak yang cukup banyak. Beberapa negara telah mengeluarkan pola mengemudinya seperti Jepang dan sebagainya. Perbedaan antar pola berkendara tersebut cukup besar, karena memang sangat ditentukan oleh latar belakang sosial ekonomi masing-masing yang berbeda. Di Indonesia sampai kini belum memiliki pola mengemudi baku yang digunakan untuk pengujian kendaraan bermotor. Adopsi dari beberapa pola mengemudi yang dilakukan dalam pengujian yang dilakukan oleh Departemen Perhubungan (Hyas, 2004).

Eco driving adalah sebuah cara mengemudi yang dapat menghemat konsumsi BBM, pengurangan emisi gas buang, polusi suara dan pengurangan resiko kecelakaan di jalan raya. *Eco driving* mengemudi yang dapat memaksimalkan fitur teknologi yang tersedia pada kendaraanya, nyaman dan dapat menghemat konsumsi BBM sampai 5-10%. Pada saat ini teknologi kendaraan semakin canggih, adanya beberapa fitur teknologinya yang salah satu tujuannya adalah peningkatan pada faktor keamanan, kemampuan, kenyamanan menuju *eco driving*. Masalahnya tidak banyak orang mengerti bagaimana menutlisasi fitur-fitur tersebut secara tepat dengan cara menyesuaikan cara mengemudinya (Isyana, 2008).

Ecodriving sangat mudah mempelajarinya akan tetapi sangat sulit untuk melakukannya, karena ini masalah perilaku, yang ditujukan untuk mencapai elemen-elemen penghematan konsumsi BBM, pengurangan emisi gas buang, pengurangan polusi suara, menambah umur pakai suku cadang kendaraan bermotor, dan pengurangan potensi resiko kecelakaan dengan perilaku teknik mengemudi resiko rendah.

Perilaku mengemudi yang agresif, seperti misalnya melakukan pengereman mendadak atau akselerasi yang cepat mempengaruhi emisi gas buang. Pada kecepatan rendah dengan frekuensi akselerasi dan penurunan kecepatan (deselerasi) yang tinggi, emisi CO dan HC meningkat. Namun demikian, moda transportasi yang berbeda memiliki karakteristik emisi yang berbeda pula: jadi peralihan moda transportasi bukan berarti meningkatkan kualitas udara sekalipun itu berarti meningkatkan efisiensi energi (Faiz, Weaver & Walsh, 1996).

2.1.4 Metode Perhitungan Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

Emisi dari kendaraan bermotor dibagi menjadi tiga jenis yaitu (Power, 1998 dalam Shafiepour, 2005) yaitu emisi *hot start*, *cold start emission*, dan evaporasi dari HC yang terdiri dari enam kategori emisi yang terevaporasi, yaitu (Power, 1998 dalam Shafiepour, 2005):

- 1) Emisi peredam panas (*hot soak*): emisi dari karburator injeksi bahan bakar ketika mesin dimatikan.
- 2) Emisi diurnal: emisi dari penguapan bahan bakar di tangki penyimpanan yang suhunya berfluktuasi selama 24 jam/hari.
- 3) *Losses running*: emisi ketika kendaraan berjalan.
- 4) *Resting losses*: emisi dari hasil penyerapan uap oleh sistem kontrol emisi yang terevaporasi atau dari tangki bahan bakar kendaraan.
- 5) *Refueling losses*: emisi ketika pengisian bahan bakar kendaraan, dan tidak termasuk emisi dari sumber bergerak.
- 6) Emisi dari *crankcase*: emisi yang merupakan hasil dari tidak bekerjanya pipa ventilasi di mesin, bukan merupakan emisi yang terevaporasi.

Faktor emisi diasumsikan sebagai hubungan linieritas antara intensitas dari aktifitas dan hasil emisi dari aktifitas:

$$\text{Emisi}_{\text{polutan}} = \text{Aktifitas} \times \text{Faktor Emisi}_{\text{polutan}} \dots\dots\dots(6)$$

Faktor emisi yang spesifik mempunyai satuan berat polutan/berat produk, berat dari polutan/satuan waktu atau berat polutan/ volume gas yang dibuang.

Dalam menentukan faktor emisi dari kendaraan bermotor ada dua metode yang dikembangkan yaitu metode yaitu *Top Down* dan *Bottom Up* (Ceron, 2009).

2.1.4.1 Metoda *Top-Down*

Metoda *Top Down* menggunakan pengukuran pada terowongan dan model estimasi emisi (Ceron, 2009):

- a. Pengukuran dalam terowongan. Pada metoda ini alat pemantauan kualitas udara dipasang di dalam dan sekitar terowongan. Pada saat yang bersamaan kendaraan yang masuk dan keluar terowongan dipantau secara terus menerus. Faktor emisi rata-rata didapatkan dari kesetimbangan massa, dan untuk menghitung setiap kendaraan yang lewat menggunakan analisis regresi (Cheng et.al., 2006 dalam Ceron, 2009). Kelebihan metoda ini adalah lebih praktis, biaya rendah, dapat menghitung kendaraan dalam jumlah banyak, dapat membedakan emisi yang berasal dari gas buang atau sumber lain, jenis polutan yang terukur jumlahnya banyak termasuk PAH's. Kelemahannya pengukuran ini dilakukan pada kondisi khusus, menggambarkan secara global (tidak spesifik) kendaraan dan kecepatan yang ada di dalam terowongan, sulit menemukan terowongan yang dapat dijadikan tempat pengukuran di kota, dan tidak dapat menghitung jenis kendaraan yang berbeda.
- b. Model estimasi. Hubungan linier antara faktor emisi, penyebaran polutan, jumlah kendaraan dan tipe jalan adalah latar belakang yang digunakan dalam menghitung nilai faktor emisi. Konsentrasi polutan diukur di jalan. Penyebaran polutan dimasukan dengan menggunakan model perhitungan matematik sehingga diperoleh nilai faktor emisi dari tiap polutan dari persamaan linier. Kelebihan dari metode ini adalah dapat menghitung nilai faktor emisi dari jenis kendaraan yang berbeda-beda dan jenis polutan yang dapat dihitung berjumlah banyak. Kelemahannya ketelitian dari hasil

perhitungan dipengaruhi oleh kemampuan model mensimulasikan penyebaran dari polutan (Li et al., 2006 dalam Ceron, 2009).

2.1.4.2 Metoda *Bottom-Up*

Metoda ini didasarkan pada metoda tradisional yang menggunakan teknik pengukuran pada uji *chassis dynamometer* dan emisi secara langsung pada kendaraan bermotor (Ceron, 2009):

- a. Uji *chassis dynamometer* adalah metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi mengemudi sesungguhnya di laboratorium. *Dynamometer* menggambarkan simulasi beban jalan kendaraan dan pada saat yang bersamaan diukur emisi gas buangnya. Kelebihan menggunakan metoda ini adalah dapat melakukan uji komparatif yang dapat dijadikan data penunjang bagi penyusunan kebijakan strategi penurunan emisi kendaraan bermotor. Kelemahannya adalah menggunakan peralatan yang mahal, memakan waktu lama dan tidak menggambarkan kondisi riil pola mengemudi di jalan.
- b. Pengukuran langsung emisi pada kendaraan bermotor dengan memasang alat pada batang atau bangku kendaraan. Selama operasional kendaraan, emisi gas buang akan langsung terukur secara otomatis sehingga diketahui konsentrasi polutannya. Untuk menghitung faktor emisi sangat diperlukan pengukuran aliran gas buang. Aliran gas ini diukur pada pipa pembuangan (knalpot) atau dihitung secara langsung dengan menggunakan parameter di mesin atau pencampuran udara-bahan bakar. Kelebihan dari cara pengukuran secara langsung adalah menggambarkan kondisi pola mengemudi sebenarnya di jalan. Keterbatasan peralatan menentukan banyaknya jumlah kendaraan bermotor yang dapat diukur nilai faktor emisinya.

Negara-negara maju yang sudah menetapkan faktor emisi kendaraan bermotornya mengembangkan berbagai model piranti lunak untuk menghitung beban pencemaran udara, diantaranya MOBILE dari US EPA dan COPERT (*Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport*) dari EMEP/CORINAIR. Kedua model tersebut menggunakan program perawatan dan pemeriksaan kendaraan sebagai dasar dalam menentukan rentang nilai faktor emisinya. Pada hasil pemeriksaan emisi kendaraan ditemukan bahwa kerusakan

katalis menempati urutan teratas dalam kegagalan uji emisi. Kinerja katalis dipengaruhi oleh waktu, sehingga perhitungan faktor emisi juga harus memasukan umur dan jarak tempuh kendaraan bermotor (Eggleston *and* Walsh, 1996).

Perkembangan selanjutnya model MOBILE 5 dan COPERT II dapat digunakan untuk menghitung emisi dari rata-rata jenis kendaraan, tipe jalan dan pola mengemudi. Selain kedua model tersebut di atas, berkembang juga model MOVES (*Motor Vehicle Emission Simulator*) yang merupakan generasi terbaru dari model MOBILE, EMFAC (*Emission Factors*), dan IVE (*International Vehicle Model*). Banyak negara-negara lain yang mengadopsi model MOVES dengan memodifikasi sesuai dengan profil transportasi di negaranya seperti Mexico, Hongkong dan Cina (Eggleston *and* Walsh, 1996), sedangkan model IVE lebih banyak ditujukan untuk kondisi transportasi di negara berkembang seperti India dan Mexico (Davis, *et al.*, 2005). Untuk menggunakan model tersebut di atas harus disesuaikan dengan kondisi di wilayahnya, namun keterbatasan sumber daya membuat banyak negara mengadopsi nilai faktor emisi dari negara maju. Hal ini dapat membuat hasilnya tidak akurat, karena karakteristik kendaraan bermotor dan kondisi bahan bakar yang berbeda akan menghasilkan nilai faktor emisi yang berbeda pula.

Perhitungan faktor emisi berguna untuk menghitung beban emisi dari setiap kendaraan bermotor. Dari hasil perhitungan beban pencemaran emisi dari tiap kendaraan bermotor dapat dihitung beban polutan udara dari sumber bergerak. Sehingga dapat diketahui berapa besar sumbangan polutan yang berasal dari sumber bergerak terhadap pencemaran udara di DKI Jakarta.

Secara umum volume kemacetan lalu lintas, kualitas bahan bakar kendaraan, atau desain mekanik dari industri dan kendaraan bermotor bisa jadi tidak signifikan tapi merupakan faktor kontribusi yang utama. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan mobilisasi manusia, berdampak pada menurunnya kualitas udara. Hal ini tidak hanya dirasakan oleh negara berkembang seperti Indonesia dan Thailand, tetapi juga negara-negara maju seperti USA dan Eropa.

California, merupakan negara bagian dari USA yang pertama kali mengeluarkan standar emisi dari kendaraan bermotor karena kualitas udara Los Angeles yang semakin memburuk. Program nasional untuk mendorong pengawasan terhadap polutan dari kendaraan bermotor dapat diketahui dari Aksi Udara Bersih (*Clean Air Act*) tahun 1970 yang dapat mereduksi 90% emisi CO, HC dan NO_x dari kendaraan bermotor. Kemudian tahun 1990 emisi kendaraan bermotor lebih diketatkan. Wilayah pemasaran kendaraan bermotor Amerika sangat luas, hal ini membuat emisi standar USA berlaku bagi hampir semua manufaktur otomotif di tingkat internasional. Standar emisi USA selalu mengikuti perkembangan dunia otomotif, sehingga banyak diadopsi oleh banyak negara di dunia (Syahril, 2006).

Dalam perhitungan faktor emisi dan beban pencemaran emisi kendaraan bermotor sangat dipengaruhi oleh metoda yang digunakan dan data inputnya. Semakin lengkap data maka hasilnya akan semakin akurat. Berikut di bawah ini rangkuman hasil studi di negara-negara berkembang:

- 1) *Emissions from India's transportsector: Statewise synthesis, (Atmospheric Environment, 2009 dalam Ramachandra, 2009)*, studi ini terpusat pada emisi kendaraan bermotor secara nasional meliputi polutan (CO₂, CH₄, CO, NO_x, N₂O, SO₂, PM dan HC), dengan menggunakan faktor emisi dari tiap jenis kendaraan. Perhitungan emisi (CO₂, CH₄, CO, NO_x, N₂O, SO₂ dan NMVOC) ini dilakukan untuk kereta api, kapal laut dan pesawat terbang berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan. Emisi faktor yang khusus untuk transportasi darat didasarkan pada jenis kendaraan yang dikumpulkan dari berbagai literatur termasuk peraturan dari pemerintah, seperti Mittal dan Sharma, 2003; EEA, 2001; CPCB, 2007; Kandlikar dan Ramachandran, 2000; UNEP, 1999.
- 2) *Pune Vehicle Activity Study (University of California at Riverside, 2004)*. Studi ini dilakukan pada bulan Maret 2003 dan dilaporkan pada tahun 2004. Tujuannya adalah untuk menghitung distribusi kendaraan bermotor di Pune India, mengukur pola mengemudi dari berbagai kelas jalan dengan GIS serta menghitung waktu dan *cold start emission* dari kendaraan bermotor di Pune India. Metoda yang dilakukan dengan survei menggunakan alat *handycamera* untuk mengamati volume kendaraan, melakukan survei ditempat-tempat

parkir untuk mengetahui karakteristik kendaraan dan OD serta melakukan pengukuran dengan *instrument on board*. Data diolah dengan IVEM.

- 3) *Integrated Vehicle Emission Reduction Strategy for Greater Jakarta, Indonesia (Reducing Vehicle Emissions in Asia ADB RETA, 2002).*

Studi RETA menginventarisasi sektor yang sama dengan JICA tetapi hanya mencakup wilayah Jakarta. Parameter yang diinventarisasi adalah CO, NO_x, SO₂, HC dan TSP. Tujuan dari penelitian adalah untuk membuat pemodelan kualitas udara yang diakibatkan oleh transportasi terbatas pada yang dominan diemisikan dari sektor transportasi. Hasilnya menunjukkan kesimpulan umum yaitu sumber yang memberikan kontribusi terbesar terhadap pencemaran udara di Jakarta adalah dari emisi kendaraan bermotor dengan polutan utama CO dan HC.

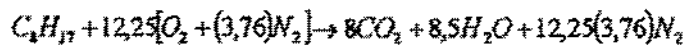
- 4) *The study on the integrated air quality management for Jakarta metropolitan area (JICA & BAPEDAL, 1997)*

Studi pengelolaan kualitas udara di Jabodetabek ini cukup komprehensif. Studi JICA yang mencakup wilayah Jabodetabek dan hanya menginventarisasi emisi dari sektor industri, domestik dan transportasi. Inventarisasi emisi dilakukan untuk parameter CO, HC, NO_x, PM₁₀, SO₂ dari sumber bergerak dan tidak bergerak. FE mengacu pada referensi dari Jepang (untuk CO, HC, dan NO_x) dan AP-42 (untuk PM₁₀) yang tergantung pada kecepatan kendaraan. Kecepatan diklasifikasikan ke dalam enam kelas: 5-10 km/jam, 10-15 km/jam, 15-25 km/jam, 25-40 km/jam, 40-60 km/jam, dan 60-80 km/jam. Sementara itu, FE SO₂ diturunkan dari bahan bakar ekonomi dengan kandungan sulfur: 0,015% (bensin) dan 0,396% (minyak solar). Berat jenis bensin dan minyak solar masing-masing adalah 0,735 g/cm³ dan 0,849 g/cm³.

2.1.5 Jenis-Jenis Bahan Pencemar dari Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Pada Kesehatan dan Lingkungan

Karakteristik emisi gas buang kendaraan bermotor berdasarkan pada bahan bakar yang digunakan. Komponen utama dari gas buang kendaraan bermotor adalah CO₂ dan air, yaitu hasil oksidasi sempurna bahan bakar dan N₂. Persamaan

pembakaran bahan bakar hidrokarbon dengan udara secara sempurna atau stokiometri dapat dijelaskan sebagai berikut (Kristanto, 2009):



Tetapi dalam praktek pembakaran sempurna sebagaimana yang dinyatakan di atas tidak pernah terjadi, dimana dihasilkan komponen CO dan HC pada produk buangan. Reaksi yang terjadi adalah (Kristanto, 2009):



Pembakaran bahan bakar HC secara stokiometrik jika jumlah mol bahan bakar dan udara bereaksi sesuai dengan perbandingan mol dalam persamaan reaksi. Bahan bakar umumnya campuran HC dengan ikatan kimia antara atom C dan H. Selama pembakaran ikatan kimia ini pecah dan membentuk ikatan baru dengan atom O dengan produk utama berupa CO₂ dan air yang disertai adanya pembebasan energi kimia. Jika reaksi berlangsung pada suhu yang tinggi maka N₂ dalam campuran bahan bakar-udara ikut teroksidasi dengan oksigen membentuk NO_x (Khayam, 2002 dalam Merliayati 2002).

Pada umumnya oksidasi atau pembakaran bahan bakar dalam mesin tidak 100% sempurna sehingga gas CO dan HC tidak terbakar selalu ada, termasuk senyawa NO_x dan SO_x. Selain itu, partikulat-partikulat juga dilepaskan dari gas buang kendaraan bermotor tersebut seperti partikulat organik (aldehid) dan Pb, apabila menggunakan bahan bakar bensin bertimbal (Sidjabat, 2000 dalam Merliayati, 2005).

Sumber emisi gas buang kendaraan bermotor diklasifikasikan menjadi tiga kategori (Sulaksono, 1996):

- 1) Emisi gas buang: sejumlah gas emisi pembakaran di ruang bakar mesin yang diemisikan melalui pipa saluran buang (knalpot). Komponen dari gas buang ini terdiri dari N₂, dan uap 83% dan sisanya 17% yang terbagi dari CO₂, HC dan NO_x. Emisi gas buang ini sangat ditentukan dari jenis bahan bakar.
- 2) *Blow by Gas*: sejumlah gas yang diemisikan melalui celah-celah antara piston dengan lubang silinder. Komponen *blow by gas* terdiri dari N₂ dan O₂ sebesar

90% dan sisanya 10% terdiri dari CO₂, HC dan uap termasuk kandungan CO dan NO_x.

- 3) Penguapan emisi gas kendaraan: timbulnya penguapan emisi gas terjadi pada tangki gasoline, karburator, dan saluran antara tangki ke karburator. Gas yang menguap berubah menjadi HC. Jumlahnya tergantung dari jenis dan tipe kendaraan, dimana komponen/zat yang berbahaya pada gas yaitu komponen CO dan CO₂, bertambahnya komponen ini akibat bertambahnya komponen HC.

Setiap zat pencemar memberikan dampak yang berbeda pada kesehatan maupun lingkungan. Ada zat pencemar yang dalam konsentrasi besar dan waktu paparan lama baru akan memberi dampak buruk terhadap kesehatan dan lingkungan tetapi ada juga yang dalam konsentrasi kecil dan waktu paparan singkat memberikan dampak yang besar.

1) Karbon Monoksida (CO)

Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar senyawa HC. Mempunyai sifat: tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah larut dalam air, perbandingan berat terhadap udara (1atm 0°C) adalah 0,967 dan di dalam udara bila diberikan api akan terbakar dengan mengeluarkan asap biru dan menjadi CO₂. Sumber utama pencemar CO adalah kendaraan bermotor (93%) terutama saat idling (kondisi mobil tidak jalan, tetapi mesin hidup). Secara teoretis, semua atom C dalam bahan bakar akan menjadi CO₂ jika persediaan oksigen dalam udara/bahan bakar cukup untuk bercampur di dalam karburator kendaraan bermotor, berdasarkan reaksi sebagai berikut (Fardiaz, 1992):



Jika pencampuran bahan bakar itu terlalu kaya dalam arti komposisi bahan bakar lebih banyak dan udara lebih sedikit maka sejumlah CO akan terbentuk, berdasarkan reaksi berikut ini:



Secara teoritis, CO akan berubah menjadi CO₂ di udara, berdasarkan reaksi berikut ini:



Tetapi perubahan reaksi ini berjalan cukup lambat, dan CO untuk menjadi CO₂ membutuhkan waktu dua atau tiga bulan.

Dalam panduan penyusunan dan pemeriksaan dokumen UKL-UPL diketahui dampak dari pencemaran CO adalah (KLH, 2007):

- a. CO mengikat hemoglobin darah (Hb) dengan afinitas (daya ikat) yang lebih besar dibandingkan oksigen dengan Hb, akibatnya darah kekurangan oksigen dan mengganggu saraf pusat.
- b. Pada konsentrasi yang tinggi dan jangka waktu tertentu, CO dapat mengakibatkan pingsan dan kematian.
- c. Keracunan CO dalam darah terjadi pada COHb 5% dan kadar CO di udara 40 ppm.

Senyawa CO₂ sebenarnya merupakan komponen yang secara alamiah banyak terdapat di udara. Pengaruh CO₂ disebut efek rumah kaca di mana CO₂ di udara dapat menyerap energi panas dan menghalangi jalannya energi panas tersebut dari udara ke permukaan yang lebih tinggi. Keadaan ini menyebabkan meningkatnya suhu rata-rata di permukaan bumi dan dapat mengakibatkan meningginya permukaan air laut akibat melelehnya gunung-gunung es, yang pada akhirnya akan mengubah berbagai siklus alamiah (KLH, 2007).

2) Hidrokarbon (HC)

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Keberadaa HC di udara dapat membentuk polutan sekunder seperti ozon dan lain-lain. Mempunyai sifat antara lain: senyawa kimia terdiri atas ikatan C dan H, berbau, mudah menguap, bereaksi lebih lanjut dengan NO_x menjadi senyawa fotokimia (ozon), bentuk kimianya antara lain: benzena, parafin, olefin. Untuk mobil yang tidak dilengkapi dengan *Catalytic Converter (CC)*, emisi HC yang dapat ditolerir adalah 500 ppm dan untuk mobil yang dilengkapi dengan CC, emisi HC yang dapat ditolerir adalah 50 ppm (Faisal, 2009). Sumber

pencemar HC dari kendaraan bermotor sebanyak 57%. Dampak terhadap kesehatan antara lain (Fardiaz, 1992):

- a. Senyawa fotokimia menyebabkan mata pedih, tenggorokan sakit, memicu serangan asma.
- b. Hidrokarbon aromatik dan senyawa turunannya seperti aldehida bersifat karsinogenik (pemicu penyakit kanker).

3) Nitrogen Oksida (NO_x)

NO_x dibentuk ketika pembakaran terjadi di udara bebas terutama dalam bentuk NO , NO_2 dan N_2O . Tingginya konsentrasi senyawa NO_x disebabkan karena tingginya konsentrasi O_2 ditambah dengan tingginya suhu ruang bakar. Untuk menjaga agar konsentrasi NO_x tidak tinggi maka diperlukan kontrol secara tepat terhadap AFR agar suhu ruang bakar tidak terlalu tinggi. Normalnya NO_x pada saat idle tidak melebihi 100 ppm. Apabila AFR terlalu kurus, pengaturan waktu pengapian yang terlalu tinggi atau sebab lainnya yang menyebabkan suhu ruang bakar meningkat, akan meningkatkan konsentrasi NO_x . Tumpukan kerak karbon yang berada di ruang bakar juga akan meningkatkan kompresi mesin dan dapat menyebabkan timbulnya titik panas yang dapat meningkatkan kadar NO_x (Faisal, 2009).

Mempunyai sifat antara lain NO tidak berwarna, tidak berbau, sukar larut dalam air, bereaksi lebih lanjut dengan udara menjadi NO_2 ; NO_2 berwarna agak kemerahan dan sedikit berbau, mudah larut dalam air bereaksi dengan air menjadi asam nitrit atau nitrat; NO_x bereaksi dengan HC menghasilkan pencemaran ozon (Fardiaz, 1992). Sumber utama pencemar berasal dari: hasil pembakaran bahan bakar dan organik lainnya. Dampak terhadap kesehatan antara lain (Fardiaz, 1992):

- a. NO adalah hemotoksin (mengikat sel darah merah), dapat menyebabkan gangguan syaraf pusat.
- b. Menimbulkan iritasi tenggorokan, mata dan hidung.
- c. Sifat racunnya akan menimbulkan sukar tidur, batuk-batuk, dan sebagainya (30-50 ppm).

Penyebaran dan konsentrasi berbagai jenis gas NO_x di lingkungan perkotaan pada prinsipnya dipengaruhi oleh (Fardiaz, 1992):

- a. Topografi lokal khususnya adanya canyon gedung-gedung tinggi: yang dapat meningkatkan kadar NO_2 secara lokal, khususnya pada sisi jalan.
- b. Keadaan meteorologi, misalnya inversi suhu yang terjadi di atas kota dapat mengurangi pencampuran ketinggian sehingga akan meningkatkan kadar NO_2 .

Sebagian NO di atmosfer akan diubah menjadi NO_2 melalui proses-proses lain yang tidak merupakan reaksi langsung kadar O_2 . Proses ini disebut sebagai daur fotolitik NO_2 yang merupakan akibat langsung dari interaksinya terhadap cahaya matahari. Secara ringkas tahap-tahap reaksi dapat diuraikan sebagai berikut (Fardiaz, 1992):

- a. NO_2 menyerap energi sinar matahari dari komponen gelombang pendek yaitu sinar ultraviolet
- b. Energi yang diserap tersebut memecah molekul-molekul NO_2 dan atom-atom oksigen (O) yang bersifat sangat reaktif
- c. Atom-atom Oksigen tersebut bereaksi dengan oksigen bebas di udara (O_2) membentuk Ozon (O_3) yang merupakan pencemar udara sekunder
- d. Ozon akan bereaksi dengan NO membentuk NO_2 dan O_2 sehingga reaksi menjadi lengkap berlangsung secara sinambung dan teratur.

Daur tersebut tidak berpengaruh apapun bila tidak terdapat reaktan lain, sehingga konsentrasi NO dan NO_2 tidak berubah karena O_3 dan NO yang terbentuk akan hilang dengan jumlah yang setimbang. NO akan sangat cepat diubah menjadi NO_2 dibandingkan kecepatan disosiasi NO_2 menjadi NO dan O . Hal ini yang menyebabkan ozon terakumulasi di atmosfer (BAPEDAL, 1999).

Konsentrasi NO_x diudara berubah-ubah sepanjang waktu tergantung pada sinar matahari dan sumber pencemarnya. Fardiaz (1992) mengkaji perubahan konsentrasi NO_x sebagai berikut:

- a. Konsentrasi NO dan NO_2 stabil pada dini hari sedikit lebih tinggi daripada konsentrasi minimum sehari-hari.
- b. Konsentrasi NO meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas lalu lintas.

- c. Sinar UV yang dipancarkan matahari mengubah NO primer menjadi NO₂ sekunder dan konsentrasinya dapat meningkat hingga mencapai 0,5 ppm.
- d. Menurunnya konsentrasi NO, maka konsentrasi O₃ meningkat hingga kurang dari 0,1 ppm.
- e. Pada saat intensitas energi matahari menurun (antara jam 17 sampai 20) konsentrasi NO meningkat.
- f. O₃ yang terakumulasi sepanjang hari akan bereaksi dengan NO meskipun energi matahari tidak tersedia untuk mengubah NO menjadi NO₂, sehingga konsentrasi NO meningkat dan konsentrasi O₃ menurun.

Lama waktu tinggal rata-rata NO₂ di udara kira-kira tiga dan NO rata-rata empat hari berdasarkan perhitungan kecepatan emisi NO_x. Pengaruh NO yang utama terhadap lingkungan adalah dalam pembentukan *smog*. NO dan NO₂ dapat memudarkan warna dari serat-serat rayon dan menyebabkan warna bahan putih menjadi kekuning-kuningan. Dampak lainnya adalah terhadap masalah global yang diakibatkan oleh deposisi asam (BAPEDAL, 1997).

4) Sulfur Oksida (SO_x)

SO_x diemisikan dari pembakaran sulfur atau materi lain yang mengandung sulfur, seperti pembakaran bahan bakar fosil dari kendaraan bermesin diesel. Terutama berbentuk SO, SO₂ dan S₂O. Sifat dari SO_x adalah korosif terhadap metal dan menimbulkan deposisi asam (Siregar, 2005). Dampak terhadap kesehatan adalah (Siregar, 2005):

- a. Iritasi sistem membran pernapasan, menyebabkan bronkhitis.
- b. SO₂ sangat beresiko terhadap orang yang menderita penyakit kronis pada sistem pernapasan dan kardiovaskular.

Pengaruh pencemaran SO₂ terhadap lingkungan telah banyak diketahui. Dalam beberapa hal, kerusakan pada tumbuhan dan bangunan disebabkan karena SO₂ dan SO₃ di udara, yang masing-masing membentuk asam sulfit dan asam sulfat. Suspensi asam di udara ini dapat terbawa turun ke tanah bersama air hujan dan mengakibatkan air hujan bersifat asam. Sifat asam dari air hujan ini dapat menyebabkan korosif pada logam-logam dan rangka-rangka bangunan, merusak bahan pakaian dan tumbuhan (BAPEDAL 1997).

5) Timah Hitam (Pb)

Merupakan zat pencemar yang diemisikan dari pembakaran bahan bakar yang mengandung *Tetra Ethyl Lead* (TEL) dengan rumus kimia $(C_2H_5)_4 Pb$. Zat ini biasanya digunakan sebagai bahan aditif pada bensin sebagai *octane booster* atau peninggi angka oktan. Sifat fisika dan kimia dari senyawaan TEL adalah tidak berwarna, cairan berminyak, berbau enak, berat jenis $1,65 \text{ g/cm}^3$. Larut dalam semua pelarut organik, tidak larut dalam air, asam dan basa, titik didih $198-202^\circ\text{C}$, titik beku -136°C dan dapat terurai secara perlahan pada temperatur kamar dan cepat pada suhu $125-150^\circ\text{C}$. Sumber pencemar dari kendaraan bermotor (90%) (Lestari, 2007). Menurut *Environment Protection Agency* (1986) partikel Pb dikeluarkan dari kendaraan bermotor dalam sebagai Pb Halida ($PbBrCl$) dan sebagai garam dengan amonium halida ($2PbBrCl \cdot NH_4Cl$). Partikel Pb yang dikeluarkan asap kendaraan bermotor berukuran antara $0,08-1,00 \text{ mm}$ dengan masa tinggal di udara 4-40 hari (Lestari, 2007). Dampak terhadap kesehatan (Tsalev and Zaprianos, 1985 dalam Siregar, 2005):

- a. Racun menyerang saraf yang dapat menyebabkan penurunan daya berpikir (IQ) pada janin dan anak-anak.
- b. Dampak lanjutan adalah kerusakan ginjal, hati, lambung, dan tekanan darah tinggi.

6) Partikulat

Partikulat didefinisikan sebagai suatu senyawa, kecuali air yang berbentuk cair atau padat yang ada di udara pada kondisi normal. Emisi partikulat tidak hanya diemisikan dalam bentuk partikel, tetapi dapat terbentuk dari kondensasi gas-gas secara langsung atau melalui reaksi kimia. Sumber pencemar berasal dari kendaraan bermotor diesel (50%) (Siregar, 2005).

Dampak terhadap kesehatan (BAPEDAL, 1999):

Berdasarkan atas sifat fisik suspensi partikel debu yang terdapat di udara dan struktur anatomi sistem pernapasan, dapat diprediksikan bahwa partikel yang memiliki ukuran lebih besar dari $10 \mu\text{m}$ dapat dikeluarkan kembali melalui hidung atau melalui saluran pernapasan atas, partikel yang berukuran $5-10 \mu\text{m}$ mengalami penahanan terutama pada saluran pernapasan atas, partikel yang berukuran $1-2,5 \mu\text{m}$ dapat mencapai bagian pernapasan yang lebih dalam yaitu mengendap dalam

alveoli sedangkan partikel yang lebih kecil dari 0,1 μm dapat keluar kembali bersama udara pernapasan. Masuk dan tertimbunnya debu di dalam paru-paru dapat memberikan rangsangan pada organ tersebut, yaitu partikel debu dapat menstimulir otot polos sikuler pada saluran pernapasan sehingga dapat menimbulkan kontraksi penyempitan saluran pernapasan.

7) Senyawa Hidrokarbon Aromatik

Senyawa hidrokarbon aromatik telah lama dikenal sebagai zat yang bersifat karsinogenik. Zat-zat yang bersifat karsinogenik dapat menyebabkan kanker dengan cara berinteraksi langsung dengan molekul sasaran (karsinogenik langsung), ataupun memerlukan metabolisme terlebih dahulu untuk menjadi unsur karsinogenik (pro-karsinogen), hidrokarbon aromatik merupakan pro-karsinogen (Siregar, 2005).

8) Opasitas

Merupakan kepekatan asap atau kemampuan asap meredam cahaya. Komponen ini digunakan sebagai indikasi kadar racun partikulat gas buang, dan dapat digunakan sebagai bahan analisis kondisi proses pembakaran di dalam mesin. Kepekatan asap ini dinyatakan dalam satuan yang berbeda-beda (BAPEDAL, 1999).

2.1.6 Upaya Pengendalian Pencemaran Udara

Pencemaran udara yang telah menjadi permasalahan yang serius di kota-kota besar Indonesia, khususnya Jakarta, disebabkan oleh faktor-faktor berikut ini:

- a. Pertumbuhan penduduk dan laju urbanisasi mendorong peningkatan mobilitas dan kebutuhan transportasi. Pertambahan panjang dan lebar jalan tidak sebanding dengan laju pertumbuhan kendaraan bermotor sehingga berpengaruh pada kualitas udara kota (Yusad, 2003).
- b. Keseimbangan dalam penataan ruang. Pembangunan kantor pemerintah, apartemen, pusat perbelanjaan dan bisnis yang terkonsentrasi di Jakarta mengakibatkan pembangunan perumahan dan kawasan industri bergeser ke daerah pinggiran atau kota penyangga (Bodetabek). Kondisi ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan transportasi dan jarak tempuh dari tempat tinggal ke

tempat kerja di pusat kota dan kawasan industri. Jumlah perjalanan ini menimbulkan kemacetan pada hampir semua ruas jalan. Pembangunan yang pesat tersebut juga telah mengurangi ruang terbuka hijau dari 70% pada tahun 1970 menjadi sekitar 10% pada tahun 2006 (Balitbang DPU, 2005).

- c. Pertumbuhan ekonomi yang berpengaruh terhadap perilaku dan gaya hidup masyarakat. Peningkatan pendapatan dan kemudahan pembiayaan telah membuat masyarakat kota berupaya untuk tidak saja memenuhi kebutuhan primernya namun juga berupaya meningkatkan status sosialnya misalnya dengan memiliki kendaraan bermotor dan barang lainnya yang pada akhirnya akan menambah konsumsi energi dan mempengaruhi kualitas udara (Sadat dkk, 2003).
- d. Ketergantungan pada minyak bumi sebagai sumber energi. Indonesia masih sangat tergantung pada sumber energi yang berasal dari minyak bumi. Di sisi lain, rendahnya harga bahan bakar minyak bersubsidi mengakibatkan terhambatnya pengembangan bahan bakar bersih yang ramah lingkungan karena harga bahan bakar tersebut menjadi lebih mahal dari harga bahan bakar yang bersubsidi. Tingginya konsumsi minyak bumi pada sektor transportasi merefleksikan tingginya potensi pencemaran udara dari sektor transportasi (KPBB dan KLH, 2006).
- e. Perhatian masyarakat terhadap kualitas udara. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) bekerja sama dengan bidang teknis terkait, Bidang Pengembangan Informasi dan Kemitraan Lingkungan, bengkel pelaksana dan LSM melaksanakan kegiatan kampanye parsial untuk memperkenalkan program atau kebijakan yang akan diberlakukan kepada masyarakat. Namun partisipasi masyarakat tersebut masih rendah karena terbatasnya contoh atau teladan yang diberikan oleh pemerintah daerah. Sebagai contoh pemerintah mempromosikan penggunaan bahan bakar gas tetapi pemerintah tidak menggunakannya pada kendaraan operasional. Terbatasnya informasi yang diperlukan masyarakat untuk memahami pencemaran udara juga menjadi kendala rendahnya perhatian dan partisipasi masyarakat. Namun demikian, meskipun kesadaran masyarakat

Jakarta relatif tinggi namun perilaku masyarakat untuk melaksanakan tindakan nyata semakin menurun (Sadat dkk, 2003).

Untuk mengendalikan pencemaran udara, salah satu usaha pemerintah adalah dengan menetapkan peraturan. Pengendalian pencemaran udara menurut PP No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara adalah upaya pencegahan dan/atau penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara. Pengendalian pencemaran udara meliputi pencegahan dan penanggulangan pencemaran, serta pemulihan mutu udara dengan melakukan inventarisasi mutu udara ambien, pencegahan sumber pencemar, baik dari sumber bergerak maupun sumber tidak bergerak termasuk gangguan serta penanggulangan keadaan darurat.

Upaya pengendalian pencemaran udara menuntut kerjasama dari semua stakeholder baik pemerintah pusat dan daerah, dunia usaha/industri, dan masyarakat baik secara individu maupun kelompok. Prinsip untuk meminimasi limbah dalam hal ini berupa emisi gas buang dari kendaraan bermotor ada beberapa metode/cara yang dapat dilakukan yaitu mengurangi volume, konsentrasi, toksisitas dan tingkat bahaya emisi: reduksi pada sumbernya baik dari kendaraan bermotor maupun dari bahan bakar yang digunakan dan menghindari terjadinya perpindahan bahan pencemar antar media lingkungan (Sadat dkk, 2003).

Tabel 9. Perkiraan Penurunan Emisi dan Kebijakan Pengendalian

| Waktu | Pengendali Emisi | Perkiraan Reduksi Emisi (%) |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Jangka waktu (2-5 tahun) | Inspeksi dan perawatan | 4-15 |
| | Retrofit | 10-60 |
| | Bahan bakar | <15 |
| | Teknik pengaturan lalu lintas | <20 |
| Jangka Menengah (5-10 tahun) | Jalan-jalan Bypass | <5 |
| | Perbaikan angkutan umum | <5 |
| | Perbatasan kendaraan | 5-25 |
| Jangka panjang | Perubahan waktu kerja | <5 |
| | Pembangunan/pengembangan | - |
| | Perkotaan terencana/terkendali | - |

Sumber: BAPEDAL, 1999

Revolusi teknologi kendaraan bermotor di dunia saat ini semakin mengarah pada keunggulan di bidang keselamatan dan kelestarian lingkungan hidup. Beberapa

negara besar produsen kendaraan bermotor di dunia seperti Jepang, USA dan EU (*European Union*) telah memproduksi kendaraan dari mulai LEV (*Low Emission Vehicle*) kemudian ULEV (*Ultra Low Emission Vehicle*) sampai akhirnya ZEV (*Zero Emission Vehicle*) (BAPEDAL, 1999).

Pada tanggal 23 September 2003 KLH telah mengeluarkan peraturan yang membatasi polusi udara dari kendaraan bermotor untuk pencemar seperti CO, HC, NO_x dan PM yang mengacu pada standar EURO II yang dituangkan dalam Kep.Men LH No. 141 Tahun 2003. Pembicaraan standar EURO II ini telah di mulai pada tahun 1998 akan tetapi baru dapat terlaksana sekitar lima tahun, hal ini disebabkan diperlukan beberapa persiapan dari segi perbaikan teknologi mesin oleh industri kendaraan bermotor. Standar ini merupakan suatu lompatan regulasi dibidang emisi yang secara tidak langsung mensyaratkan teknologi kendaraan yang berbeda dari kondisi kendaraan saat itu. Karena hampir selama 10 tahun sejak Keputusan Menteri KLH No. 35 tahun 1993 tidak ada regulasi lain mengatur mengenai emisi gas buang kendaraan bermotor. Pada saat KLH menginisiasi standar ini ada sedikit tantangan dari industri kendaraan bermotor karena berbagai kendala yang ada pada saat itu seperti kualitas bahan bakar, laboratorium pengujian dan variasi masalah internal dalam industri otomotif di Indonesia. Akan tetapi telah menjadi kesepakatan antara pemerintah khususnya KLH dan industri otomotif bahwa akan mengacu standar EURO II sebagai suatu lompatan industri otomotif untuk berperan dalam mengurangi beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor (KPBB dan KLH, 2006).

Dari segi penurunan beban pencemaran emisi, secara teoritis apabila diterapkan di lapangan kendaraan bermotor yang memenuhi standar EURO II dapat mengurangi beban pencemaran emisi sekitar 90% dibandingkan dengan kendaraan bermotor yang diproduksi sebelum pemberlakuan standar EURO II. Sebagai informasi dari laporan pemantauan KPBB dan KLH 2006, standar EURO II akan diberlakukan secara efektif sebagai berikut:

- 1) Untuk kendaraan bermotor tipe baru berlaku sejak 1 Januari 2005.
- 2) Untuk kendaraan bermotor yang sedang diproduksi (*current product*):
 - a. Katagori M, N, O dan L (dua langkah) diberlakukan sejak 1 Januari 2007.

b. Katagori L (empat langkah) 1 Juli 2006

Adapun tahapan-tahapan standar EURO untuk emisi gas buang kendaraan dapat dijelaskan sebagai berikut (KPBB dan KLH, 2006):

- 1) *United Nations Economic Committee for Europe/ECE 15/07* atau biasa disebut EURO 0 adalah standar untuk kendaraan yang menggunakan *leaded gasoline* dan *unleaded gasoline*.
- 2) EURO I adalah standar kendaraan yang lebih tinggi dengan menambahkan standar evaporasi dan penambahan *cycle* pengujian *extra urban cycle* dan partikulat.
- 3) EURO II adalah standar yang lebih ketat dengan persyaratan bahan bakar kategori 2 dan pengetatan semua parameter emisi CO, HC, NO_x dan PM.
- 4) Standar EURO yang semakin tinggi lagi mensyaratkan penambahan tes lain dan pengetatan emisi gas buang CO, HC, NO_x dan PM.

Upaya pengendalian emisi kendaraan bermotor dengan meningkatkan kualitas bahan bakarnya, salah satunya dengan program penghapusan timbel dalam bensin. Sesuai dengan Kep.Men KLH No.141 Tahun 2003 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor yang Sedang Diproduksi (*Current Production*), maka beberapa hal dilakukan untuk menggantikan Pb dalam bahan bakar, diantaranya:

- 1) Penggunaan *octane booster*: hingga saat ini alternatif *octane booster* dalam bentuk aditif termurah setelah Pb adalah aditif yang berbasis organometalik seperti MMT dan *ferrocene*.
 - a) *Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl* (MMT): telah digunakan oleh negara Kanada dan Australia untuk meningkatkan bilangan oktan. Penggunaan MMT akan membantu kinerja mesin mobil-mobil tua yang didesain untuk *leaded fuel* atau *unleaded fuel* tanpa perlu adanya aditif untuk mencegah *valve*. Namun beberapa sumber penelitian di USA menyebutkan bahwa MMT dicurigai sebagai *neurotoxin* dan *respiratory toxin* yang cukup berbahaya. Sebuah studi dari Kanada menyimpulkan bahwa MMT merusak keefektifan kontrol emisi *automobile* dan menimbulkan polusi (Lestari, 2007).

- b) *Ferrocene* atau *iron cyclopentadienyl*: *Ferrocene* (MR=186,04 g/mol) merupakan komponen kimia dengan rumus $\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$, dengan nama IUPAC *bis(η^5 -cyclopentadienyl) iron(II)*. Berbentuk seperti serbuk yang berwarna sindur terang dengan densitas $1,49 \text{ g/cm}^3$ (20°C), titik didih 249°C , titik leleh $174\text{-}176^\circ\text{C}$, sukar larut dalam air tetapi mudah larut dalam pelarut organik. *Ferrocene* dan turunannya merupakan senyawa *antiknock* yang digunakan dalam mesin berbahan bakar petroleum yang dianggap lebih aman dari TEL, sedangkan untuk mesin diesel, penggunaan *ferrocene* dapat mereduksi timbulnya jelaga (Lestari, 2007).
- c) *Oxygenate compounds*: *Oxygenate* adalah nama senyawa yang banyak digunakan sebagai aditif bensin, dapat berbasis eter misalnya MTBE (*Methyl tertiary-butyl ether*), ETBE (*Ethyl tertiary-butyl ether*), TAME (*Tertiary Amyl Methyl Ether*) maupun alkohol misalnya MeOH (*Methanol*), EtOH (Etanol), BuOH (Butanol), IPA (Isopropil Alkohol), dan GTBA (*Gasoline Grade t-Butanol*). Bahkan sering dengan kenaikan harga minyak mentah di pasar internasional telah memposisikan alternatif *octane booster* etanol yang berbasis nabati ini menjadi sebuah pilihan. (Lestari, 2007)

Departemen ESDM menetapkan skenario termurah melalui subsidi dengan menggunakan organometalik *octane booster* non Pb untuk pasokan bensin di Jawa, Bali dan Batam dan bensin *leaded* 0,7 cc/US gallon untuk wilayah lainnya.

2) Penggunaan Bahan Bakar Gas (BBG)

Pemda DKI Jakarta telah menggalang kerjasama dengan Pertamina untuk menggunakan BBG pada armada *busway* terutama untuk jalur koridor dua dan tiga. Pendayagunaan BBG akan menuntut peran serta partisipasi dari segenap sektor terkait pemerintah seperti ESDM, Dephub, Depkeu, Depnaker, KLH dan Pemda.

Untuk mengurangi tingkat emisi dari kendaraan bermotor, pemerintah DKI Jakarta mengeluarkan Perda pengendalian pencemaran udara dari sumber bergerak yang sudah berlaku efektif sejak bulan Februari tahun 2006. Perda

tersebut menyatakan bahwa pemilik kendaraan pribadi wajib melakukan uji emisi kendaraan setiap enam bulan (Simamora, 2006 dalam Sudarmanto, 2008) yang lebih populer diketahui sebagai program pemeriksaan dan perawatan emisi (I/M) yang bertujuan untuk mengidentifikasi kendaraan-kendaraan yang beroperasi (*in-use vehicles*) yang tidak memenuhi ambang batas emisi polutan untuk parameter CO, HC, dan opasitas. Pemilik kendaraan akan diberikan insentif berupa sertifikat kelulusan uji emisi yang akan dipergunakan untuk mengurus perpanjangan surat STNK Kendaraan. Prasyarat lolos uji emisi adalah kondisi emisi kendaraan tersebut harus berada dibawah baku mutu emisi yang berlaku sesuai dengan SK Gub.DKI No. 95 Tahun 2000. Sebuah studi di USA memperkirakan sistem uji emisi yang efektif mendorong perawatan berpotensi menurunkan emisi CO sebesar 18% dan HC sebesar 5% (Syahril, 2006).

Pengalaman dari negara-negara maju menunjukkan bahwa zat-zat pencemaran emisi dari sumber transportasi dapat dikurangi secara substansial dengan perbaikan sistem pembakaran dan penggunaan katalis (*catalytic converter*) dan juga pengendalian manajemen lalu lintas. Walaupun diasumsikan bahwa di masa mendatang reduksi emisi per kendaraan per kilometer akan dapat tercapai sebagai hasil dari penerapan teknologi dan sistem kontrol emisi, namun emisi agregat akan tetap tinggi karena jumlah sumber individu yang terus meningkat secara signifikan. Artinya, kontrol kualitas emisi harus diimbangi dengan kontrol jumlah sumber emisi (volume kendaraan) (Ilyas, 2004).

Kemajuan teknologi yang dicapai pada mesin kendaraan misalnya, Teknologi *Multi Point Injection*, *Lean burn* dan *Catalytic Converter* telah memungkinkan penurunan emisi maupun efisiensi bahan bakar. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh *World Bank* tahun 1996 tentang polusi udara dari kendaraan bermotor menunjukkan bahwa dibandingkan kendaraan yang belum dikontrol (produksi tahun 1975) kendaraan dengan teknologi *Three Way Catalyst (TWC)* mampu menurunkan emisi CO, HC, NO_x masing-masing 85%, 88%, 81%, dan peningkatan *Fuel Efficiency* 27%. Pemakaian TWC memerlukan kandungan sulfur kurang dari 500 ppm, dan *Un-Leaded Gasoline* (Walsh, 1997).

Tabel 10. Dampak Teknologi Yang Digunakan Kendaraan Terhadap Emisi dan Bahan Bakar

| Teknologi | CO gr/km | T-HC gr/km | NOx gr/km | CO ₂ gr/km | Penggunaan Bahan bakar (km/l) |
|-----------------------------|-------------|---------------|--------------|--------------------------|-------------------------------------|
| <i>Advance TWC</i> | 6,2 | 0,67 | 0,52 | 200 | 11,9 |
| <i>Non Catalyst Control</i> | 27,7 | 3,09 | 2,04 | 399 | 9,4 |
| <i>Uncontrolled</i> | 42,67 | 5,62 | 2,7 | 399 | 9,4 |

Catatan: Suhu 24°C, kecepatan 31 km/jam

Sumber: Walsh, 1997

Aspek perencanaan perkotaan dan sistem transportasi akan menjadi faktor generik dampak yang umumnya timbul, khususnya penggunaan energi, pencemaran udara termasuk dalam mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas. Selama aspek sistem transportasi yang memadai dan sesuai terlaksana dalam konteks perencanaan kota yang ada, melalui manajemen transportasi, efisiensi energi dan pencegahan dampak bagi lingkungan dapat dilakukan.

Dengan demikian, dalam mencapai sistem transportasi yang hemat energi, diperlukan terlebih dahulu upaya proaktif dalam perencanaan yang menjamin bahwa sistem transportasi yang direncanakan sesuai dengan tata ruang dan perencanaan kota, dalam cakupan waktu tertentu. Keadaan yang banyak ditemui sekarang di kota-kota besar Indonesia dan mega kota lainnya di dunia, umumnya timbul karena tidak serasinya lagi program dan perencanaan tata kota dan sistem transportasi yang ada, terutama akibat gejala urbanisasi yang jauh di luar perkiraan semula.

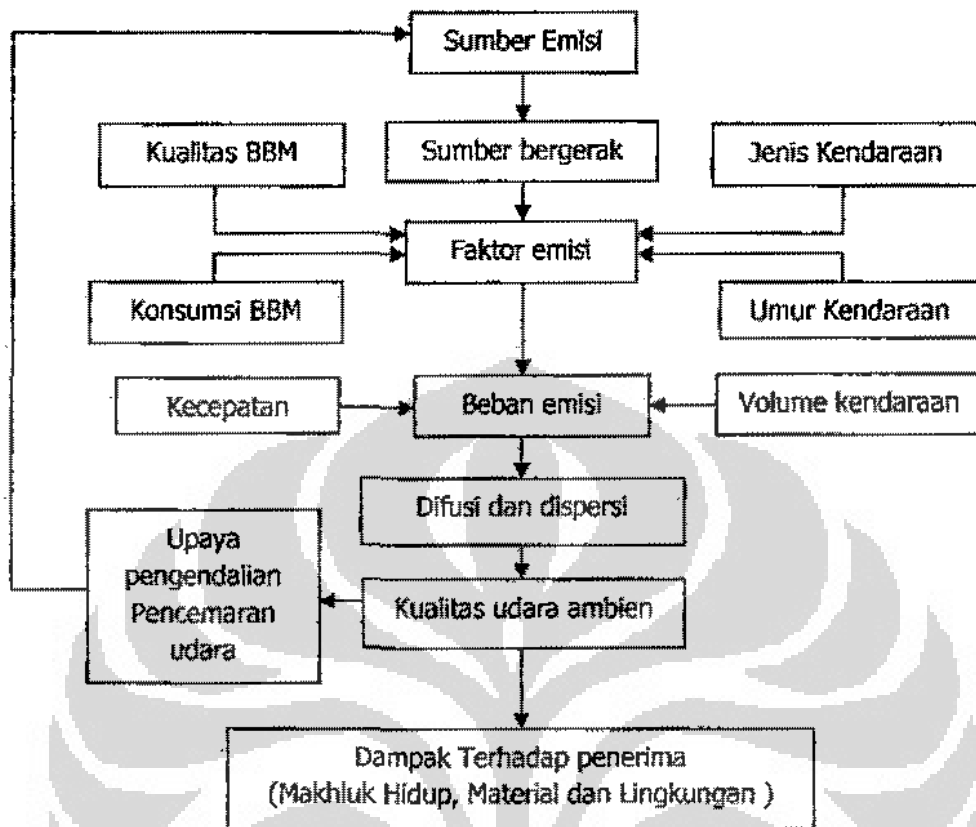
2.2 Kerangka Berpikir

Perhitungan faktor emisi adalah salah satu cara untuk mengetahui nilai beban pencemaran emisi polutan, dalam hal ini adalah emisi kendaraan bermotor. Dari hasil perhitungan beban pencemaran emisi akan diketahui jenis polutan yang dominan dan dapat menurunkan kualitas udara ambien, sehingga dapat dilakukan upaya efektif untuk mengendalikan emisi dari polutan tersebut. Metodologi perhitungan beban pencemaran emisi masih beragam. Negara-negara maju seperti

USA, Jepang, dan Uni Eropa telah mengembangkan inventarisasi emisi nasionalnya dengan menerapkan metodologi yang harmonis dan basis data yang mutakhir. Adopsi faktor emisi dari Eropa atau negara lain dengan hanya mengganti berat jenis dan konsumsi bahan bakar saja kurang tepat karena adanya perbedaan pola mengemudi, teknologi dan perawatan kendaraan, kondisi iklim, dan kualitas bahan bakar (termasuk kandungan sulfur dan benzena, angka setana minyak solar, dan *Rvp*) antara negara berkembang dan negara maju. Beberapa organisasi/ institusi di Indonesia juga telah melakukan studi untuk menghitung beban pencemar dari sumber bergerak, diantaranya adalah JICA dan BAPEDAL (1997) dan ITB (2006). Terdapat perbedaan nilai beban pencemar antara satu studi dengan studi yang lainnya. Hal ini disebabkan adanya perbedaan metodologi dan data input yang digunakan.

Untuk itu perlu adanya kajian studi perhitungan faktor emisi dengan memasukkan semua faktor yang mempengaruhi seperti kualitas dan konsumsi bahan bakar, teknologi yang digunakan, alat kontrol emisi yang digunakan, pola mengemudi, tipe jalan dan kepadatan lalu lintas sehingga dapat menghasilkan nilai faktor emisi dasar (*default*) yang dapat diaplikasikan di seluruh wilayah di Indonesia. Dari hasil perhitungan faktor emisi, beban emisi dan kualitas udara ambien, maka diharapkan dapat diketahui upaya-upaya efektif yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi polutan kendaraan bermotor khususnya di DKI Jakarta.

2.3 Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

3. METODE PENELITIAN

3.1 Ruang Lingkup

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, deskriptif dan pemilihan lokasi pengamatan volume kendaraan dilakukan secara *purposif*. Analisis deskriptif yang merupakan kajian data primer dan sekunder dengan menggunakan metode survei untuk mengamati adanya hubungan antara volume kendaraan dengan kualitas udara di sekitarnya.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di DKI Jakarta, dengan mengambil lokasi di jalan Jenderal Sudirman sebagai tempat pengamatan volume kendaraan bermotor yang diambil pada waktu pagi, siang, sore dan malam hari di kedua jalurnya (arah Polda ke Blok M dan arah Blok M ke Semanggi) antara Gelora Bung Karno dengan Ratu Plaza. Waktu pelaksanaan pengamatan dilakukan pada bulan Mei 2009.

3.3 Populasi dan Sampel penelitian

Populasi dari penelitian ini adalah jumlah dan jenis kendaraan yang diambil dari hasil pengamatan volume kendaraan bermotor di jalan Jenderal sudirman Jakarta. Pemilihan lokasi pengamatan volume kendaraan adalah untuk menverifikasikan data pengamatan volume kendaraan yang setiap tahun rutin dilakukan oleh Dishub dan terdapatnya stasiun pemantauan udara JAF5 sehingga dapat diketahui kualitas udara ambien pada saat pengamatan volume kendaraan. Sampel pada penelitian ini adalah jenis kendaraan yang dipilih dengan karakteristik tertentu yang sesuai dengan kondisi kendaraan bermotor di DKI Jakarta. Data yang berkaitan dengan profil transportasi di DKI Jakarta yang dibatasi oleh peneliti, meliputi:

- 1) Jenis kendaraan yang dipilih berdasarkan berat dan kapasitas dari kendaraan tertentu terbatas pada sembilan jenis kendaraan pribadi.
- 2) Kualitas dan jumlah konsumsi bahan bakar.

Kualitas bahan bakar diambil dari data sekunder, terbatas pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) milik Pertamina di DKI Jakarta. Jenis bahan bakar yang diambil tergantung pada jenis kendaraan. Jumlah konsumsi bahan bakar tergantung pada berapa jarak yang ditempuh/liter.

3) Volume kendaraan.

Volume kendaraan diamati pada ruas jalan Jenderal Sudirman. Dilakukan perhitungan volume kendaraan pada pagi, siang, sore dan malam hari. Pengamatan dilakukan selama tiga hari (dua hari kerja dan satu hari libur). Hasil pengamatan volume kendaraan adalah jumlah kendaraan yang dibagi berdasarkan jenis kendaraan bermotornya.

4) Kecepatan perjalanan kendaraan bermotor.

Kecepatan kendaraan akan dihitung dari data volume kendaraan, dengan menggunakan rumus dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Hasil pengukuran kecepatan kendaraan akan dihasilkan variasi jumlah perjalanan dalam satu hari.

5) Kualitas udara ambien DKI Jakarta.

Hasil pemantauan kualitas udara ambien yang diambil pada waktu pengamatan volume kendaraan di lapangan. Data diperoleh dari data pemantauan kualitas udara ambien Pusarpedal-KLH.

6) Data hasil uji emisi dari tempat Pengujian Kendaraan Bermotor (PKB) di Jakarta.

Secara umum, variabel serta metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian, diuraikan dalam Tabel 11:

Tabel 11. Matrik Variabel Penelitian

| Variabel | Definisi Operasional | Satuan | Sifat Data |
|----------------------|--|---------------|------------|
| Volume kendaraan | Jumlah kendaraan bermotor yang melewati jalan Jenderal Sudirman antara Gelora Bung Karno dan Ratu Plaza, waktu pengamatan pagi, siang, sore dan malam hari pada dua hari kerja dan hari libur. | kendaraan/jam | Primer |
| Kualitas bahan bakar | Komposisi fisika dan kimia yang terkandung dalam bahan bakar yang digunakan. | % m/m g/l | Sekunder |

Tabel 11 (lanjutan)

| | | | |
|------------------------|--|--------------------------|----------|
| Konsumsi bahan bakar | Jumlah penggunaan bahan bakar oleh kendaraan bermotor | km/L | Primer |
| Jenis kendaraan | Karakteristik kendaraan (tipe, kapasitas, jenis BBM, tahun produksi, teknologi kontrol emisi, sistem pembakaran) | | Primer |
| Panjang perjalanan | Jarak yang telah ditempuh oleh kendaraan dari jenis kendaraan tertentu (Odometer) | km | Primer |
| Kecepatan kendaraan | Waktu tempuh kendaraan bermotor dalam jarak tertentu dengan menggunakan rumus perhitungan | km/jam | Primer |
| Faktor emisi | Jumlah polutan yang diemisikan oleh kendaraan bermotor sebagai hasil pembakaran. | gram/ km | Primer |
| Beban pencemaran emisi | Perhitungan estimasi dari rata-rata emisi yang dikeluarkan polutan dari kendaraan bermotor per tahun | ton/ tahun | Primer |
| Kualitas udara ambien | Hasil pengukuran alat AQMS berupa konsentrasi polutan (SO ₂ , NO ₂ , CO, Debu, Pb, dan HC) yang ada di udara ambien. | Massa polutan/ volume | Sekunder |

Tabel 12. Matrik Metode Untuk Menjawab Tujuan Penelitian

| No. | Tujuan Penelitian | Metode Analisis Data |
|-----|--|--|
| 1. | Mengkaji nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta | Analisis dengan perhitungan |
| 2. | Menghitung nilai beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta. | Analisis dengan perhitungan |
| 3. | Menganalisis kondisi udara ambien berdasarkan volume kendaraan dan variasi jumlah perjalanan dalam satu hari. | Analisis deskriptif |
| 4. | Mengkaji upaya pengendalian pencemaran udara berdasarkan hasil perhitungan beban pencemar emisi kendaraan bermotor di DKI Jakarta. | Analisis deskriptif dari Studi Literatur |

3.4 Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian ini digunakan dua jenis data, yaitu: data primer dan data sekunder yang berasal dari hasil pengamatan, perhitungan, instansi pemerintah maupun dari berbagai literatur.

3.4.1 Data Primer

Data primer diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan. Data primer pada penelitian ini meliputi: pengambilan data volume kendaraan bermotor, data jenis dan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh kendaraan bermotor dan karakteristik kendaraannya dilakukan secara *purposif*.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari data hasil uji yang dipublikasikan oleh BPLHD DKI, PKB DLLAJR dan KLH dan berbagai literatur baik di perpustakaan maupun situs internet yang ada kaitannya dengan masalah yang diteliti. Data penunjang dikumpulkan dari dokumen yang dimiliki KLH, BPS dan Dephub.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini:

- 1) Studi kepustakaan, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan cara membaca, mengutip baik secara langsung maupun tidak langsung dari buku, hasil penelitian dan literatur yang bersifat ilmiah dan berhubungan dengan topik yang diteliti.
- 2) Penelitian lapangan, yaitu dengan mengadakan pengamatan secara langsung volume kendaraan di pagi, siang, sore dan malam hari dengan menggunakan *handycamera* pada ruas jalan Jenderal Sudirman di kedua ruas jalan yang terletak di wilayah Jakarta Pusat (arah Blok M ke Semanggi) dan Jakarta Selatan (arah Polda ke Blok M). Pengamatan dilakukan selama tiga hari mewakili satu hari libur dan dua hari kerja.

3.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data terdiri atas analisis deskriptif dan analisis matematis. Peneliti menggunakan formula yang berasal dari MKJI, Februari 1997 (Lampiran B) untuk menghitung kecepatan kendaraan berdasarkan volume kendaraan dan kepadatan lalu lintas yang dibedakan atas empat interval waktu yaitu pagi, siang, sore dan malam hari. Analisis perhitungan kecepatan kendaraan dilakukan untuk mengetahui jumlah polutan yang dikeluarkan oleh setiap kendaraan pada

kecepatan tertentu. Sehingga dapat dihitung faktor emisi kendaraan bermotor berdasarkan kualitas bahan bakar yang digunakan dan kecepatan kendaraan bermotor. Untuk selanjutnya dapat dihitung beban polutan dari emisi kendaraan bermotor per tahun yang dapat dijadikan panduan pembahasan upaya pengendalian pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor.

3.6.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif bertujuan untuk menggambarkan secara riil kondisi yang dihadapi oleh pemerintah dalam menangani pengendalian pencemaran udara yang berasal dari emisi kendaraan bermotor di DKI Jakarta. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan hubungan antara volume kendaraan dengan kualitas udara ambien di sekitarnya. Hasil perhitungan beban emisi dari kendaraan bermotor dapat dijadikan dasar strategi yang harus diambil oleh pemerintah untuk meminimalisasi polutan emisi kendaraan bermotor langsung dari sumbernya dan kendala yang dihadapi dalam pelaksanaannya dilihat dari kondisi aparat pemerintah dan masyarakat DKI Jakarta yang majemuk.

Analisis deskriptif juga akan membandingkan faktor emisi dari berbagai sumber acuan/standar yang diadopsi oleh negara lain yang mempunyai profil lalu lintas kurang lebih sama dengan profil lalu lintas di DKI Jakarta. Dibahas juga langkah-langkah apa yang telah dilakukan oleh negara tersebut untuk pengendalian pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor.

3.6.2 Analisis Matematis

Analisis perhitungan faktor emisi dilakukan dengan jenis dan kualitas bahan bakar yang digunakan. Analisis perhitungan beban pencemaran emisi dilakukan dengan pendekatan panjang perjalanan kendaraan. Sebelumnya dilakukan perhitungan kecepatan kendaraan bermotor dengan formula dari MKJI yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga-Direktorat Bina Jalan Kota (BinKot), Februari 1997. Data kecepatan kendaraan tersebut untuk menghitung faktor emisi dari jenis kendaraan tertentu berdasarkan kecepatan kendaraan.

3.6.2.1 Tahap Input

a. Identifikasi Jenis Kendaraan Bermotor

Jenis kendaraan bermotor yang dijadikan sebagai sampel dalam penelitian ini dibatasi hanya sembilan kendaraan, identifikasi yang dilakukan adalah berdasarkan jenis bahan bakar, umur kendaraan, konsumsi dan kualitas bahan bakar yang digunakan, berat kendaraan, sistem pembakaran, teknologi kontrol emisi yang digunakan dan panjang perjalanan dari tiap kendaraan. Data tersebut digunakan sebagai data awal untuk menghitung faktor emisi dan beban pencemaran emisi.

b. Perhitungan Faktor Emisi dan Beban Pencemaran Emisi

Nilai Faktor emisi dan beban pencemaran emisi kendaraan bermotor menggunakan perhitungan yang sudah disebutkan di atas. Perhitungan faktor emisi dibedakan atas jenis bahan bakar yang digunakan yaitu bahan bakar bensin dan solar dan kecepatan kendaraan karena jumlah polutan yang diemisikan juga berbeda. Perhitungan beban pencemaran emisi dilakukan dengan mengalikan nilai faktor emisi dengan panjang perjalanan atau jarak tempuh dari tiap kendaraan. Khusus perhitungan beban pencemaran emisi dari kecepatan kendaraan maka nilai faktor emisinya dikalikan dengan jumlah kendaraan dari tiap jenis kendaraan bermotor.

3.6.2.2 Tahap Analisis

Perhitungan jumlah kendaraan dari hasil pengamatan volume kendaraan yang dibagi berdasarkan berat dan jenis kendaraannya, yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV).

Tabel 13. Pengamatan Kecepatan Kendaraan

| Arah | Waktu Pengamatan | | | |
|----------------------|------------------|-------|------|-------|
| | Pagi | Siang | Sore | Malam |
| Arah Blok M-Semanggi | | | | |
| Arah Polda-Blok M | | | | |

Analisis perhitungan emisi tiap polutan dan beban pencemaran emisi dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Perhitungan faktor emisi dari tiap polutan dengan rumus:

$$E_{SO_2,r} = BB_f \times \rho_f \times S_f \times 2 \dots \dots \dots (7)$$

Di mana $E_{SO_2,r}$ = emisi SO_2 dari bahan bakar f (premium/solar)

BB_f = total konsumsi dari bahan bakar f (liter/km)

ρ_f = densitas bahan bakar f (g/L)

S_f = kandungan Sulfur dalam bahan bakar f (%w)

2 = faktor konversi dari BM Sulfur dengan SO_2

(Sumber: JICA, 1997)

$$E_{Pb_{m,f,r}} = U_{m,f} \times W_f \times J_r \times 0,77 \dots \dots \dots (8)$$

Di mana $E_{Pb_{m,f,r}}$ = emisi Pb untuk kendaraan m , BBM f , jalan r (g/Km)

$U_{m,f}$ = konsumsi BBM dari kendaraan m , BBM jenis f (L/Km)

W_f = kandungan Pb dalam BBM f (g/L)

J_r = faktor koreksi untuk jalan tipe r ($J_r = 1$ untuk jalan arteri dan $J_r = 0,7$ untuk jalan bebas hambatan (EPAV 1996a))

0,77 = Jumlah Pb dalam premium yang teremisikan ke udara

(Sumber: NPI, 2000)

Sedangkan untuk perhitungan emisi dari polutan lain (CO , HC , CO_2 , PM_{10} dan NO_x) nilai faktor emisi mengadopsi dari berbagai sumber yang sesuai dengan profil kendaraan di DKI Jakarta. Untuk mengetahui emisi dari kondisi lalu lintas maka digunakan nilai faktor emisi berdasarkan kecepatan kendaraan bermotor.

b. Beban pencemaran emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan dihitung dengan salah satu metode pendekatan sebagai berikut (NKLD):

Metode A: Pendekatan konsumsi bahan bakar

$$E_i = \sum_{j=1}^n Vol_i \times FE_{i,j} \times 10^{-6} \dots \dots \dots (9)$$

di mana: E_i = Beban pencemar untuk polutan i (ton/tahun)

Vol_i = Konsumsi bahan bakar tipe i (liter/tahun)

$FE_{i,j}$ = Besarnya polutan i yang diemisikan dari setiap (liter) penggunaan bahan bakar tipe i (g/liter bahan bakar)

Metode B: Pendekatan panjang perjalanan kendaraan bermotor

$$E_i = \sum_{j=1}^n VKT_j \times FE_{ij} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(10)$$

- di mana: E_i = Beban pencemar untuk polutan i (ton/tahun)
 VKT_j = Total panjang perjalanan kendaraan bermotor kategori j
(km kendaraan/ tahun)
 $FE_{i,j}$ = Besarnya polutan i yang diemisikan untuk setiap (km)
perjalanan yang dilakukan kendaraan bermotor kategori j
(g/km kendaraan)

Analisis deskriptif membahas tentang kualitas udara ambien dari data stasiun pemantauan kualitas udara ambien yang di ada wilayah Jakarta Selatan dan dihubungkan dengan volume kendaraan hasil pengamatan per waktu sehingga akan menggambarkan kondisi udara ambien waktu pagi, siang, sore dan malam hari, baik pada hari kerja maupun hari libur di ruas jalan Jenderal Sudirman.

3.7 Keterbatasan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian Upaya Pengendalian Udara dari Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta ini masih ditemui beberapa keterbatasan, yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan *handycamera* sebagai alat bantu dalam pengamatan sehingga tidak memasukan faktor pola mengemudi dan pengukuran *cold start emission* dari kendaraan bermotor.
2. Bahan bakar yang diukur kualitasnya berdasarkan data sekunder terbatas pada SPBU milik Pertamina.
3. Parameter udara ambien yang diamati hanya polutan CO, NO₂, NO dan NO_x, karena adanya keterbatasan pada hasil pengukuran alat *Air Quality Monitoring System* (AQMS).

4. TINJAUAN WILAYAH PENELITIAN

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

4.1.1 Kondisi Geografis DKI Jakarta

DKI Jakarta berdasarkan SK Gubernur No. 1227 tahun 1989 adalah berupa daratan seluas 661,52 km² dan berupa lautan seluas 6.977,5 km² termasuk wilayah daratan Kepulauan Seribu yang tersebar di teluk Jakarta. Secara geografis wilayah DKI Jakarta terletak antara 106°22'42"BT sampai 106°58'18" BT dan 5°19'12"LS sampai 6°23'54" LS. Batas-batas wilayah DKI Jakarta adalah :

- a. Sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa
- b. Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Bekasi
- c. Sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Bogor
- d. Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Tangerang

Wilayah administrasi DKI Jakarta terbagi menjadi lima wilayah kotamadya dan satu kabupaten administratif, yaitu Kotamadya Jakarta Selatan (145,73 km²), Jakarta Timur (187,75 km²), Jakarta Pusat (48,20 km²), Jakarta Barat (126,15 km²) dan Jakarta Utara (141,88 km²) serta Kabupaten Kepulauan Seribu (11,81 km²) (BPS, 2007).

Daerah di sebelah selatan dan timur Jakarta terdapat rawa/situ dengan total luas mencapai 121,40 Ha, sehingga kedua wilayah ini cocok dijadikan daerah resapan air dan dengan iklim sejuk yang ideal dikembangkan sebagai wilayah penduduk. Wilayah Jakarta Barat dikembangkan sebagai daerah perumahan. Kegiatan industri lebih banyak terdapat di Jakarta Utara dan Jakarta Timur. Kegiatan usaha dan perkantoran banyak terdapat di Jakarta Barat, Pusat dan Selatan.

4.1.2 Keadaan Topografi dan Iklim

Jakarta berlokasi di pesisir utara pulau Jawa, di muara Sungai Ciliwung, Teluk Jakarta. Jakarta terletak di dataran rendah pada ketinggian rata-rata 8 meter di atas permukaan laut (dpl). Hal ini mengakibatkan Jakarta sering dilanda banjir. Selatan Jakarta merupakan dataran tinggi yang dikenal dengan daerah puncak.

Jakarta dialiri oleh 13 sungai yang kesemuanya bermuara ke Teluk Jakarta. Sungai yang terpenting ialah Ciliwung, yang membelah kota menjadi dua. Daerah pantai merupakan daerah rawa atau daerah yang selalu tergenang air pada musim hujan. Di daerah bagian selatan banjir kanal terdapat perbukitan rendah dengan ketinggian antara 50-75 m. Kekuatan tanah di wilayah DKI Jakarta mengikuti pola yang sama dengan pencapaian lapisan keras di wilayah bagian utara pada kedalaman 10-25 m. Semakin ke Selatan permukaan keras semakin dangkal yaitu antara 8-15 m.

Wilayah DKI Jakarta termasuk daerah tropis beriklim panas dengan suhu rata-rata per tahun 27°C dengan kelembaban antara 80% sampai 90% dan dengan curah hujan rata-rata sepanjang tahun 2000 mm. Temperatur tahunan maksimum 32°C dan minimum 22°C. Kecepatan angin rata-rata 11,2 km/jam. Jakarta mengalami puncak musim penghujan pada bulan Januari dan Februari dengan rata-rata curah hujan 350 milimeter dengan suhu rata-rata 27°C, curah hujan antara bulan Januari dan awal Februari sangat ekstrim pada saat itulah Jakarta dilanda banjir setiap tahunnya, dan puncak musim kemarau pada bulan Agustus dengan rata-rata curah hujan 60 milimeter, bulan September dan awal Oktober adalah hari-hari yang sangat panas di Jakarta suhu udara dapat mencapai 40°C (BPS, 2007).

4.1.3 Kondisi Demografi, Sosial dan Ekonomi

Jumlah penduduk DKI Jakarta berdasarkan hasil estimasi Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) 2006, sebanyak 8,96 juta jiwa (BPS, 2007). Dengan luas wilayah 661,52 km² berarti kepadatan penduduk mencapai 13,5 ribu/km², dan membuat Jakarta menjadi wilayah yang terpadat penduduknya di Indonesia.

Sebagai kota metropolitan, kota Jakarta menjadi salah satu tujuan para pencari kerja, hal ini menyebabkan penambahan penduduk Jakarta semakin meningkat terutama pada siang hari. Jumlah penduduk di Jakarta sekitar 7.512.323 (tahun 2006) namun pada siang hari angka tersebut akan bertambah seiring datangnya para pekerja dari kota satelit seperti Bekasi, Tangerang, Bogor, dan Depok. Kota/kabupaten yang paling padat penduduknya adalah Jakarta Timur dengan

2.131.341 penduduk, sementara Kepulauan Seribu adalah kabupaten dengan paling sedikit penduduk, yaitu 19.545 jiwa (BPS, 2007).

Tabel 14. Luas Wilayah, Penduduk dan Kepadatan Penduduk Menurut Kotamadya/Kabupaten Tahun 2006

| Kotamadya/Kabupaten | Luas (Km ²) | Penduduk (orang) | Kepadatan Penduduk (Km ²) |
|---------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Jakarta Selatan | 145,73 | 2.053.684 | 14.092 |
| Jakarta Timur | 187,73 | 2.413.875 | 12.858 |
| Jakarta Pusat | 47,90 | 891.778 | 18.618 |
| Jakarta Barat | 126,15 | 2.130.696 | 16.890 |
| Jakarta Utara | 142,20 | 1.452.285 | 10.213 |
| Kepulauan Seribu | 11,81 | 19.362 | 1.640 |
| Jumlah | 661,52 | 8.961.680 | 13.547 |

Sumber: BPS, 2007

Berikut tabel penduduk berusia 15 tahun keatas dan jenis kegiatannya:

Tabel 15. Penduduk Berusia 15 Tahun Keatas Menurut Kotamadya/Kabupaten dan Jenis Kegiatan Tahun 2006

Satuan:
Jiwa/Orang

| Kotamadya/ Kabupaten | Jenis Kegiatan | | | Jumlah |
|-------------------------|----------------|----------------------|-------------------------|-----------|
| | Bekerja | Mencari Pekerjaan | Bukan Angkatan Kerja | |
| Jakarta Selatan | 779.404 | 102.169 | 477.709 | 1.359.282 |
| Jakarta Timur | 912.312 | 193.700 | 741.904 | 1.847.916 |
| Jakarta Pusat | 392.198 | 63.787 | 251.431 | 707.416 |
| Jakarta barat | 842.993 | 116.166 | 569.137 | 1.528.296 |
| Jakarta Utara | 586.303 | 113.460 | 398.425 | 1.098.188 |
| Kepulauan Seribu | 18.589 | 740 | 11.307 | 30.636 |
| Jumlah | 3.531.799 | 590.022 | 2.449.913 | 6.571.734 |

Sumber: BPS, 2007

Pada tahun 2006 (Tabel 15) jumlah angkatan kerja sebesar 4,52 juta orang dan bukan angkatan kerja 2,45 juta orang. Selanjutnya dari angkatan kerja tersebut terdapat penduduk bekerja sebanyak 3,53 juta orang dan yang mencari pekerjaan sebanyak 590 ribu orang. Kebanyakan dari mereka yang bekerja berkecimpung di sektor perdagangan/hotel dan restoran, jasa dan industri masing-masing 36,84%, 23,80% dan 18,18%. Jika diamati berdasarkan status pekerjaannya ada sebesar 63,50% sebagai buruh, sementara dengan status pengusaha sebesar 25,03% dan

sebagai pekerja keluarga sebesar 3,49%. Dilihat dari data di atas maka dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penduduk DKI Jakarta berada pada tingkat sosial menengah ke bawah dan cenderung menggunakan alat transportasi angkutan umum dan sepeda motor.

4.2 Komposisi dan Arus Lalu Lintas

4.2.1 Lalu Lintas DKI Jakarta

Menurut data *Arterial Road System Development Study (ARSDS)* tahun 1985 dalam Lesmana, 2007 rata-rata setiap penduduk Jakarta melakukan 1,68 perjalanan/orang/hari setara dengan lebih dari 15 juta perjalanan/hari. Total panjang jalan di DKI Jakarta kurang lebih 10% dari total panjang jalan di Jawa. Perbandingan antara panjang jalan dan total area di wilayah DKI Jakarta hanya 4%, di mana idealnya untuk kota sebesar Jakarta adalah 10–15%. Pola jaringan jalan di wilayah DKI Jakarta secara umum terdiri dari sistem jaringan jalan lingkaran yaitu *inner* dan *outer ring road* yang juga merupakan jaringan jalan arteri primer, jaringan radial yang melayani kawasan di luar *inner ring road* menuju kawasan di dalam *inner ring road* dan jaringan jalan berpola grid di wilayah pusat kota. DKI Jakarta memiliki infrastruktur jalan sepanjang 7.600 Km, atau sekitar 7% dari luas wilayah kota. Tingkat motorisasi yang terus meningkat juga mengidentifikasi diperlukannya *supply* sistem transportasi untuk menampung pertumbuhan lalu-lintas. Panjang, luas dan status jalan di DKI Jakarta menurut jenisnya, dapat dilihat pada Tabel 16 berikut ini:

Tabel 16. Panjang, Luas dan Status Jalan Menurut Jenisnya Tahun 2006

| No. | Jenis Jalan | Panjang (m) | Luas (m ²) | Status Jalan |
|--------|-------------------|--------------|------------------------|--------------|
| 1 | Tol | 112.960,00 | 2.472.680,00 | Tol |
| 2 | Arteri Primer | 112.149,00 | 2.140.090,00 | Nasional |
| 3 | Kolektor Primer | 51.630,75 | 671.384,50 | Nasional |
| 4 | Arteri Sekunder | 502.640,00 | 8.299.089,00 | Propinsi |
| 5 | Kolektor Sekunder | 823.913,91 | 6.970.938,77 | Propinsi |
| 6 | Kotamadya | 4.936.928,77 | 20.988.103,81 | Kotamadya |
| Jumlah | | 6.540.221,93 | 41.542.286,08 | |

Sumber: BPS, 2007

Kondisi motorisasi baik di wilayah DKI Jakarta dan Jabotabek terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 17. Komposisi Perjalanan di Jabotabek

| Moda | Perjalanan (orang/hari) | Persentase | Persentase kendaraan |
|--------------------------|-------------------------|------------|----------------------|
| Semua | 29.168.330 | 100% | - |
| Bukan kendaraan bermotor | 8.402.771 | 28,8% | - |
| Kendaraan bermotor | 20.765.559 | 71,2% | 100% |
| - Sepeda motor | 2.954.512 | 10,1% | 14,2% |
| - Mobil penumpang | 6.404.503 | 22,0% | 30,8% |
| - Bus | 10.938.646 | 37,5% | 52,7% |
| - kereta | 416.426 | 1,4% | 2,0% |

Sumber: SITRAMP, 2000 dalam Susilo, 2007

Arus komuter antara Jakarta dan Botabek diperlihatkan dalam Tabel 18.

Tabel 18. Pergerakan Komuter/Ulang-alik Jakarta dan Botabek

| Arah Pergerakan | Volume Pergerakan (kend/Hari) | Volume Pergerakan (Orang/Hari) |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| DKI Jakarta-Tangerang | 412.543 | 1.221.079 |
| DKI Jakarta-Bekasi | 499.198 | 1.503.654 |
| DKI Jakarta-Bogor/Depok | 424.219 | 1.369.626 |

Sumber: SITRAMP, 2000 dalam Susilo, 2007

4.2.2 Lalu Lintas di Jalan Jenderal Sudirman

Jalan Jenderal Sudirman terletak pada dua wilayah kota administrasi yaitu Jakarta Pusat (jalur dari Blok M ke Semanggi) dan Jakarta Selatan (jalur dari Polda ke Blok M). Pada penelitian ini dilakukan pengamatan volume kendaraan pada ruas jalan Jenderal Sudirman, yang merupakan jalan arteri primer dengan panjang jalan 1.053 m, lebar 40 m, dan luas 42.120 m². Pengamatan dilakukan pada hari libur (Minggu) tanggal 10 Mei; dan hari kerja (Senin dan Kamis) tanggal 11 dan 14 Mei 2009 yaitu pada kondisi puncak pagi pada pukul 07.30 WIB sampai pukul 08.30 WIB; siang pada pukul 12.00-13.00 WIB; sore pada pukul 17.00-18.00 WIB dan jam lengang malam pada pukul 23.00-24.00 WIB.

Tabel 19. Pergerakan Arus Lalu Lintas di Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta

| Waktu | Arah | Tipe Kendaraan | | | | | | Arus Total (Q) | | |
|------------|-----------|----------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------------|----------|---------|
| | | LV | | HV | | MC | | Amb (%) | Kend/Jam | Smp/Jam |
| | | Kend/Jam | Smp/Jam | Kend/Jam | Smp/Jam | Kend/Jam | Smp/Jam | | | |
| Hari Libur | | | | | | | | | | |
| Pagi | Arah Ke 1 | 1011 | 1011 | 191 | 109,2 | 1579 | 394,75 | 49,98 | 2681 | 1514,95 |
| | Arah Ke 2 | 702 | 702 | 59 | 70,8 | 1042 | 260,5 | 50,02 | 2683 | 1033,3 |
| Siang | Arah Ke 1 | 3453 | 3453 | 78 | 93,6 | 1340 | 385 | 37,8 | 5071 | 3931,6 |
| | Arah Ke 2 | 3282 | 3282 | 64 | 76,8 | 4981 | 1245,25 | 62,2 | 8327 | 4604,05 |
| Sore | Arah Ke 1 | 3554 | 3554 | 75 | 90 | 1380 | 395 | 50,9 | 5209 | 4039 |
| | Arah Ke 2 | 3074 | 3074 | 77 | 92,4 | 1882 | 470,5 | 49,1 | 5033 | 3636,9 |
| Malam | Arah Ke 1 | 1214 | 1214 | 15 | 18 | 656 | 164 | 38,2 | 1885 | 1396 |
| | Arah Ke 2 | 1488 | 1488 | 22 | 26,4 | 1542 | 385,5 | 61,8 | 3052 | 1899,9 |
| Hari Kerja | | | | | | | | | | |
| Pagi | Arah Ke 1 | 4175 | 4175 | 123 | 147,6 | 7270 | 1817,5 | 61,4 | 11568 | 6140,1 |
| | Arah Ke 2 | 3434 | 3434 | 100 | 120 | 3733 | 933,25 | 38,6 | 7267 | 4487,25 |
| Siang | Arah Ke 1 | 3164 | 3164 | 89 | 106,8 | 2197 | 549,3 | 47,6 | 5450 | 3820,05 |
| | Arah Ke 2 | 3480 | 3480 | 98 | 117,6 | 2427 | 606,75 | 52,4 | 6005 | 4204,35 |
| Sore | Arah Ke 1 | 3132 | 3132 | 82 | 98,4 | 2813 | 703,25 | 40,4 | 6027 | 3933,65 |
| | Arah Ke 2 | 3601 | 3601 | 107 | 128,4 | 5194 | 1298,5 | 59,6 | 8902 | 5027,9 |
| Malam | Arah Ke 1 | 1235 | 1235 | 8 | 10,4 | 515 | 206 | 38,7 | 1758 | 1451,4 |
| | Arah Ke 2 | 1476 | 1476 | 9 | 11,7 | 1305 | 522 | 61,3 | 2790 | 2009,7 |

Keterangan :

1. Arah Ke 1 : Blok M – Semanggi
2. Arah Ke 2 : Polda – Blok M

Dari Tabel 19 di atas diketahui jumlah kendaraan yang melalui jalan Jenderal Sudirman di kedua jalur/arah pada hari libur adalah, pada pagi hari sebanyak 2683 kend/jam dengan persentase 50,02% dari seluruh kendaraan yang melintasi jalan tersebut, sedangkan pada siang hari 8327 kend/jam (62,2%); sore hari 5209 kend/jam (50,9%) dan malam hari 3052 kend/jam (61,8%). Pada hari kerja, waktu puncak pagi adalah 11568 kend/jam (61,4%), siang hari 6005 kend/jam (52,4%), sore hari 8902 kend/jam (59,6%), dan malam hari 2790 kend/jam (61,3%).

4.2.3 Kondisi Lingkungan dan Kinerja Jalan

Jalan Jenderal Sudirman berada pada Provinsi DKI Jakarta dengan jumlah penduduk yang melebihi tiga juta jiwa sehingga dikategorikan sangat besar. Dengan ukuran kota yang besar ini akan terdapat hambatan yang berdampak terhadap kinerja lalu lintas. Di sepanjang jalan Jenderal Sudirman terdapat gedung-gedung perkantoran, pusat perbelanjaan dan Gelora Bung Karno, hal tersebut menyebabkan arus lalu lintas di jalan tersebut padat terutama pada hari kerja, dari aktivitas segmen jalan seperti pejalan kaki, kendaraan umum dan

kendaraan lain berhenti, kendaraan masuk-keluar sisi jalan dan kendaraan lambat. Hambatan samping di jalan ini cukup tinggi mengingat jalan Jenderal Sudirman adalah kawasan komersial dan perkantoran (super blok) dengan aktivitas sisi jalan tinggi.

Kinerja jalan yang merupakan cerminan tingkat pelayanan jalan antara kapasitas dan arus lalu lintas kendaraan yang melintasinya. Arus lalu lintas (Q) untuk jalan Jenderal Sudirman arah Blok M-Semanggi pada hari libur, pagi hari 1515 smp/jam, siang hari adalah 3931,6 smp/jam, sore hari 4039 smp/jam, dan malam hari 1396 smp/jam, pada hari kerja pagi hari 6140,1 smp/jam, siang hari 3820,1 smp/jam, sore hari 3933,6 smp/jam dan malam hari 1451,4 smp/jam.

Arus lalu lintas (Q) untuk arah Polda-Blok M pada hari libur pagi hari adalah 1033,3 smp/jam, siang hari 4604,1 smp/jam, sore hari 3636,9 smp/jam dan malam hari 1899,9 smp/jam. Pada hari kerja pagi hari 4487,2 smp/jam, siang hari 4204,4 smp/jam, sore hari 5027,9 smp/jam dan malam hari 2009,7 smp/jam.

Hasil perhitungan kinerja jalan yang meliputi kapasitas dan derajat kejenuhan, didapatkan hasil bahwa kapasitas jalan (C) untuk kedua arah, pagi adalah 5675,3 smp/jam, siang maupun sore hari sama yaitu 5376,6 smp/jam, dan malam 5794,7 smp/jam, sedangkan untuk hari kerja pagi, siang dan sore hari adalah 5376,6 smp/jam, dan malam adalah 5794,8 smp/jam.

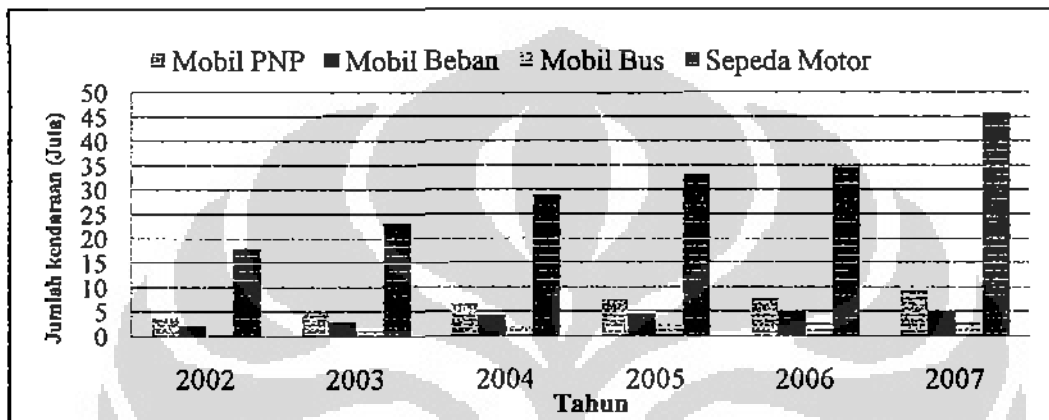
Derajat kejenuhan (DS) jalan Jenderal Sudirman arah Blok M-Semanggi pada hari libur di pagi hari 0,27 smp/jam, siang hari 0,73 smp/jam, sore hari 0,75 smp/jam dan malam hari 0,24 smp/jam. Pada hari kerja, DS waktu pagi hari adalah 1,14 smp/jam, siang hari 0,71 smp/jam, sore hari 0,73 smp/jam dan malam hari 0,25 smp/jam. DS arah Polda-Blok M pada hari libur waktu pagi hari adalah 0,18 smp/jam, siang hari 0,86 smp/jam, sore hari 0,68 smp/jam dan malam hari 0,33 smp/jam, sedangkan pada hari kerja waktu pagi hari adalah 0,83 smp/jam, siang hari 0,78 smp/jam, sore hari 0,94 smp/jam dan malam hari 0,35 smp/jam.

Derajat kejenuhan sebagai rasio arus terhadap kapasitas yang mencapai nilai mendekati atau sama dengan 1 mencerminkan bahwa terjadi pembebanan arus yang tinggi pada segmen jalan ini. Jadi beban lalu lintas paling padat di jalan

Jenderal Sudirman pada hari kerja adalah waktu pagi dan sore hari, sedangkan pada hari libur adalah siang dan sore hari.

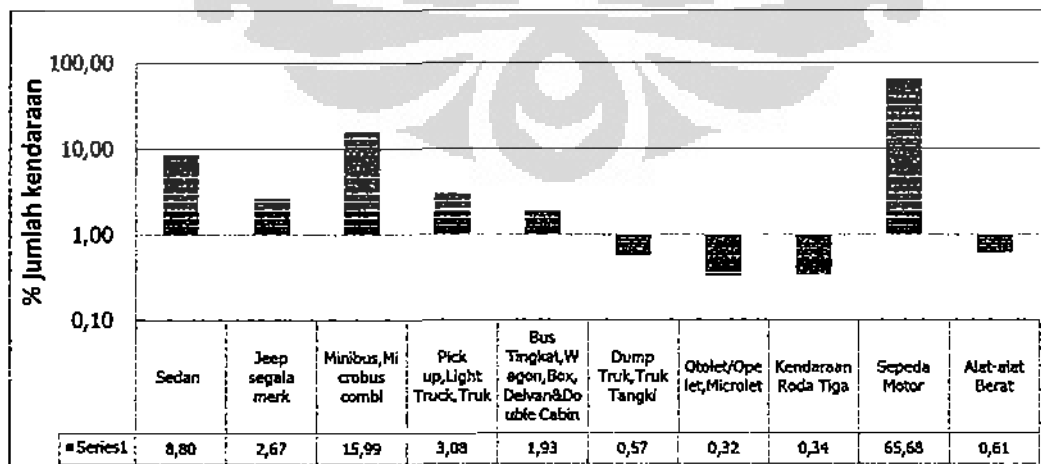
4.2.4 Kendaraan Bermotor DKI Jakarta

Jumlah kendaraan yang beroperasi di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Berikut gambar grafik perkembangan jumlah kendaraan di Indonesia tahun 2000-2007.



Gambar 5. Grafik Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Tahun 2000-2007 di Indonesia
(Sumber: Perhubungan Darat dalam Angka, 2008)

Tak jauh berbeda dengan gambar di atas, jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta khususnya sepeda motor juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta tahun 2007 dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini;



Gambar 6. Grafik Rekapitulasi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta Tahun 2007
(Sumber: diolah dari data Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya, 2007)

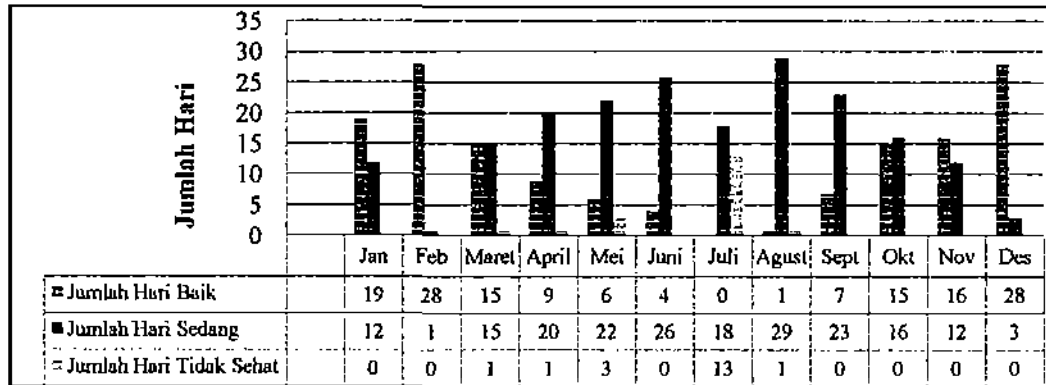
Melihat kondisi lalu lintas di DKI Jakarta yang selalu terjadi kemacetan terutama pada waktu pagi hari dan sore hari menyebabkan sebagian besar penduduk Jakarta memilih menggunakan kendaraan sepeda motor, selain hemat bahan bakar dan cepat, masyarakat dapat dengan mudah membelinya karena harganya relatif terjangkau dan adanya penawaran kredit dengan bunga ringan.

4.3 Kualitas Udara DKI Jakarta

Untuk mengukur kualitas udara ambien di wilayah DKI Jakarta, KLH dan Pemda DKI Jakarta menempatkan lima stasiun pemantauan tetap kualitas udara ambien otomatis kontinu (AQMS) yaitu; JAF1 Jakarta Timur, JAF2 di Kemayoran, JAF3 di BATAN Pasar Jumat, JAF4 di Jakarta Barat dan JAF5 di Stadion Senayan. Kondisi alat pemantauan udara selama tahun 2008 di DKI Jakarta (PUSARPEDAL-KLH, 2008):

- 1) JAF1 Jakarta Timur; Analizer SO_2 , CO , O_3 dan NO_2 pada stasiun ini masih beroperasi dengan baik, tetapi analizer PM_{10} sudah harus direvitalisasi karena telah habis masa pakai. Kendala udara pendingin (AC) yang rusak mempengaruhi operasional analizer.
- 2) JAF2 Kemayoran; stasiun ini dari awal tidak dapat di *instal* karena belum tersedianya jaringan telepon.
- 3) JAF3 BATAN Pasar Jumat; adalah relokasi dari sebelumnya di Pondok Indah, dan belum dapat beroperasi karena belum tersedianya jaringan telepon.
- 4) JAF4 Jakarta Barat; beroperasi secara normal.
- 5) JAF5 Senayan; parameter yang dapat diukur adalah PM_{10} , SO_2 , CO dan O_3 , sedangkan parameter NO_2 dan NO tidak dapat berfungsi karena beberapa *spare part* yang harus diganti.

Kondisi kualitas udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) pada tahun 2008 dapat dilihat pada gambar berikut ini;



Gambar 7. Grafik Jumlah Hari Kategori Baik, Sedang dan Tidak Sehat di DKI Jakarta Tahun 2008

(Sumber: diolah dari PUSARPEDAL-KLH, 2008)

ISPU ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Nilai ISPU dihitung, berdasarkan perhitungan dengan rumus (Kep.BAPEDAL No. 107 tahun 1997);

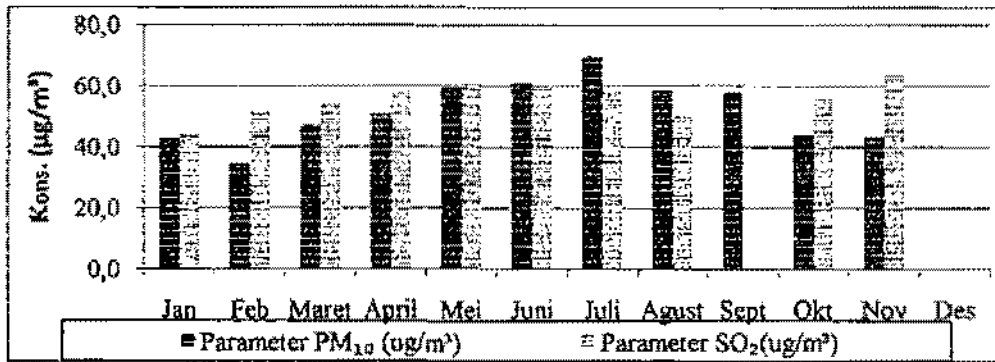
$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib \dots \dots \dots (11)$$

Dimana;

- I = ISPU terhitung
- Ia = ISPU batas atas
- Ib = ISPU batas bawah
- Xx = Kadar ambien nyata hasil pengukuran
- Xa = Ambien batas atas
- Xb = Ambien batas bawah

Nilai Ia, Ib, Xa, dan Xb dapat dilihat pada lampiran H.

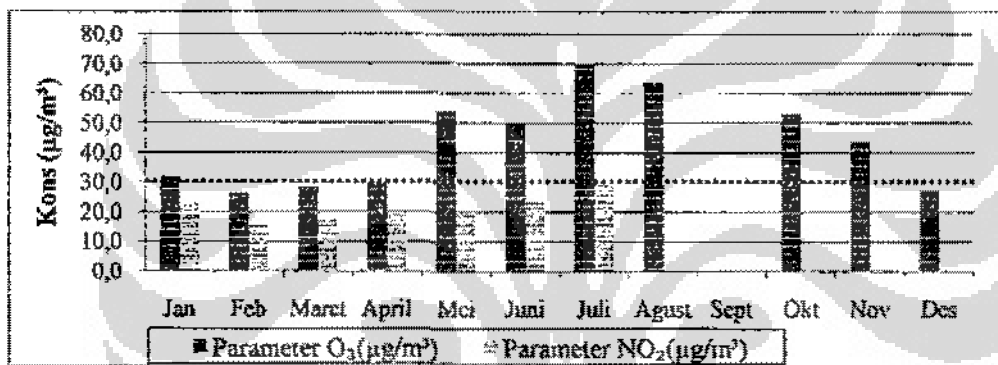
Dari Gambar 7 di atas dapat diketahui bahwa jumlah hari kategori sehat di kota Jakarta adalah sebanyak 148 hari, sedang 197 hari dan tidak sehat sebanyak 19 hari. Jumlah hari yang masuk kategori tidak sehat terbanyak terjadi pada bulan Juli, yaitu tingkat kualitas udara yang merugikan bagi manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif dan dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika. Konsentrasi polutan dalam udara ambien di Jakarta dapat dilihat pada gambar berikut ini;



Gambar 8. Grafik Konsentrasi PM₁₀ dan SO₂ Dalam Udara Ambien di DKI Jakarta Tahun 2008

(Sumber: diolah dari PUSARPEDAL-KLH, 2008)

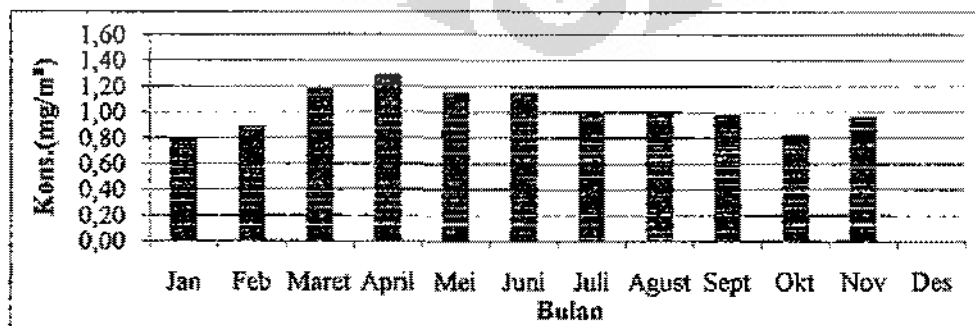
Dari Gambar 8 terlihat konsentrasi PM₁₀ tertinggi adalah pada bulan Juli dan konsentrasi SO₂ tertinggi pada bulan November.



Gambar 9. Grafik Konsentrasi O₃ dan NO₂ dalam Udara Ambien di DKI Jakarta Tahun 2008

(Sumber: diolah dari PUSARPEDAL-KLH, 2008)

Konsentrasi O₃ pada Gambar 9 terlihat berfluktuatif, dan konsentrasi tertinggi pada bulan Juli. Sedangkan NO₂ terukur hanya sampai bulan Juli, hal ini karena kendala pada alat AQMS. Konsentrasi NO₂ tertinggi pada bulan Juli.



Gambar 10. Grafik Konsentrasi CO dalam Udara Ambien di DKI Jakarta Tahun 2008

(Sumber: diolah dari PUSARPEDAL-KLH, 2008)

Konsentrasi CO pada Gambar 10 di atas yang tertinggi terjadi pada bulan April. Perbandingan hasil pengukuran dari alat AQMS dengan Baku Mutu Udara Ambien berdasarkan PP Nomer 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan Kep.Gub DKI Jakarta No.551 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat Kebisingan di Propinsi DKI Jakarta, dapat di lihat pada Tabel 20 berikut ini;

Tabel 20. Perbandingan Konsentrasi Polutan Udara Ambien Tahun 2008 Dengan Baku Mutu Udara Ambien

| Parameter | Waktu Pengukuran | Baku Mutu PP 41/1999 | Baku Mutu Kep.Gub DKI Jakarta No.551/2001 | Rata-rata hasil pengukuran udara ambien di JAF5 |
|------------------|------------------|---------------------------|---|---|
| SO ₂ | 24 Jam | 365 µg/Nm ³ | 260 µg/Nm ³ | 55,843 µg/m ³ |
| CO | 24 Jam | 10.000 µg/Nm ³ | 9000 µg/Nm ³ | 1290 µg/m ³ |
| NO ₂ | 24 Jam | 150 µg/Nm ³ | 92,5 µg/Nm ³ | 21,509 µg/m ³ |
| PM ₁₀ | 24 Jam | 150 µg/Nm ³ | 150 µg/Nm ³ | 51,791 µg/m ³ |
| O ₃ | 1 Tahun | 50 µg/Nm ³ | 30 µg/Nm ³ | 43,422 µg/m ³ |

Dari Tabel 20 di atas dapat diketahui bahwa semua polutan masih berada di bawah Baku Mutu yang telah ditetapkan kecuali O₃ karena diatas nilai 30 µg/m³. Dari ketiga gambar tersebut di atas (Gambar 8, 9, dan 10) hanya pada bulan Desember alat pemantauan kualitas udara tidak dapat mengukur hampir semua parameter, kecuali O₃. Kondisi pengukuran alat pemantauan kualitas udara ambien yang tidak dapat beroperasi dengan optimal, menyebabkan informasi tentang kualitas udara ambien di Jakarta yang didapatkan tidak lengkap. Hal ini dapat menghambat upaya pemerintah dalam memberikan informasi dan pengetahuan tentang kualitas udara di Jakarta dan dampaknya terhadap kesehatan selain itu membuat masyarakat ragu terhadap kevalidan hasil pengukuran kualitas udara di Jakarta.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menjawab tujuan penelitian mengenai “Upaya Pengendalian Pencemaran Udara Dari Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta”, maka peneliti akan membahas masing-masing tujuan meliputi pengkajian nilai faktor emisi dan perhitungan beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor untuk jenis dan umur kendaraan tertentu yang sesuai dengan kondisi di DKI Jakarta, menganalisis kondisi udara ambien berdasarkan volume kendaraan dan variasi jumlah perjalanan dalam satu hari, dan menggabungkan hasil pembahasan dari tujuan di atas untuk membahas secara deskriptif upaya pengendalian pencemaran udara berdasarkan hasil perhitungan beban pencemar emisi kendaraan bermotor di DKI Jakarta agar lebih maksimal. Pembahasan secara deskriptif ini juga akan menggabungkan upaya-upaya yang telah dilakukan negara lain sebagai perbandingan dalam upaya pengendalian pencemaran udara di Jakarta.

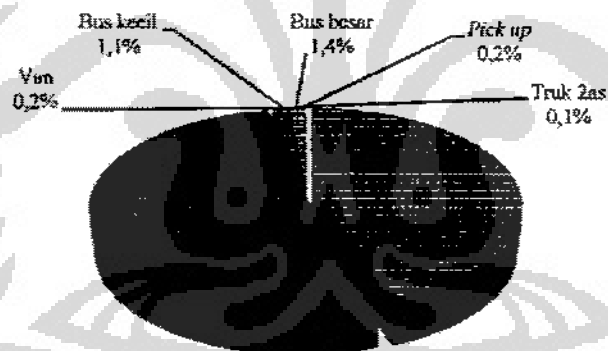
5.1 Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

Penelitian ini menghitung nilai faktor emisi dengan memasukan faktor jenis dan umur kendaraan, jenis dan kualitas bahan bakar, teknologi dan alat kontrol emisi yang digunakan, kondisi lalu lintas, dan karakteristik jalan kendaraan. Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah dimasukkannya faktor umur, kapasitas kendaraan dan teknologi yang digunakan sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap konsumsi bahan bakar dan nilai faktor emisi dari tiap sampel kendaraan bermotor. Untuk mendapatkan data volume dan jenis kendaraan yang beroperasi di jalan Jenderal Sudirman, peneliti melakukan pengamatan volume kendaraan dengan waktu pengamatan yang berbeda yaitu pada pagi, siang, sore dan malam hari. Dari hasil volume kendaraan dapat dihitung kecepatan kendaraan di ruas jalan tersebut dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus MKJI (1997).

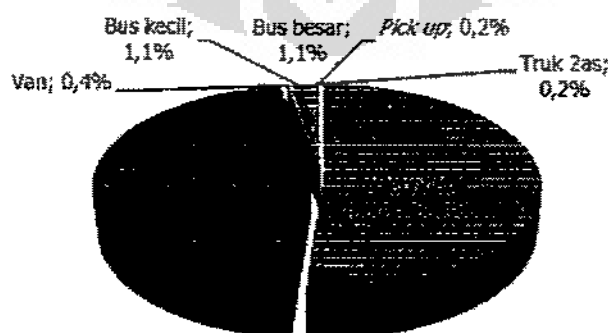
5.1.1 Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman

Pengamatan volume kendaraan yang dilakukan pada hari libur dan hari kerja dengan mengambil waktu pagi, siang, sore, dan malam hari memberikan komposisi volume dan jenis kendaraan yang berbeda. Pada hari libur jumlah kendaraan yang melintasi jalan tersebut tidak sepadat pada waktu hari kerja, meskipun demikian perbedaannya tidak terlalu besar, mengingat bahwa ruas jalan Jenderal Sudirman terdapat Gelora Bung Karno dan beberapa pusat perbelanjaan yang menjadi tujuan warga Jakarta dan sekitarnya untuk mengisi waktu libur.

Jalur di jalan Jenderal Sudirman terbagi atas jalur cepat, lambat dan jalur *busway*. Kendaraan yang melintasi jalan tersebut adalah kendaraan pribadi, sepeda motor, kendaraan umum, bis antar jemput karyawan, dan kendaraan pengantar barang, sehingga dapat dikatakan bahwa mobilitas kendaraan di jalan tersebut sangat tinggi. Jenis kendaraan yang melintasi jalan Jenderal Sudirman dapat di lihat pada gambar grafik berikut ini;



Gambar 11. Grafik Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Libur



Gambar 12. Grafik Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Kerja

Pengamatan volume kendaraan pada penelitian ini juga ditujukan untuk memverifikasi data pengamatan yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan. Pada hasil pengamatan (Gambar 11 dan 12) di atas, pembagian jenis kendaraan disesuaikan dengan pembagian jenis kendaraan yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan (Dishub), yaitu jenis sepeda motor, mobil penumpang (sedan, jeep, Station Wagon, Taxi, Kijang dan sejenisnya), van, bus kecil (metromini, kopaja dan sejenisnya), bus besar (*feeder*, mayasari, bianglala, PPD dan sejenisnya), mikrobus, *pick up*, truk 2 as, truk 3 as, truk gandeng dan truk kontainer. Hasil yang di dapat dari pengamatan hanya terdapat tujuh jenis kendaraan (Gambar 11 dan 12), yang tidak ada adalah jenis kendaraan mikrobus, truk 3 as, truk gandengan dan truk kontainer.

Persentase dari komposisi kendaraan bermotor hasil pengamatan volume kendaraan tahun 2009 pada ruas jalan Jenderal Sudirman yang dilakukan oleh Dishub dengan hasil pengamatan volume pada penelitian ini mempunyai kesamaan dalam jenis kendaraan yang lewat tetapi dengan sedikit perbedaan dalam persentase jumlah kendaraan yang disebabkan karena waktu pengamatan yang berbeda meskipun diambil pada ruas jalan yang sama. Hasil pengamatan dari Dishub dan penelitian dapat dilihat pada tabel berikut ini:

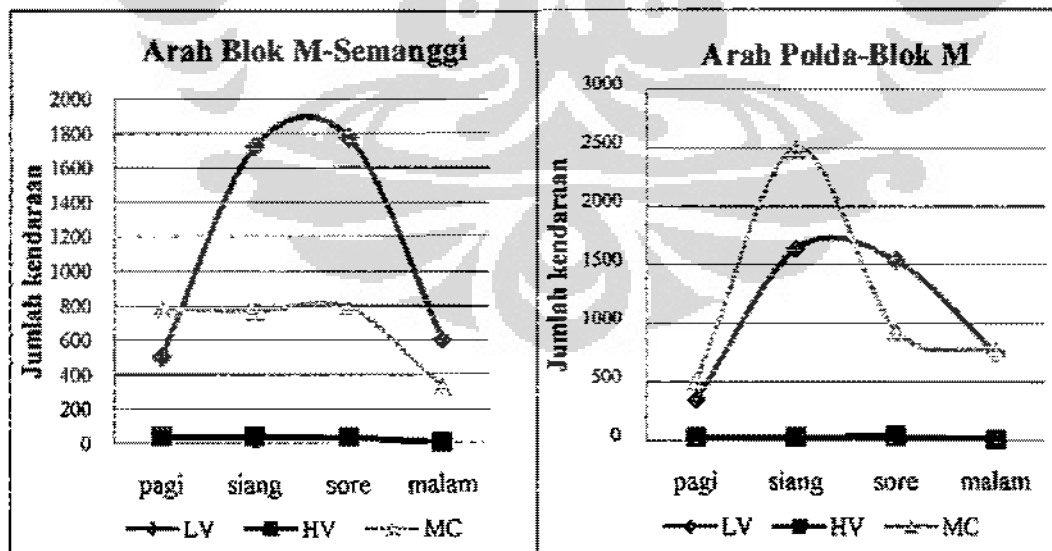
Tabel 21. Persentase Komposisi Kendaraan Bermotor

| Sumber | Sepeda Motor | Sedan/Jeep /S Wagon | Van | Bus Kecil | Bus Besar | <i>Pick Up</i> | Truk 2 as |
|-------------------------|--------------|---------------------|--------|-----------|-----------|----------------|-----------|
| Hasil Dinas Perhubungan | 54,608% | 42,299% | 0,417% | 0,295% | 1,945% | 0,337% | 0,096% |
| Hasil Pengamatan | 51,150% | 45,922% | 0,366% | 1,127% | 1,066% | 0,202% | 0,167% |

Pada Tabel 21 terlihat bahwa persentase kedua hasil pengamatan kendaraan bermotor untuk jenis sepeda motor, mobil penumpang dan van mempunyai perbedaan yang kecil, tapi untuk jenis bus kecil, bus besar, *pick up* dan truk 2 as mempunyai perbedaan yang cukup besar. Lokasi pengamatan pada penelitian ini dilakukan di dekat Ratu Plaza-Gelora Bung Karno, yang merupakan pertemuan ruas jalan bagi kendaraan umum yang menuju terminal Blok M maupun yang ke arah Selatan seperti daerah Cileduk, Ciputat dan Pondok Indah, sehingga banyak kendaraan umum jenis bus kecil yang lewat di ruas jalan tersebut.

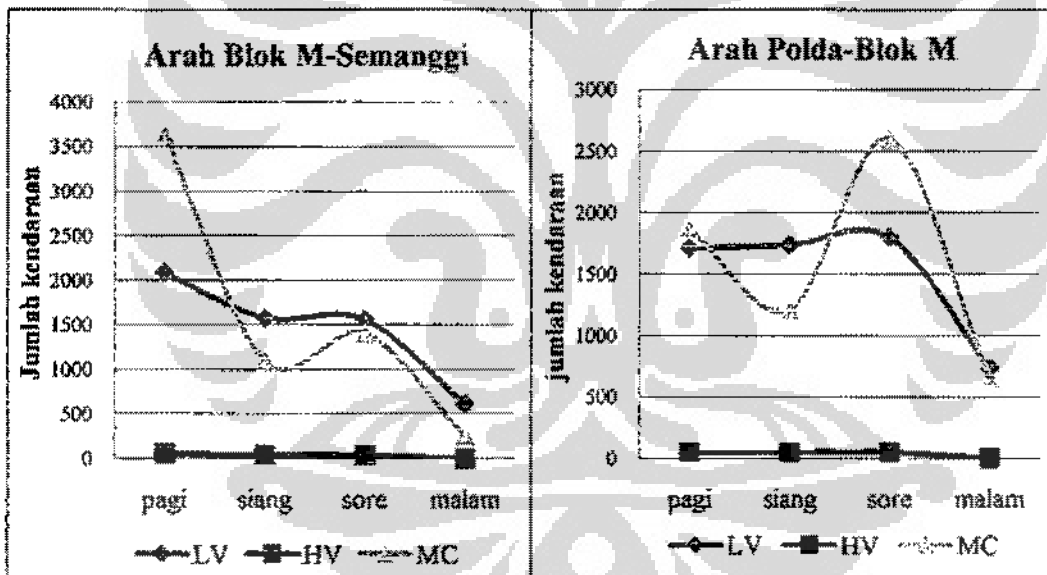
Dari Gambar 11 dan 12 di atas diketahui bahwa komposisi kendaraan baik pada hari libur maupun pada hari kerja sebanyak 97% didominasi oleh jenis kendaraan sepeda motor dan mobil penumpang. Pada hari kerja sepeda motor jumlahnya lebih besar dari pada kendaraan mobil penumpang dan lainnya, sebaliknya pada hari libur jenis kendaraan mobil penumpang lebih besar jumlahnya dari sepeda motor dan lainnya. Hal tersebut membuktikan bahwa pada hari kerja penduduk yang melakukan aktivitas di Jakarta cenderung menggunakan sepeda motor dibandingkan mobil pribadi ataupun kendaraan umum, karena sepeda motor dinilai lebih praktis, cepat dan dapat terhindar dari kemacetan. Sebaliknya pada hari libur penduduk di Jakarta dan sekitarnya lebih banyak menggunakan mobil penumpang pribadi untuk bepergian bersama keluarga.

Untuk mengetahui pola variasi perjalanan dalam satu hari (jam-jaman) maka kendaraan dibagi menjadi tiga kelompok besar yaitu sepeda motor MC (*Motorcycle*), kendaraan ringan LV (*Light Vehicles*) terdiri dari jenis kendaraan mobil penumpang, mikrobus, van, bus kecil (metromini dan kopaja), *pick-up* dan kendaraan berat HV (*High Vehicles*) terdiri dari bus besar (PPD, Mayasari, *Feeder*, Bianglala), truk 2 as dan truk 3 as. Pola variasi jam-jaman pada jalan Jenderal Sudirman dapat dilihat pada gambar berikut ini;



Gambar 13. Grafik Pola Variasi Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Libur

Dari Gambar 13 di atas untuk jenis kendaraan LV pada arah Blok M-Semanggi dan arah Polda-Blok M mempunyai kesamaan pola yaitu mengalami waktu puncak pada siang dan sore hari. Jenis kendaraan MC pada arah Blok M-Semanggi sedikit mengalami waktu puncak pada sore hari, tapi secara keseluruhan, mempunyai pola variasi volume yang hampir sama pada pagi, siang dan sore hari. Pada arah sebaliknya, arah Polda-Blok M volume kendaraan dari jenis MC mengalami waktu puncak pada siang hari. Hal tersebut di atas menunjukkan bahwa pada hari libur aktivitas penduduk Jakarta dan sekitarnya dimulai pada siang dan sore hari dengan dominasi volume kendaraan yang melewati jalan Jenderal Sudirman adalah dari jenis kendaraan LV dan MC. Volume kendaraan dari jenis HV tidak sebanyak MC dan LV, dan variasi volumenya hampir sama pada pagi, siang dan sore hari dan mengalami penurunan volume pada malam hari.



Gambar 14. Grafik Pola Variasi Volume Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman Pada Hari Kerja

Pada Gambar 14 di atas diketahui bahwa di hari kerja waktu puncak aktivitas pengguna kendaraan bermotor adalah pada pagi dan sore hari, yaitu jam masuk dan pulang kantor/sekolah. Adanya kesamaan waktu aktivitas membuat kondisi lalu lintas di jalan Jenderal Sudirman pada pagi dan sore hari padat, sehingga membuat kecenderungan penggunaan jenis kendaraan MC dari pada jenis

kendaraan LV. Volume kendaraan dari jenis HV memberikan pola yang tidak jauh berbeda antara hari libur dan hari kerja.

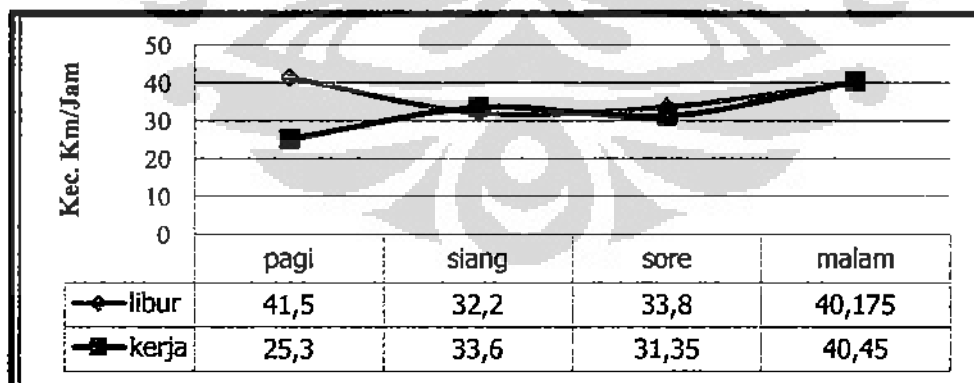
Pola variasi perjalanan dalam sehari akan memberikan bentuk pola yang tidak jauh berbeda bila dilakukan pengamatan selama 24 jam secara kontinyu (waktu puncak akan tetap terjadi pada waktu pagi, siang dan sore hari). Kondisi jalan Jenderal Sudirman yang mempunyai kinerja jalan dan aktivitas sisi jalan yang tinggi karena adanya gedung-gedung perkantoran, pusat perbelanjaan dan Gelora Bung Karno membuat arus kendaraan bermotor di jalan tersebut akan tetap ramai.

5.1.2 Kecepatan Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman

Kecepatan kendaraan bermotor yang melewati ruas jalan Jenderal Sudirman pada pagi, siang, sore dan malam hari dapat diketahui dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus MKJI (Lampiran B). Berikut hasil perhitungan kecepatan kendaraan;

Tabel 22. Kecepatan Kendaraan di Jalan Jenderal Sudirman

| Rute | Waktu | Kecepatan Rata-rata (km/jam) | | | |
|-------------------------|------------|------------------------------|-------|------|-------|
| | | Pagi | siang | Sore | Malam |
| Jalan Jenderal Sudirman | Hari kerja | 25,3 | 33,6 | 31,4 | 40,5 |
| | Hari libur | 41,5 | 32,2 | 33,8 | 40,2 |



Gambar 15. Grafik Kecepatan Kendaraan di Kedua Ruas Jalan Jenderal Sudirman

Dari Tabel 22 dan Gambar 15 di atas diketahui bahwa kecepatan kendaraan pada hari kerja dan hari libur mempunyai perbedaan di waktu pagi hari, yaitu pada hari kerja kecepatan kendaraan lebih rendah, karena volume kendaraan yang tinggi

membuat lalu lintas menjadi padat, dan ini sesuai dengan hasil perhitungan nilai DS yang melebihi 1 pada hari kerja adalah waktu pagi hari. Sebaliknya pada hari libur, orang cenderung memulai aktivitas keluar rumah pada siang atau sore hari, sehingga tampak pada Gambar 16, kecepatan kendaraan pada hari kerja dan hari libur pada waktu siang dan sore hari hampir sama (± 30 km/jam), begitu juga pada malam hari dimana volume kendaraan rendah dan kondisi lalu lintas yang lenggang (kecepatan diatas 40 km/jam).

Kecepatan kendaraan yang rendah tidak hanya disebabkan oleh padatnya kendaraan di ruas jalan tapi juga karena keluar masuknya kendaraan ke dan dari gedung perkantoran dan pusat perbelanjaan, masuknya kendaraan dari jalur cepat ke jalur lambat atau sebaliknya, curah hujan yang menimbulkan genangan air sehingga membuat pengemudi memperlambat kecepatan kendaraannya dan angkutan umum yang sengaja berhenti lama di halte. Kecepatan kendaraan sangat mempengaruhi emisi CO dan HC. Apabila kecepatan rata-rata kendaraan bertambah dari 25 ke 40 km/jam (melalui pengelolaan lalu lintas), faktor emisi CO dan HC akan berkurang lebih dari 50%.

5.1.3 Karakteristik Kendaraan

Kendaraan bermotor yang melintas di jalan Jenderal Sudirman pada waktu puncak didominasi oleh kendaraan jenis LV dan MC (Gambar 14 dan 15). Oleh sebab itu pada penelitian ini sampel kendaraan bermotor diambil dari jenis LV. Karakteristik sampel kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 23 berikut ini;

Tabel 23. Karakteristik Sampel Kendaraan Bermotor

| No | Merak | Type | Transmist | Kapasitas (cc) | Sistem pembakaran | Tahun Produksi | BBM |
|----|----------|-----------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|--------|
| 1 | Honda | City | 4-speed, automatic | 1500 | EFI | 2000 | Bensin |
| 2 | Toyota | Innova | 5-speed, manual | 2000 | EFI | 2004 | Bensin |
| 3 | Toyota | Kijang Kapsul | 5-speed, manual | 1800 | EFI | 2004 | Bensin |
| 4 | Daihatsu | Xenia Xi | 5-speed, manual | 1500 | EFI | 2004 | Bensin |
| 5 | Daihatsu | Xenia Xi | 5-speed, manual | 1300 | EFI | 2005 | Bensin |
| 6 | Toyota | Vios | 5-speed, manual | 1500 | EFI | 2006 | Bensin |
| 7 | Hyundai | Avega GL | 5-speed, manual | 1100 | EFI, EURO II | 2007 | Bensin |
| 8 | Suzuki | APV Arena SGX | 5-speed, manual | 1500 | EFI, EURO II | 2008 | Bensin |
| 9 | Suzuki | Karimun Estillo | 5-speed, manual | 1000 | EFI, EURO II | 2008 | Bensin |

Batasan yang dibuat peneliti untuk karakteristik kendaraan jenis mobil penumpang adalah produksi minimal tahun 2000 dan menggunakan bahan bakar jenis bensin. Semua kendaraan dilengkapi dengan AC, karena penggunaan AC dalam kendaraan bermotor dapat mempengaruhi konsumsi BBM, yang akhirnya berdampak pada jumlah emisinya.

Kendaraan bermotor pada Tabel 23 di atas mempunyai sistem pembakaran dengan teknologi EFI (*Electronic Fuel Injection*). Penerapan teknologi *injection* untuk memenuhi standar EURO II tentang kadar emisi gas yang dibuang oleh kendaraan bermotor, tujuannya untuk menghemat penggunaan bahan bakar dan mengurangi kadar gas buang (emisi), dengan kata lain teknologi yang ramah lingkungan.

Karakteristik kendaraan pada Tabel 23 di atas meskipun memenuhi standar EURO I (tahun pembuatan 2000-2003) dan standar EURO II (tahun pembuatan 2004-2008) dan menggunakan sistem pembakaran EFI, tetapi tidak menggunakan *Catalytic Converter* pada sistem pembuangan emisinya. Pemilihan kapasitas (cc) kendaraan yang berbeda-beda adalah untuk mengetahui pengaruh dari perbedaan kapasitas kendaraan dengan besarnya emisi karena semakin besar kapasitas (cc) maka diperkirakan semakin besar konsumsi bahan bakarnya. Konsumsi BBM dan panjang perjalanan dapat diketahui dari pembacaan odometer dari tiap kendaraan bermotor di Tabel 23, adalah sebagai berikut:

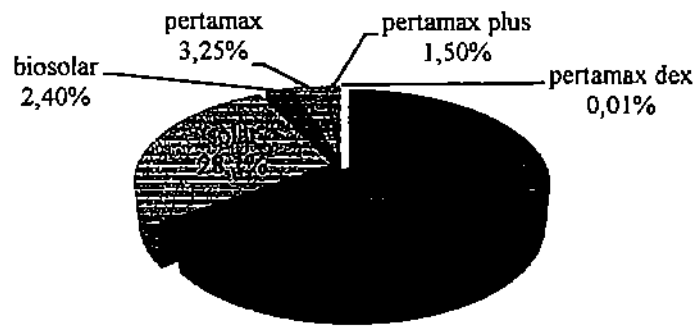
Tabel 24. Konsumsi Bahan Bakar Minyak dan Panjang Perjalanan
Kendaraan Bermotor

| No. | Merek dan tipe kendaraan | Konsumsi BBM (l/km) | Panjang Perjalanan (km/thn) |
|-----|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1. | Honda City | 0,091 | 109717 |
| 2. | Toyota Innova | 0,111 | 31340 |
| 3. | Toyota Kijang Kapsul | 0,111 | 38713 |
| 4. | Daihatsu Xenia Xi | 0,077 | 78028 |
| 5. | Daihatsu Xenis Xi | 0,077 | 38438 |
| 6. | Toyota Vios | 0,077 | 368851 |
| 7. | Hyundai Avega GL | 0,077 | 22800 |
| 8. | Suzuki APV Arena SGX | 0,091 | 50747 |
| 9. | Suzuki Karimun Estillo | 0,067 | 55576 |

Pada Tabel 24 di atas diketahui bahwa konsumsi BBM dipengaruhi oleh berat dan kapasitas kendaraan, dimana kapasitas 1800-2000 cc mengkonsumsi BBM lebih banyak dibandingkan dengan kapasitas yang lebih kecil (di bawah 1800 cc). Selain kapasitas kendaraan, yang juga berpengaruh pada konsumsi BBM adalah pola mengemudi dan teknologi yang digunakan pada kendaraan misalnya EFI atau *Multi-Point Injection* (MPI). Tingkat konsumsi bahan bakar juga dipengaruhi oleh kecepatan perjalanan. Kecepatan yang terlalu rendah cenderung mengkonsumsi BBM lebih banyak. Konsumsi BBM paling rendah adalah pada kecepatan antara 60-65 Km/jam. Pada kecepatan yang lebih rendah (umumnya dalam kondisi macet) konsumsi BBM akan cenderung lebih boros, demikian pula pada kecepatan yang terlalu tinggi (di jalan tol). Umur kendaraan dan panjang perjalanan kendaraan berpengaruh pada nilai beban pencemaran emisi polutan, dan tanpa adanya perawatan dan pemeriksaan emisi secara teratur dapat membuat kendaraan menjadi sumber emisi polutan yang lebih besar tidak hanya untuk kendaraan tua tapi juga kendaraan baru.

5.1.4 Kualitas Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan oleh alat transportasi sangat beragam, tergantung pada jenis mesin dan teknologi dari kendaraan tersebut, diantaranya bensin, solar, biosolar, pertamax, pertamax *plus* dan pertamax *dex*. Volume penggunaan bahan bakar tersebut selama tahun 2006 dapat dilihat pada Gambar 16 berikut ini;



Gambar 16. Grafik Volume Penjualan Bahan Bakar Minyak Untuk Alat Transportasi Menurut Jenis Tahun 2006

(Sumber: diolah dari data BPS, 2007)

Dari gambar 16 di atas dapat diketahui bahwa masyarakat DKI Jakarta lebih banyak mengonsumsi BBM dari jenis bensin (64,8%) dan solar (28,1%) untuk kendaraan bermotor dibandingkan dengan jenis BBM lainnya. Sedangkan BBM jenis Biosolar yang baru dipasarkan pada bulan Mei 2006, terus meningkat volume penjualannya, menggantikan BBM jenis solar yang volume penjualannya mulai berkurang. Para pengguna kendaraan cenderung lebih memilih dan menggunakan BBM yang lebih murah dibandingkan dengan BBM yang lebih berkualitas dan menunjang kinerja mesin lebih baik dan efisien serta meminimalkan pengeluaran emisi tapi sedikit lebih mahal harganya. Hal ini menuntut perhatian yang lebih dari pemerintah dan pihak terkait khususnya Pertamina, agar dapat memproduksi lebih banyak BBM yang lebih berkualitas dengan harga terjangkau, seperti bio-premium dan bio-solar.

Tabel 25. Data Pemantauan Kualitas Bahan Bakar Minyak Tahun 2005-2007

| Lead, Pb (ppm) | | | RON | | | Sulfur (ppm) | | | Distillatim | | | Cetane Index | | |
|----------------|--------|-------|------|------|------|--------------|------|------|-------------|------|------|--------------|------|------|
| 2005 | 2006 | 2007 | 2005 | 2006 | 2007 | 2005 | 2006 | 2007 | 2005 | 2006 | 2007 | 2005 | 2006 | 2007 |
| 0,0013 | TTD | 0,001 | 90 | 90,5 | 88,6 | 800 | 2600 | 1200 | 46 | 39 | 54 | 46 | 52 | 52,5 |
| 0,0013 | TTD | 0,006 | 90 | 90,4 | 89,4 | 1500 | 3300 | 2500 | 50 | 53 | 52 | 55 | 53 | 52,6 |
| 0,0013 | TTD | 0,006 | 88 | 90,4 | 89,7 | 900 | 2600 | 1600 | 50 | 50 | 55 | 55 | 56 | 53 |
| 0,0013 | 0,0030 | 0,006 | 90 | 90,2 | 89,7 | 900 | 2000 | 1200 | 49 | 53 | 55 | 49 | 56 | 52,1 |
| 0,0013 | TTD | 0,003 | 88 | 90,7 | 90 | 900 | 3000 | 500 | 49 | 56 | 50 | 49 | 54 | 52,6 |

Sumber: KLH, 2007

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas bahan bakar di Indonesia, diketahui bahwa usaha Pertamina untuk memproduksi bensin bebas Pb belum maksimal, terbukti

masih adanya kandungan logam Pb pada tahun 2007 meskipun konsentrasinya masih di bawah spesifikasi *Gasoline* yang dikeluarkan oleh Dirjen Migas (Lampiran C). Walaupun slogan bensin bebas Pb sudah digaungkan sejak tahun 2003 tapi realisasinya tidaklah mudah, karena keterbatasan anggaran dan teknologi yang dimiliki oleh Pertamina.

Sebelum dilakukan program bensin bebas timbal, Pb dicampurkan ke dalam bensin dengan konsentrasi 2,4 g/galon. Di Indonesia setiap liter bensin yang dijual dengan nilai oktana 87 dan bensin super dengan nilai oktana 98 mengandung 0,70-0,84 gram senyawaan tetra-etil dan tetra-metil. Ini berarti senyawa Pb yang diemisikan ke udara untuk setiap liter bensin yang dimanfaatkan sebesar 0,56-0,63 gram.

Nilai RON menyatakan ukuran bahan bakar terhadap ketahanan detonasi yang mempunyai nilai minimum 87,90 dan maksimum 91,7. Hasil pemantauan nilai RON dalam bensin memenuhi spesifikasi *Gasoline*. Makin tinggi Rvp atau makin rendah titik didih awal sampai titik didih 30% penguapan dari *ASTM distillation* maka makin tinggi tingkat penguapannya, sehingga mesin lebih cepat panas.

Stabilitas kimia bensin saat ini pada umumnya makin rendah sehingga perlu penyesuaian terhadap naiknya *compression ratio* dari mesin-mesin generasi baru serta program global menurunkan/menghapuskan TEL. Untuk memenuhi nilai oktan maka kilang menggunakan HOMO (*High Octane Mogas Component*) yang mempunyai kadar *olefins* dan *heavy aromatic* yang tinggi. Jenis Hidrokarbon tersebut sering disebut oktana yang kotor terhadap mesin maupun lingkungan. Senyawa-senyawa tersebut mempunyai ikatan karbon tak jenuh yang sangat reaktif. Hasil reaksi oksidasi dan polimerisasi dari senyawa tersebut adalah *gum* (getah). Endapan getah menjadi deposit yang mengotori karburator, *injector* serta *intake manifold*. Lapisan kerak yang melekat pada *intake valve* tersebut akan menaikkan *compression ratio* dan suhu bakar serta meningkatkan emisi gas buang beracun dari kendaraan bermotor sebagai reaksi pembakaran tidak sempurna.

Kandungan sulfur dalam bahan bakar solar masih tinggi walaupun masuk dalam spesifikasi bahan bakar diesel yaitu dibawah 3500 ppm, karena keberadaan sulfur

dalam bahan bakar akan mempengaruhi emisi partikulat dan SO₂ dari kendaraan bermotor. Angka Setana menurunkan *crank time* (waktu sebelum mesin mencapai *starter off*) pada suatu kecepatan mesin tertentu pada setiap kenaikan angka Setana dari 50-58. Semakin tinggi angka Setana maka kinerja mesin akan semakin baik, dan semakin rendah emisi NO_x khususnya pada beban rendah dan akan menurunkan emisi HC sebanyak 30-40% dari kendaraan bermotor. Pada penelitian ini, jenis BBM yang dikonsumsi oleh sampel kendaraan bermotor adalah bensin, dan kualitas BBM yang dijual oleh SPBU Pertamina adalah sebagai berikut:

Tabel 26. Kualitas Bahan Bakar Minyak

| Lead, Pb (g/l) | | RON | | Sulfur (ppm) | | Densitas (g/l) | |
|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|
| Hasil pengukuran | Standar | Hasil pengukuran | Standar | Hasil pengukuran | Standar | Hasil pengukuran | Standar |
| 0,0044 | 0,013 | 89,5 | 88 | 500 | 500 | 715 | 715 |

Sumber: KLH, 2007

Data kualitas BBM pada Tabel 26 adalah rata-rata dari kualitas BBM di wilayah Jabodetabek, karena mengingat bahwa banyak penduduk dari kota satelit (Bogor, Depok, Bekasi dan Tangerang) yang bekerja di Jakarta. Pihak Pertamina sudah memproduksi BBM bebas Pb yaitu *pertamax*, *pertamax plus* dan bensin (pada Tabel 26 masih terdapat kandungan Pb dalam konsentrasi rendah). Kandungan Sulfur dalam bensin sudah jauh berkurang yaitu 500 ppm, tetapi bahan bakar yang dipersyaratkan untuk kendaraan bermotor yang menggunakan alat kontrol emisi (*Catalytic Converter* ataupun TWC) adalah BBM yang kandungan sulfurnya maksimal 300 ppm dan bebas Pb, sehingga *Catalytic Converter* dan TWC dapat berfungsi secara optimal dan tidak mudah rusak, karena bila bekerja tidak optimal maka akan menjadi sumber pencemar emisi yang lebih besar dari kendaraan yang tidak menggunakan alat kontrol emisi.

Perlu dilakukan pengawasan terhadap kualitas bahan bakar secara berkala oleh seluruh stakeholder terkait baik pemerintah pusat dan daerah, kalangan asosiasi otomotif, universitas dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), seperti yang telah dilakukan oleh KLH bekerja sama dengan Komisi Penghapusan Bensin Bertimbel (KPBB) agar cukup tersedia bahan bakar yang memenuhi syarat bagi unjuk kinerja mesin kendaraan dan upaya menekan emisi kendaraan bermotor.

5.1.5 Perhitungan Faktor Emisi

a. Perhitungan Faktor Emisi berdasarkan kualitas BBM;

Berdasarkan perhitungan faktor emisi dengan menggunakan rumus (7) dan (8) didapatkan hasil faktor emisi dari tiap kendaraan bermotor, pada tabel berikut ini;

Tabel 27. Faktor Emisi Berdasarkan Kualitas Bahan Bakar Minyak

| No | Merek | FE SO ₂ (g/km) | FE Pb (g/km) ^a | FE Pb (g/km) ^b |
|----|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Honda City | 0,065 | 0,0003 | 1,3x10 ⁻⁶ |
| 2 | Toyota Innova | 0,079 | 0,0003 | 1,5x10 ⁻⁶ |
| 3 | Toyota Kijang Kapsul | 0,079 | 0,0003 | 1,5x10 ⁻⁶ |
| 4 | Daihatsu Xenia Xi | 0,055 | 0,0002 | 1,1x10 ⁻⁶ |
| 5 | Daihatsu Xenia Xi | 0,055 | 0,0002 | 1,1x10 ⁻⁶ |
| 6 | Toyota Vios | 0,055 | 0,0002 | 1,1x10 ⁻⁶ |
| 7 | Hyundai Avega GL | 0,055 | 0,0002 | 1,1x10 ⁻⁶ |
| 8 | Suzuki APV Arena GL | 0,065 | 0,0003 | 1,3x10 ⁻⁶ |
| 9 | Suzuki Karimun Estillo | 0,048 | 0,0002 | 9,3x10 ⁻⁷ |

Catatan:

a = bensin sebelum program bensin bebas timbal, jumlah Pb dalam bensin yang teremisikan ke udara = 0,77 (NPI, 2000)

b = bensin sesuai tabel 26, jumlah Pb yang teremisikan ke udara diperkirakan = 0,003

Dari Tabel 27 diketahui bahwa besarnya nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor berdasarkan perhitungan rumus (7) dan (8) dipengaruhi oleh kapasitas kendaraan (cc), teknologi yang digunakan dan konsumsi bahan bakar. Semakin besar kapasitas kendaraan maka semakin besar konsumsi bahan bakar yang digunakan sehingga faktor emisinya juga semakin besar. Semakin tinggi teknologi yang digunakan, maka penggunaan bahan bakar dapat dihemat. Contohnya dengan penggunaan sistem pembakaran EFI dan MPI (*multi-point injection*). MPI atau EFI bekerja secara komputarisasi dalam mengatur campuran bahan bakar dengan udara atas informasi dari beberapa sensor, mengatur saat pembakaran (*ignition timing*) dan tepat di setiap RPM (putaran mesin per menit). Kendaraan yang menggunakan mesin EFI juga mampu mengoreksi emisi gas buang dengan perangkat EGR (*Exhaust Gas Recyrclating*).

Umur kendaraan mempengaruhi kinerja mesin yang berdampak pula pada konsumsi BBM. Tetapi hal ini dapat dihindari dengan perawatan dan pemeriksaan

kendaraan secara rutin. Dari perhitungan di atas diketahui nilai faktor emisi SO₂ dan Pb terbesar dari sampel kendaraan diemisikan oleh kendaraan dengan kapasitas paling besar 1800-2000 cc yaitu merek Toyota dengan tipe Innova dan kijang kapsul, sebesar 0,079 g SO₂/km dan 1,5x10⁻⁶ g Pb/km. Meskipun Toyota Innova lebih besar kapasitasnya tapi karena konsumsi bahan bakarnya sama besar maka nilai faktor emisinya sama.

b. Faktor Emisi Berdasarkan Referensi Standar Internasional.

Tidak semua nilai faktor emisi polutan dari kendaraan bermotor dapat dihitung berdasarkan rumus perhitungan sederhana seperti pada SO₂ dan Pb, karena polutan-polutan tersebut diemisikan sebagai hasil reaksi kompleks pada sistem pembakaran, teknologi dan alat kontrol emisi yang digunakan. Contohnya emisi pembakaran dari CH₄ dan N₂O merupakan fungsi dari aspek kompleks dinamika pembakaran (seperti temperatur, tekanan dan rasio udara-bahan bakar) dan jenis dari sistem kontrol emisi yang digunakan, oleh sebab itu tidak dapat diturunkan dari satu atau dua karakteristik dasar dari bahan bakar. Sebagai gantinya harus mengandalkan pengukuran emisi dari tiap pembakaran bahan bakar, teknologi yang digunakan, kondisi pembakaran dan sistem kontrol emisi. Pada penelitian ini untuk emisi polutan-polutan tersebut dilakukan dengan mengambil acuan dari referensi Internasional.

Tabel 28. Faktor Emisi Kendaraan Bermotor Jenis Mobil Penumpang dari Referensi Standar Internasional

| Jenis Polutan | IPCC (g/km) | CPCB (g/km) |
|------------------|----------------|--------------------|
| CO ₂ | 200 | 223,6 ^a |
| CO | 19 | 1,98 |
| NO _x | 2,3 | 0,2 |
| N ₂ O | 0,005 | - |
| CH ₄ | 0,07 | 0,17 ^b |
| SO ₂ | - | 0,053 ^c |
| PM ₁₀ | - | 0,03 |

Keterangan:

a : Mithal&Sharma, 2003 dalam CPCB, 2007

b : EEA, 2001 dalam CPCB, 2007

c : Kandikan&Ramachandran, 2000 dalam CPCB, 2007

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tahun 1996, mengeluarkan nilai faktor emisi yang banyak diadopsi oleh negara-negara berkembang dan nilai faktor emisinya didasarkan pada klasifikasi kesamaan jenis kendaraannya (mobil berpenumpang), jenis bahan bakar yang digunakan (bensin), dan teknologi kontrol emisi yang digunakan (*non-catalyst*). Umur kendaraan, kualitas bahan bakar dan kapasitas kendaraan tidak diperhitungkan, sehingga emisi tiap polutan yang diemisikan oleh semua sampel kendaraan adalah sama. Nilai faktor emisi terbesar adalah CO_2 dan yang terendah adalah CH_4 .

Central Pollution Control Board (CPCB) pada tahun 2007 mengeluarkan nilai faktor emisi yang dikelompokkan atas sembilan jenis kendaraan yang dibedakan dari berat kendaraan dan jenis bahan bakarnya, sedangkan teknologi yang digunakan seperti sistem pembakaran dan alat kontrol emisi, tidak diperhitungkan.

Dalam menentukan nilai faktor emisi dari acuan mana yang akan dipakai, maka peneliti lebih menitik beratkan dari kesamaan jenis kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan, karena meskipun teknologi pada sampel kendaraan (Tabel 23) semua menggunakan EFI dan tidak menggunakan alat kontrol emisi (*Catalytic Converter* atau TWC) tetapi kandungan Sulfur yang tinggi dalam BBM dan tingkat perawatan dan pemeriksaan yang rendah dapat membuat jumlah emisi polutan besar, maka dengan pertimbangan tersebut acuan yang digunakan adalah dari IPCC (polutan CO_2 , CO , NO_x dan N_2O) dan CPCB (polutan CH_4 dan PM_{10}).

Berikut di bawah ini adalah hasil nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor berdasarkan jenis kendaraan pada Tabel 23 yang dipengaruhi oleh jenis kendaraan, jenis bahan bakar, dan tidak menggunakan alat kontrol emisi.

Tabel 29. Nilai Faktor Emisi dari Kendaraan Bermotor

| Jenis kendaraan | Nilai Faktor Emisi (g/km) | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|----|------------------|-----------------|------------------|
| | SO ₂ | Pb | NO _x | CO ₂ | CO | N ₂ O | CH ₄ | PM ₁₀ |
| Honda City | 0,065 | 1,3x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Toyota Innova | 0,079 | 1,5x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Toyota Kijang Kapsul | 0,079 | 1,5x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Daihatsu Xenia Xi | 0,055 | 1,1x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Daihatsu Xenia Xi | 0,055 | 1,1x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Toyota Vios | 0,055 | 1,1x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Hyundai Avega GL | 0,055 | 1,1x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Suzuki APV Arena SGX | 0,065 | 1,3x10 ⁻⁶ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |
| Suzuki Karimun Estillo | 0,048 | 9,3x10 ⁻⁷ | 2,3 | 200 | 19 | 0,005 | 0,07 | 0,03 |

c. Faktor Emisi berdasarkan Kecepatan Kendaraan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan rumus MKJI, maka didapatkan kecepatan kendaraan yang berbeda dari ruas jalan Jenderal Sudirman pada waktu pagi, siang, sore dan malam hari pada hari kerja dan libur. Berikut nilai faktor emisi berdasarkan kecepatan kendaraan;

Tabel 30. Faktor Emisi dari Jenis Mobil Penumpang Berdasarkan Kecepatan

| Waktu | Kecepatan Rata-rata (km/jam) | Faktor Emisi (g/km) | | | | |
|-------------------|------------------------------|---------------------|------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | CO | HC | NO _x | SO ₂ | PM ₁₀ |
| Hari Libur | | | | | | |
| Pagi | 41,5 | 10,45 | 1,50 | 2,22 | 0,08 | 0,16 |
| Siang | 32,2 | 13,42 | 1,84 | 2,25 | 0,10 | 0,16 |
| Sore | 33,8 | 13,42 | 1,84 | 2,25 | 0,10 | 0,16 |
| Malam | 40,2 | 10,45 | 1,50 | 2,22 | 0,08 | 0,16 |
| Hari Kerja | | | | | | |
| Pagi | 25,3 | 13,42 | 1,84 | 2,25 | 0,10 | 0,16 |
| Siang | 33,6 | 13,42 | 1,84 | 2,25 | 0,10 | 0,16 |
| Sore | 31,35 | 13,42 | 1,84 | 2,25 | 0,10 | 0,16 |
| Malam | 40,45 | 10,45 | 1,50 | 2,22 | 0,08 | 0,16 |

Sumber: JICA dan BAPEDAL, 1997

Tabel 31. Faktor Emisi dari Jenis Sepeda Motor Berdasarkan Kecepatan

| Waktu | Kecepatan Rata-rata (km/jam) | Faktor Emisi (g/km) | | | | |
|-------------------|------------------------------|---------------------|------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | CO | HC | NO _x | SO ₂ | PM ₁₀ |
| Hari Libur | | | | | | |
| Pagi | 41,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 |
| Siang | 32,2 | 11,06 | 3,30 | 0,1 | 0,01 | 0,01 |
| Sore | 33,8 | 11,06 | 3,30 | 0,1 | 0,01 | 0,01 |
| Malam | 40,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 |
| Hari Kerja | | | | | | |
| Pagi | 25,3 | 11,06 | 3,30 | 0,1 | 0,01 | 0,01 |
| Siang | 33,6 | 11,06 | 3,30 | 0,1 | 0,01 | 0,01 |
| Sore | 31,35 | 11,06 | 3,30 | 0,1 | 0,01 | 0,01 |
| Malam | 40,45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 |

Sumber: JICA dan BAPEDAL, 1997

Tabel 30 dan 31 adalah nilai faktor emisi berdasarkan kecepatan kendaraan yang melintas di jalan Jenderal Sudirman, dengan tidak memperhitungkan kualitas bahan bakar yang digunakan maupun teknologi dari kendaraan bermotornya, hanya dibedakan berdasarkan jenis dan berat kendaraan, yaitu, sepeda motor, mobil penumpang, taksi, mikrobus, bis, van, *pick-up*, truk 2-as dan truk 3-as (Lampiran E). Perhitungan faktor emisi pada Tabel 30 dan 31 dapat digunakan untuk menghitung beban pencemaran emisi dari jalan raya sesuai dengan kondisi lalu lintas yaitu dalam keadaan padat, lancar dan lengang. Dalam penelitian ini kendaraan jenis taksi dimasukkan ke dalam jenis kendaraan berpenumpang karena kondisi kendaraan taksi di DKI Jakarta tidak jauh berbeda dengan kendaraan berpenumpang.

Dari hasil perhitungan faktor emisi tiap polutan, didapatkan data yang berbeda-beda, tergantung pada acuan standar yang digunakan. Semua acuan standar tersebut mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing. Dengan menghitung nilai faktor emisi dari kualitas bahan bakar dan kecepatan kendaraan di atas diharapkan dapat mendekati nilai faktor emisi kendaraan bermotor sesuai dengan kondisi di jalan Jenderal Sudirman yang sesungguhnya.

5.2 Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor

a. Beban Pencemaran Emisi Berdasarkan Metode Pendekatan Panjang Perjalanan
Perhitungan nilai beban pencemaran emisi kendaraan dilakukan berdasarkan metode pendekatan panjang perjalanan kendaraan bermotor rumus (10). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 32 berikut ini;

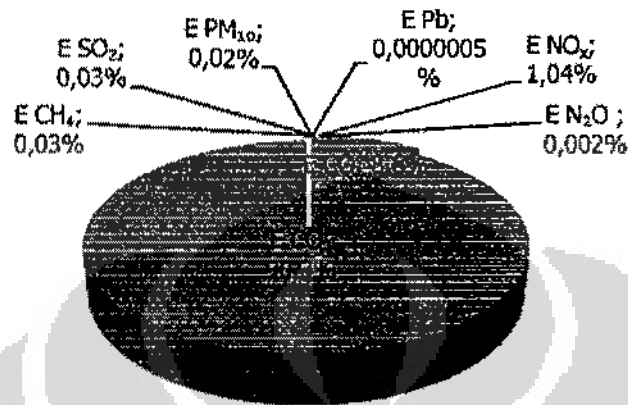
Tabel 32. Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor Untuk Polutan SO_2 , Pb, NO_x , N_2O , CO, CO_2 , CH_4 dan PM_{10}

| Tipe | E SO_2 ton/thn | E Pb ton/thn | E NO_x ton/thn | E N_2O ton/thn | E CO ton/thn | E CO_2 ton/thn | E CH_4 ton/thn | E PM_{10} ton/thn |
|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| Honda City | 0,0071 | $1,38 \times 10^{-7}$ | 0,252 | $5,49 \times 10^{-4}$ | 2,085 | 21,94 | $7,68 \times 10^{-3}$ | 0,003 |
| Toyota Innova | 0,0025 | $4,82 \times 10^{-8}$ | 0,072 | $1,57 \times 10^{-4}$ | 0,596 | 6,268 | $2,19 \times 10^{-3}$ | 0,001 |
| Kijang Kapsul | 0,0031 | $5,95 \times 10^{-8}$ | 0,089 | $1,94 \times 10^{-4}$ | 0,736 | 7,743 | $2,71 \times 10^{-3}$ | 0,001 |
| Xenia Xi | 0,0043 | $8,32 \times 10^{-8}$ | 0,180 | $3,90 \times 10^{-4}$ | 1,483 | 15,61 | $5,46 \times 10^{-3}$ | 0,002 |
| Xenia Xi | 0,0021 | $4,10 \times 10^{-8}$ | 0,088 | $1,92 \times 10^{-4}$ | 0,730 | 7,688 | $2,69 \times 10^{-3}$ | 0,001 |
| Toyota Vios | 0,0203 | $3,93 \times 10^{-7}$ | 0,848 | $1,84 \times 10^{-4}$ | 7,008 | 73,77 | 0,026 | 0,011 |
| Avega GL | 0,0013 | $2,43 \times 10^{-8}$ | 0,052 | $1,14 \times 10^{-4}$ | 0,433 | 4,560 | $1,60 \times 10^{-3}$ | 0,001 |
| APV Arena | 0,0033 | $6,39 \times 10^{-8}$ | 0,117 | $2,54 \times 10^{-4}$ | 0,964 | 10,15 | $3,55 \times 10^{-3}$ | 0,002 |
| Karimun Estile | 0,0027 | $5,15 \times 10^{-8}$ | 0,128 | $2,78 \times 10^{-4}$ | 1,056 | 11,12 | $3,89 \times 10^{-3}$ | 0,002 |
| Jumlah | 0,0466 | $9,03 \times 10^{-7}$ | 1,826 | 0,003 | 15,09 | 158,8 | 0,058 | 0,024 |

Pada Tabel 32, nilai beban pencemaran emisi untuk tiap polutan didapatkan dari perkalian nilai faktor emisi tiap polutan dengan panjang perjalanan atau jarak tempuh kendaraan per-tahun. Semakin panjang perjalanan yang ditempuh maka semakin besar nilai beban pencemaran emisinya. Nilai beban pencemaran emisi terbesar untuk semua polutan diemisikan oleh kendaraan dengan jarak tempuh 368861 km/tahun yaitu merek Toyota Vios dan yang terendah dengan jarak tempuh 22800 km/tahun diemisikan oleh kendaraan merek Hyundai Avega GL (Tabel 32). Polutan dengan nilai beban pencemaran emisi terbesar dari kendaraan bermotor pada Tabel 23 adalah polutan CO_2 (90%), dan yang terendah adalah polutan Pb (0,0001%) dari semua nilai beban pencemaran emisi. Total emisi dari polutan CO_2 yaitu sebesar 158,8 ton/tahun, CO 15,09 ton/tahun dan NO_x 1,826 ton/tahun, CH_4 0,058 ton/tahun, SO_2 0,047 ton/tahun, N_2O 0,003 ton/tahun, PM_{10} 0,024 ton/tahun dan Pb $9,03 \times 10^{-7}$ ton/tahun.

Tabel 33. Persentase Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor dari Tiap Polutan

| E SO ₂ | E Pb | E NO _x | E N ₂ O | E CO | E CO ₂ | E CH ₄ | PM ₁₀ |
|-------------------|-----------|-------------------|--------------------|-------|-------------------|-------------------|------------------|
| 0,03% | 0,000001% | 1,04% | 0,002% | 8,58% | 90,3% | 0,03% | 0,01% |



Gambar 17. Grafik Persentase Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor dari Tiap Polutan

Dapat dilihat pada Tabel 33 dan Gambar 17 di atas polutan tertinggi dari emisi kendaraan bermotor adalah CO₂, yaitu 90,3%, dan emisi kedua terbesar adalah CO yaitu 8,6%. Polutan CO terbentuk dari sistem pembakaran kendaraan bermotor, yaitu pencampuran bahan bakar yang terlalu kaya dalam arti komposisi bahan bakar lebih banyak dan udara lebih sedikit. Posisi CO sebagai polutan terbesar kedua menginformasikan adanya ketidaksempurnaan dalam pembakaran bahan bakar dengan udara dari kendaraan bermotor, dan ini sangat dipengaruhi oleh kinerja mesin, teknologi yang digunakan dan perawatan kendaraan.

Persentase beban pencemaran emisi polutan NO_x sebesar 1,04%. Tingginya polutan NO_x menginformasikan adanya temperatur yang tinggi pada mesin kendaraan. Namun hal ini dapat dihindarkan dengan pengendalian emisi NO_x dari kendaraan yaitu dengan memasang *Catalytic Converter* atau TWC disertai dengan perawatan dan pemeriksaan yang rutin.

b. Nilai Beban Pencemaran Emisi Berdasarkan Kecepatan Kendaraan

Nilai beban pencemaran emisi berdasarkan faktor emisi dari kecepatan kendaraan bermotor adalah sebagai berikut:

Tabel 34. Nilai Beban Pencemaran Emisi Jenis Kendaraan Mobil Penumpang Berdasarkan Nilai Faktor Emisi dari Kecepatan Kendaraan

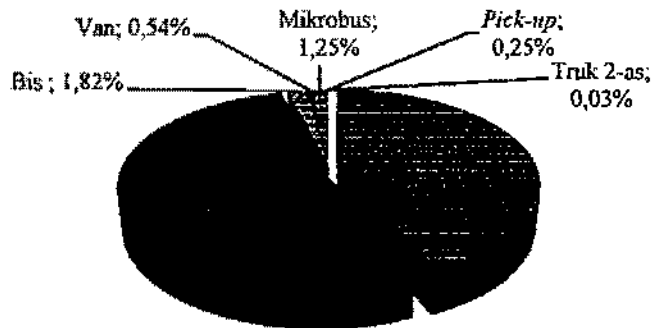
| Waktu | Jarak tempuh (Km) | Jumlah kendaraan Mobil Penumpang | Beban Pencemar Emisi (ton/hari) | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | | CO | HC | NO _x | SO ₂ | PM ₁₀ |
| Hari Libur | | | | | | | |
| Pagi | 1,053 | 1559 | 0,0172 | 0,0025 | 0,0036 | 0,0001 | 0,0003 |
| Siang | 1,053 | 6590 | 0,0931 | 0,0128 | 0,0156 | 0,0007 | 0,0011 |
| Sore | 1,053 | 6467 | 0,0914 | 0,0125 | 0,0153 | 0,0007 | 0,0011 |
| Malam | 1,053 | 2642 | 0,0291 | 0,0042 | 0,0062 | 0,0002 | 0,0005 |
| Hari Kerja | | | | | | | |
| Pagi | 1,053 | 7335 | 0,1037 | 0,0142 | 0,0174 | 0,0008 | 0,0012 |
| Siang | 1,053 | 6360 | 0,0899 | 0,0123 | 0,0151 | 0,0007 | 0,0011 |
| Sore | 1,053 | 6476 | 0,0915 | 0,0125 | 0,0153 | 0,0007 | 0,0011 |
| Malam | 1,053 | 2681 | 0,0295 | 0,0042 | 0,0063 | 0,0002 | 0,0005 |

Tabel 35. Nilai Beban Pencemaran Emisi dari Jenis Kendaraan Sepeda Motor Berdasarkan Nilai Faktor Emisi dari Kecepatan Kendaraan

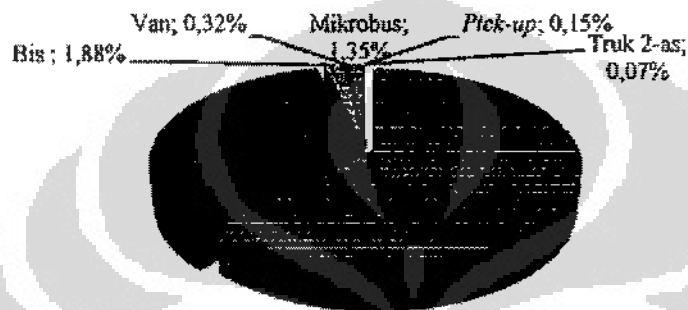
| Waktu | Jarak tempuh (Km) | Jumlah kendaraan Sepeda Motor | Beban Pencemar Emisi (ton/hari) | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|----------------------|----------------------|
| | | | CO | HC | NO _x | SO ₂ | PM ₁₀ |
| Hari Libur | | | | | | | |
| Pagi | 1,053 | 2621 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,6x10 ⁻⁵ |
| Siang | 1,053 | 6521 | 0,0721 | 0,0215 | 0,0007 | 6,5x10 ⁻⁵ | 6,5x10 ⁻⁵ |
| Sore | 1,053 | 3462 | 0,0382 | 0,0114 | 0,0004 | 3,5x10 ⁻⁵ | 3,5x10 ⁻⁵ |
| Malam | 1,053 | 2198 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,2x10 ⁻⁵ |
| Hari Kerja | | | | | | | |
| Pagi | 1,053 | 11003 | 0,1217 | 0,0363 | 0,0011 | 1,1x10 ⁻⁴ | 1,1x10 ⁻⁴ |
| Siang | 1,053 | 4623 | 0,0511 | 0,0153 | 0,0005 | 4,6x10 ⁻⁵ | 4,6x10 ⁻⁵ |
| Sore | 1,053 | 8007 | 0,0886 | 0,0264 | 0,0008 | 8,0x10 ⁻⁵ | 8,0x10 ⁻⁵ |
| Malam | 1,053 | 1820 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,8x10 ⁻⁵ |

Nilai beban pencemaran emisi yang ditampilkan pada Tabel 34 dan 35 adalah dari jenis mobil penumpang dan sepeda motor, sedangkan untuk jenis kendaraan yang lain dapat dilihat pada Lampiran F. Dari Tabel 34 dan 35 di atas diketahui berdasarkan kecepatan kendaraan dan volume kendaraan yang melewati jalan Jenderal Sudirman nilai beban pencemaran emisi polutan CO lebih besar dari polutan yang lain.

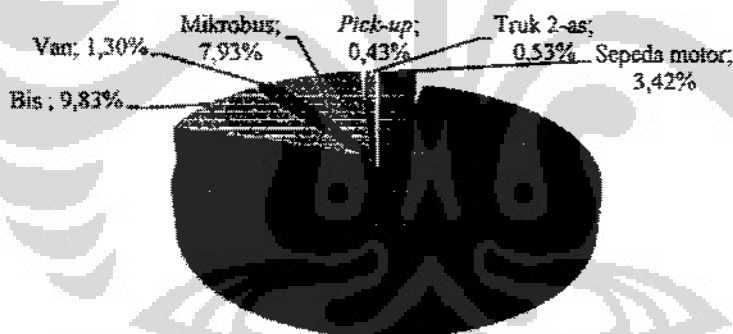
Berdasarkan hasil perhitungan beban emisi dari tiap polutan pada berdasarkan kecepatan kendaraan di atas, dapat dilihat persentase beban pencemaran emisi dari tiap jenis kendaraan dalam satu tahun adalah sebagai berikut;



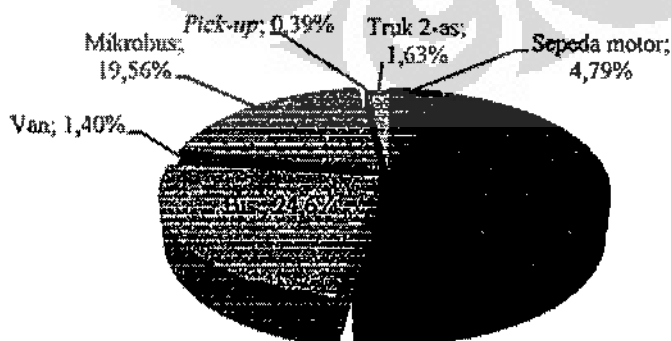
Gambar 18. Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan CO dari Tiap Jenis Kendaraan



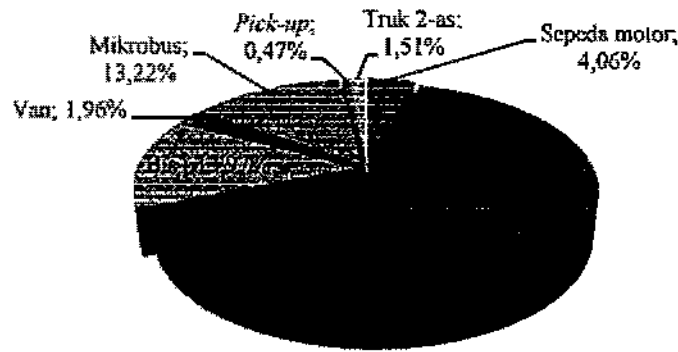
Gambar 19. Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan HC dari Tiap Jenis Kendaraan



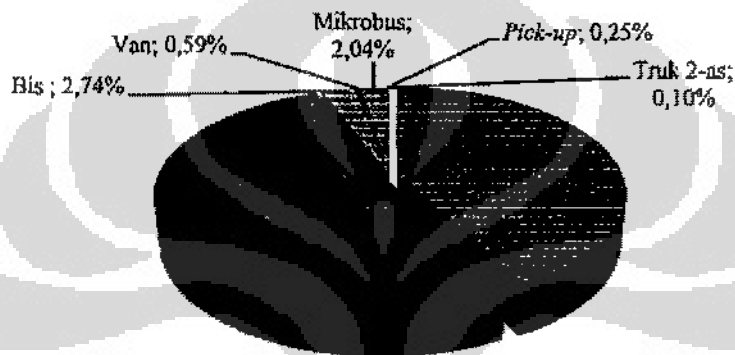
Gambar 20. Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan NO_x dari Tiap Jenis Kendaraan



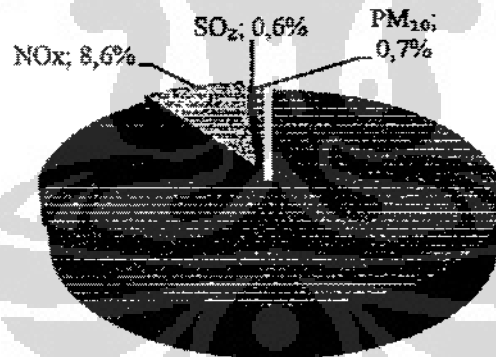
Gambar 21. Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan SO₂ dari Tiap Jenis Kendaraan



Gambar 22. Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan PM_{10} dari Tiap Jenis Kendaraan



Gambar 23. Grafik Persentase Tiap Jenis Kendaraan Terhadap Nilai Beban Pencemaran Emisi



Gambar 24. Grafik Persentase Beban Pencemaran Emisi Polutan dari Semua Jenis Kendaraan Bermotor di Ruas Jalan Jenderal Sudirman

Dari Gambar 23 di atas dapat diketahui bahwa nilai beban pencemaran emisi terbesar adalah dari jenis mobil berpenumpang sebesar 51,9% untuk polutan utama CO (52,6%), NO_x (76,6%), SO_2 (47,7%) dan PM_{10} (64,8%) (Gambar 18, 19, 21, 22). Nilai beban pencemaran emisi terbesar kedua adalah sepeda motor sebesar 42,4% dengan polutan utama HC (61,9%) (Gambar 19).

Pada Gambar 24 persentase nilai beban pencemaran emisi terbesar dari semua jenis kendaraan bermotor yang lewat di ruas jalan Jenderal Sudirman adalah polutan CO (74,5%) dan yang terendah adalah polutan SO₂ (0,6%). Kondisi lalu lintas dan pola mengemudi menjadi indikator utama dalam tingginya jumlah polutan yang diemisikan oleh kendaraan bermotor. Pada Tabel 8 di Bab 2 diketahui bahwa kendaraan dalam kondisi idling mengemisikan CO dan HC dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dalam kondisi jelajah, percepatan dan perlambatan. Sehingga kondisi lalu lintas padat dengan kemacetan total dan kendaraan yang berhenti lama tanpa mematikan mesinnya dapat meningkatkan emisi polutan CO dan HC ke udara. Polutan NO diemisikan dalam jumlah besar dalam kondisi percepatan dan jelajah.

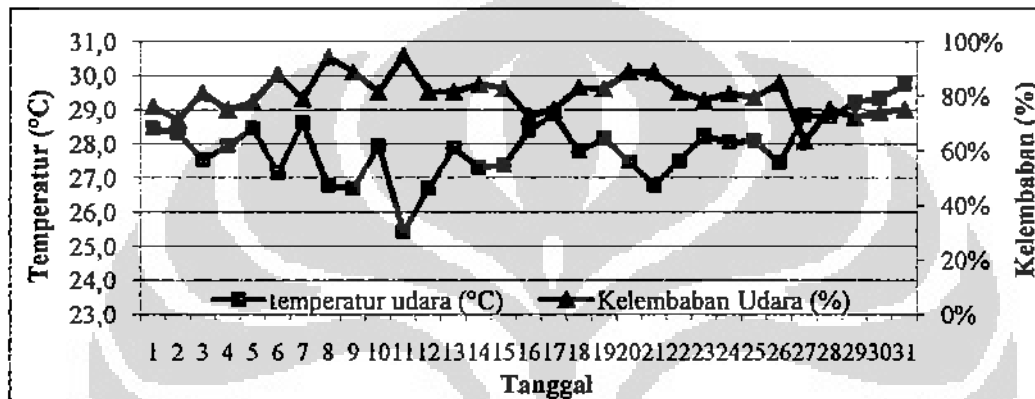
Polutan SO₂ dan PM₁₀ dipengaruhi oleh kandungan sulfur dalam BBM, tingginya kandungan sulfur dalam BBM meningkatkan polutan SO₂ dan PM₁₀ yang diemisikan dari gas buang kendaraan bermotor. Dari berbagai studi yang telah dilakukan diketahui bahwa pengaruh kandungan sulfur dalam BBM terhadap emisi partikulat sangat signifikan, dimana penurunan kandungan Sulfur 500 ppm menjadi 30 ppm akan mereduksi emisi PM sebanyak 7%. Bahkan kendaraan dengan TWC akan mengemisikan polutan NO₂ yang lebih besar bila menggunakan bahan bakar yang mengandung kadar sulfur tinggi dibandingkan dengan kendaraan yang tidak menggunakan TWC. Pemakaian AC pada suhu rendah (22°C) lebih banyak mengemisikan polutan dibandingkan dengan pemakaian AC pada suhu 28°C.

Pada hari kerja kepadatan volume kendaraan yang terjadi waktu pagi hari mengakibatkan kecepatan kendaraan di ruas jalan Jenderal Sudirman rendah (25 Km/jam), sehingga membuat emisi dari polutan CO dan HC tinggi dan dapat menurunkan kualitas udara di Jakarta. Dalam jangka waktu tertentu konsentrasi polutan tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi penduduk di Jakarta dan sekitarnya serta kerusakan lingkungan.

5.3 Kondisi Udara Ambien Dengan Volume Kendaraan dan Variasi Jumlah Perjalanan Dalam Satu Hari

5.3.1 Kondisi Udara Ambien di Jalan Jenderal Sudirman

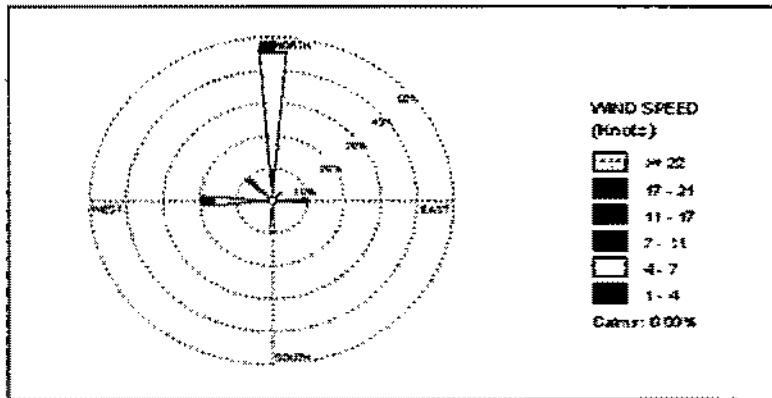
Kondisi udara ambien dipengaruhi oleh kondisi meteorologi, lalu lintas dan geografis wilayah. Kondisi temperatur dan kelembaban udara di stasiun pemantauan kualitas udara JAF5 pada bulan Mei 2009 dapat dilihat pada gambar berikut ini;



Gambar 25. Grafik Kondisi Temperatur dan Kelembaban Udara Bulan Mei 2009 (Sumber: Laporan Bulanan Stasiun JAF5 AQMS)

Dari Gambar 25 di atas diketahui bahwa selama bulan Mei kondisi udara di wilayah jalan Jenderal Sudirman adalah sebagai berikut temperatur udara rata-rata 27,92°C (temperatur maksimum 34,92°C dan minimum 25,45°C) dan kelembaban rata-rata 80,61% (kelembaban maksimum 95,14% dan minimum 63,58%). Pada saat pengambilan data pengamatan volume kendaraan pada hari libur (Minggu) dan hari kerja (kamis) temperatur udara sekitar 27,63°C dengan kelembaban 85%, sedangkan pada hari kerja (senin) temperatur lebih rendah yaitu 25,45°C dengan kelembaban cukup tinggi yaitu 95,14%.

Kecepatan angin rata-rata terbanyak yang terjadi pada bulan Mei 2009 sebesar 4-11 knots (1 knots= 1,853 km/jam) dengan arah terbanyak berasal dari arah utara. Berikut gambar *windrose* DKI Jakarta yang dikompilasi oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG);



Gambar 26. *Windrose* Bulan Mei 2009

(sumber: Stasiun Klimatologi Pondok Betung, 2009)

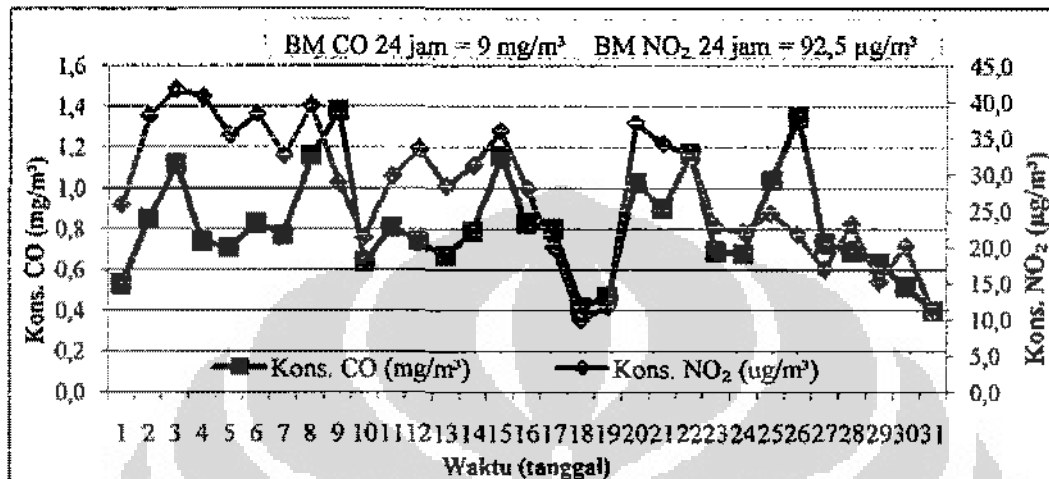
Pada Gambar 26 diketahui bahwa arah angin dominan dari utara dengan kecepatan rata-rata 4-7 knots. Kondisi angin dapat mempengaruhi konsentrasi polutan di udara ambien, karena angin dapat menyebarkan polutan ke suatu daerah tertentu, tapi semua itu tergantung pada kondisi geografis suatu daerah. Bila merupakan lembah kemungkinan besar polutan tidak dapat keluar dengan kata lain terperangkap di daerah tersebut, tapi bila merupakan wilayah dengan daratan luas ataupun semak-semak, dapat membuat udara mengalir dengan bebas sehingga polutan dapat tersebar dan berpindah. Dengan kondisi wilayah JAF5 yang merupakan tata ruang komersil dan perumahan, dengan banyaknya bangunan tinggi, maka polutan dapat menyebar dan konsentrasi polutan dapat berubah dengan cepat.

Curah hujan di Jakarta pada bulan Mei adalah 201-300 mm, dan termasuk kategori hujan normal, namun kondisi Jakarta yang merupakan dataran rendah, saluran pembuangan air yang kurang lancar dan minimnya daerah resapan air, membuat banyak genangan air di tepi jalan (sisi sebelah kiri). Hal ini membuat kendaraan memperlambat kecepatannya sehingga menimbulkan kemacetan. Kondisi seperti itu membuat polutan yang diemisikan oleh kendaraan bermotor semakin besar.

Kualitas udara ambien pada saat pengamatan volume kendaraan diambil dari data ISPU yang terletak di daerah Senayan Sport (JAF5), tetapi parameter yang terukur pada saat itu adalah parameter CO, NO₂, NO dan NO_x. Hal ini disebabkan alat

untuk analizer SO_2 , PM_{10} dan O_3 tidak berfungsi sejak Januari 2009. Pengukuran dari alat AQMS dilakukan setiap 30 menit kontinyu selama 24 jam.

Konsentrasi polutan CO dan NO_2 dalam udara ambien pada saat pengamatan volume kendaraan adalah sebagai berikut;



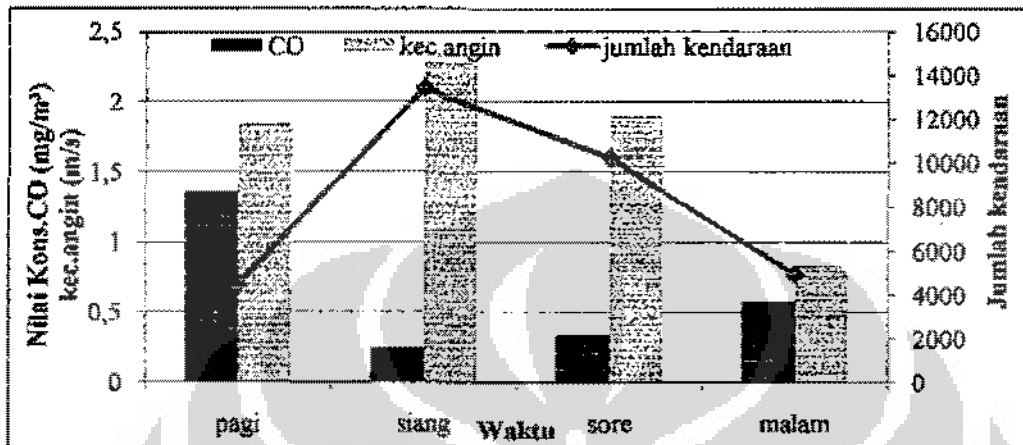
Gambar 27. Grafik Konsentrasi Polutan CO dan NO_2 pada Bulan Mei 2009

(Sumber: diolah dari data Laporan Bulanan Stasiun JAF5 AQMS)

Pada Gambar 27 diketahui konsentrasi rata-rata polutan CO pada bulan Mei adalah $0,81 \text{ mg/m}^3$ dan NO_2 adalah $27,59 \text{ µg/m}^3$ masih berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan (Kep.Gub No.551 tahun 2001). Perhitungan ISPU dengan rumus (12) untuk polutan CO (ISPU pada hari Minggu 1,25; Senin 1,552; dan Kamis 1,542) dan NO_2 (ISPU pada hari Minggu 1,89; Senin 2,59; dan Kamis 2,72) masuk ke dalam rentang 0-50 dan termasuk kategori baik (berdasarkan Keputusan Kepala BAPEDAL Nomor: KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara). Terbatasnya konsentrasi polutan yang dapat diukur oleh alat AQMS, dapat mengakibatkan terhambatnya upaya pemerintah dalam memberikan pemahaman dan informasi tentang kualitas udara ambien di Jakarta yang dipengaruhi oleh hasil aktivitas yang dilakukan masyarakat di Jakarta pada khususnya. Bahkan ketidakmampuan operasional alat AQMS secara normal dapat menurunkan tingkat kepercayaan masyarakat terhadap hasil ISPU yang berdampak pada menurunnya tingkat kesadaran masyarakat untuk mengurangi aktivitas yang dapat menurunkan kualitas udara di Jakarta, khususnya dari emisi kendaraan bermotor.

5.3.2 Kondisi Konsentrasi Polutan CO di Udara Ambien Dengan Volume Kendaraan dan Variasi Perjalanan Dalam Satu Hari

Konsentrasi CO di udara ambien dengan volume kendaraan bermotor dan kecepatan angin dapat dilihat pada gambar berikut ini;

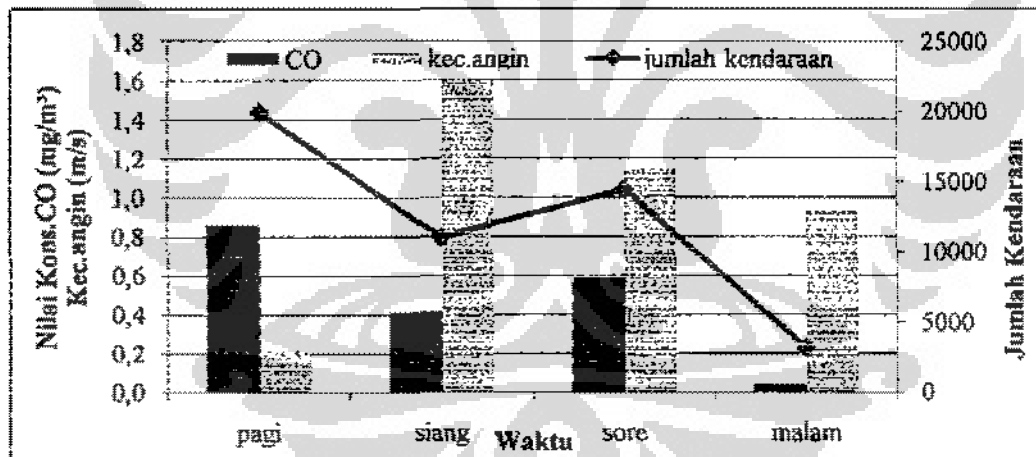


Gambar 28. Grafik Jumlah Kendaraan, Kecepatan Angin dan Konsentrasi CO di Udara Ambien Pada Hari Libur (Minggu)

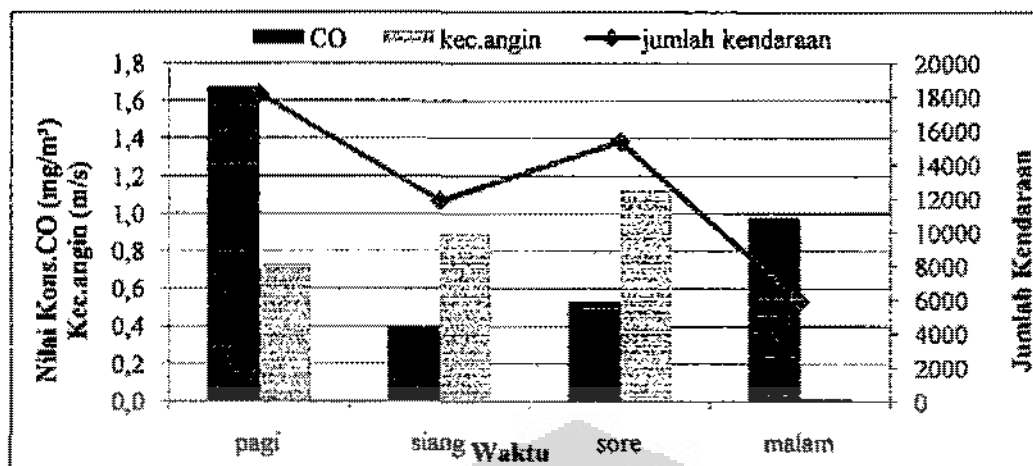
Pada Gambar 28 terlihat bahwa pada pagi hari konsentrasi CO tinggi sedangkan volume kendaraan rendah. Rendahnya volume kendaraan disebabkan adanya program Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) yang dilaksanakan pada jam 06.00-13.00 WIB dimana semua kendaraan bermotor yang lewat (pribadi dan umum) dialihkan ke jalur lambat, sehingga terjadi kepadatan lalu lintas yang menyebabkan kemacetan di jalur lambat. Pada saat berhenti terjadi pengurangan kecepatan dengan bantuan pengereman. Kevakuman dalam ruang bakar menjadi meningkat dan kuat, yang menyebabkan penyalaan berhenti. Hal ini mengakibatkan substansi Hidrogen dan Karbon tidak terbakar dan diemisikan ke udara melalui saluran buang. Akibatnya konsentrasi CO dan HC dalam gas buang meningkat tajam. Pada saat bergerak, ada penambahan kecepatan dan pedal gas ditekan, yang menyebabkan jumlah bahan bakar yang terisap oleh mesin semakin banyak, konsentrasi CO dan HC pun meningkat tajam. Hal ini membuat konsentrasi CO di udara ambien tinggi meskipun volume kendaraan rendah. Program HBKB sangat membantu dalam pemulihan kualitas udara di Jakarta, tetapi Program ini rupanya belum dapat dilaksanakan secara menyeluruh karena

kurangnya informasi pada masyarakat di Jakarta, sehingga masih banyak kendaraan pribadi khususnya sepeda motor yang melewati jalur lambat.

Kondisi jalan Jenderal Sudirman pada siang hari dan sore hari kembali padat oleh kendaraan bermotor baik di jalur lambat maupun jalur cepat, volume kendaraan yang meningkat membuat kecepatan kendaraan rendah meskipun kondisi lalu lintas lancar. Kondisi meteorologi dengan suhu udara 31°C pada siang hari dan 29,8°C pada sore hari serta kecepatan angin 2,28 m/s pada siang hari dan 1,90 m/s pada sore hari. Kondisi tersebut membuat polutan CO di udara ambien cepat bereaksi dan terurai/terdispersi merata sehingga konsentrasi CO menurun pada siang dan sore hari (Gambar 28). Pada malam hari, volume kendaraan rendah, kondisi lalu lintas lengang dengan kecepatan kendaraan di atas 40 Km/jam. Konsentrasi CO lebih tinggi dari sore hari, hal ini disebabkan karena kecepatan angin yang rendah, sehingga polutan CO relatif lambat terurai, sehingga membuat konsentrasi CO dalam udara ambien meningkat.



Gambar 29. Grafik Jumlah Kendaraan, Kecepatan Angin dan Konsentrasi CO di Udara Ambien Pada Hari Kerja (Senin)



Gambar 30. Grafik Jumlah Kendaraan, Kecepatan Angin dan Konsentrasi CO di Udara Ambien Pada Hari Kerja (Kamis)

Pada Gambar 29 dan 30 di atas, terlihat volume kendaraan yang tinggi pada pagi hari (hari Senin dan Kamis) karena merupakan *peak time* orang bekerja. Volume kendaraan yang tinggi menyebabkan kepadatan lalu lintas sehingga kecepatan kendaraan rendah bahkan mendekati idling, kecepatan angin rendah (0,22 m/s pada hari Senin dan 0,78 m/s pada hari Kamis) dan suhu udara rendah (25-26°C). Kondisi tersebut membuat emisi polutan CO dari kendaraan bermotor meningkat dan lambat terurai/terdispersi di udara sehingga konsentrasi CO yang terukur di udara ambien meningkat.

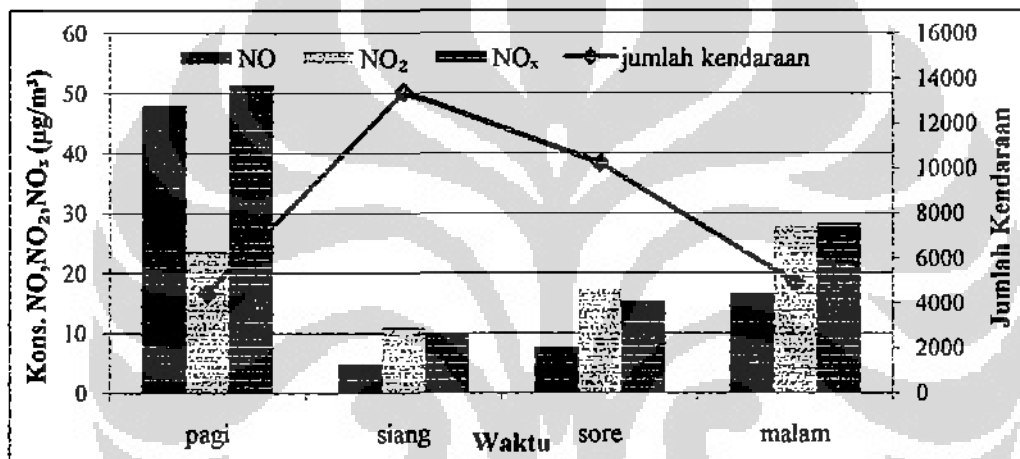
Pada siang hari volume kendaraan menurun, kondisi lalu lintas lancar dan kecepatan angin meningkat membuat polutan CO cepat terdispersi sehingga konsentrasi CO dalam udara ambien menurun. Sedangkan pada sore hari terlihat adanya kepadatan kendaraan pada jalan masuk dan keluar gedung perkantoran juga pusat perbelanjaan, sehingga membuat kemacetan pada jalur lambat, hal ini menyebabkan jumlah polutan CO yang diemisikan oleh kendaraan bermotor besar sehingga meningkatkan konsentrasi CO yang terukur di udara ambien.

Pada malam hari (Gambar 29) volume kendaraan rendah, kondisi lalu lintas lancar dan lenggang (kecepatan diatas 40 Km/jam), kecepatan angin tinggi, serta turunnya hujan membuat konsentrasi polutan CO dalam udara ambien sangat rendah. Hal sebaliknya terjadi pada hari Kamis malam (Gambar 30), volume kendaraan yang rendah, lalu lintas yang lancar dan kecepatan angin yang sangat

rendah membuat polutan CO relatif lambat terurai sehingga konsentrasinya yang terukur di udara ambien meningkat. Adanya kesamaan waktu aktivitas membuat kepadatan lalu lintas terjadi pada pagi dan sore hari yang dapat menurunkan kecepatan kendaraan dan meningkatkan emisi polutan CO dari kendaraan bermotor serta sehingga dapat meningkatkan konsentrasi CO di udara ambien.

5.3.3 Kondisi Konsentrasi Polutan NO, NO₂ dan NO_x di Udara Ambien Dengan Volume Kendaraan dan Variasi Perjalanan Dalam Satu Hari

Konsentrasi polutan NO, NO₂ dan NO_x dihubungkan dengan jumlah kendaraan dalam variasi perjalanan dalam satu hari dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 31. Grafik Jumlah Kendaraan Dengan Konsentrasi NO, NO₂, NO_x di Udara Ambien Pada Hari Libur (Minggu)

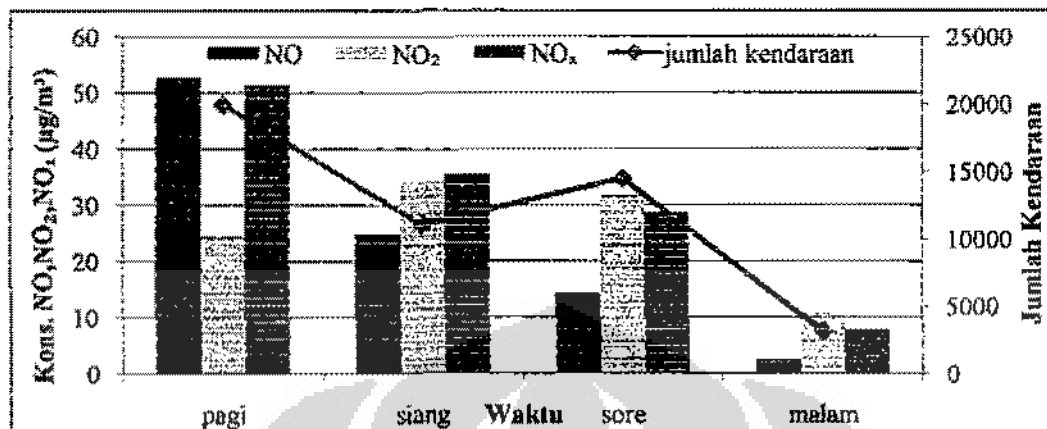
Pada Gambar 31 pola konsentrasi NO, NO₂ dan NO_x dengan volume kendaraan hampir sama dengan pola konsentrasi CO dengan volume kendaraan. Seperti diketahui dari Gambar 18 dan 20 bahwa mobil berpenumpang dan sepeda motor merupakan penyumbang emisi polutan CO dan NO_x terbesar, dengan program HBKB maka jumlah kendaraan pribadi yang beroperasi dapat direduksi, sehingga diharapkan konsentrasi NO, NO₂ dan NO_x juga menjadi rendah. Pada pagi hari dengan volume kendaraan rendah dan kepadatan lalu lintas pada jalur lambat membuat kemacetan. Pada situasi kemacetan ini terjadi proses 'berhenti dan jalan', dimana kendaraan berhenti karena terhalang oleh kendaraan di depannya, lalu jalan karena kendaraan di depannya maju. Dan seterusnya hal ini terjadi, sesuai situasi kemacetan yang ada. Pada saat berhenti berarti terjadinya

pengurangan kecepatan dengan bantuan pengereman. Kevakuman dalam ruang bakar menjadi meningkat dan kuat, yang menyebabkan penyalaan berhenti. Hal ini mengakibatkan substansi Hidrogen dan karbon tidak terbakar dan diemisikan ke udara melalui saluran buang. Namun karena pengapian gagal, dimana suhu pembakaran menurun, maka konsentrasi NO_x dalam gas buang pun menurun. Selanjutnya pada saat jalan, ada penambahan kecepatan dan pedal gas ditekan, sehingga *throttle* terbuka dengan lebar. Hal ini menyebabkan jumlah bahan bakar yang terisap oleh mesin semakin banyak. Ketika putaran mesin meningkat, kecepatan pembakaran juga semakin tinggi sehingga menyebabkan suhu pembakaran naik dan konsentrasi NO_x yang diemisikan semakin tinggi seiring kenaikan suhu pembakaran. Kemacetan merupakan penyumbang polusi udara terbesar, yang terkonsentrasi di satu area (titik kemacetan). Kecepatan angin juga membawa pengaruh bagi penyebaran polutan di suatu wilayah, kecepatan angin yang rendah membuat penyebaran polutan tidak meluas dan terkonsentrasi di wilayah tersebut. Hal tersebut membuat konsentrasi polutan NO , NO_2 dan NO_x di udara ambien meningkat meskipun volume kendaraan rendah.

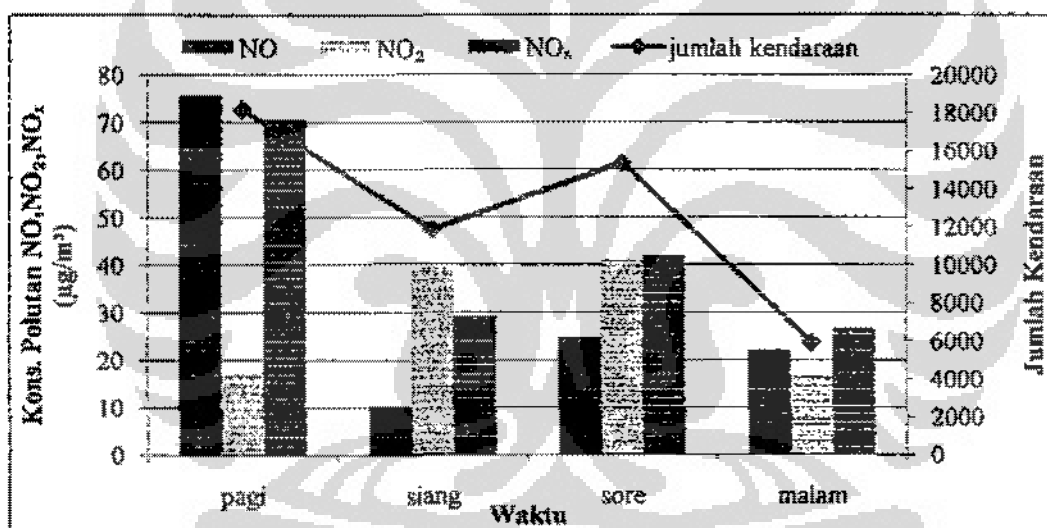
Kondisi jalan Jenderal Sudirman pada siang hari dan sore hari kembali padat oleh kendaraan bermotor baik di jalur lambat maupun jalur cepat, keadaan lalu lintas lancar dengan kecepatan rendah (± 30 Km/jam), radiasi sinar matahari yang membuat suhu udara tinggi 31°C pada siang hari dan $29,8^\circ\text{C}$ pada sore hari dapat mengubah NO primer di udara menjadi NO_2 sekunder sehingga konsentrasi NO_2 dalam udara ambien meningkat dan konsentrasi NO menurun. Kecepatan angin yang tinggi yaitu $2,28$ m/s pada siang hari dan $1,90$ m/s pada sore hari, membuat emisi polutan NO , NO_2 dan NO_x di udara ambien cepat terdispersi sehingga konsentrasinya di udara ambien menurun.

Pada malam hari, volume kendaraan rendah dan kondisi lalu lintas lancar dan lengang (kecepatan diatas 40 Km/jam), hal tersebut membuat kendaraan bermotor dapat mempercepat laju kendaraannya, dalam kondisi percepatan dan jelajah, emisi polutan NO lebih besar dari kondisi idle dan perlambatan. Di samping itu seiring dengan menurunnya intensitas sinar matahari akan meningkatkan

konsentrasi NO dan NO₂ di udara ambien, sehingga konsentrasi NO, NO₂ dan NO_x lebih tinggi konsentrasinya dari sore hari.



Gambar 32. Grafik Jumlah Kendaraan Dengan Konsentrasi NO, NO₂, NO_x di Udara Ambien Pada Hari Kerja (Senin)



Gambar 33. Grafik Jumlah Kendaraan Dengan Konsentrasi NO, NO₂, NO_x di Udara Ambien Pada Hari Kerja (Kamis)

Pada Gambar 32 dan 33 terlihat adanya kesamaan pola antara konsentrasi polutan NO, NO₂ dan NO_x dengan volume kendaraan. Pada hari kerja khususnya waktu pagi hari, volume kendaraan sangat tinggi dan didominasi oleh mobil berpenumpang dan sepeda motor. Kedua jenis kendaraan tersebut mengemisikan polutan NO_x dalam jumlah yang cukup besar (Gambar 19) sehingga polutan NO_x dalam udara ambien juga tinggi. Seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia meningkatkan konsentrasi NO di udara ambien. Polutan NO₂ yang terukur lebih

rendah dari polutan NO, karena perbandingan jumlah emisi NO dan NO₂ dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan oleh kendaraan tersebut, untuk kendaraan tanpa adanya kontrol emisi adalah perbandingannya adalah 90:10. Kecepatan kendaraan yang rendah (perlambatan) dengan kecepatan angin yang tinggi membuat polutan NO₂ yang diemisikan oleh kendaraan bermotor rendah dan terdispersi merata sehingga konsentrasi NO₂ dalam udara ambien rendah.

Pada Gambar 32 dan 33 dapat dilihat bahwa pada siang hari dengan adanya sinar matahari, suhu udara meningkat, yang dapat mengubah polutan NO primer di udara menjadi NO₂ sekunder sehingga konsentrasi NO dalam udara ambien menurun sebaliknya konsentrasi NO₂ meningkat. Volume kendaraan bermotor menurun, tetapi terjadi kepadatan pada jalur lambat karena kendaraan yang keluar masuk gedung sehingga terjadi perlambatan laju kendaraan sampai kondisi idling, hal ini membuat emisi polutan NO, NO₂ dan NO_x dari kendaraan bermotor rendah sehingga konsentrasinya di udara ambien juga menurun. Pada sore hari, meskipun volume kendaraan meningkat dengan adanya hambatan pada sisi jalan yang tinggi (kemacetan akibat kendaraan keluar masuk gedung) membuat perlambatan laju kendaraan pada jalur lambat, dalam kondisi ini kendaraan bermotor mengemisikan polutan NO, NO₂ dan NO_x dalam konsentrasi yang lebih rendah daripada kondisi percepatan atau jelajah, sehingga konsentrasi polutan NO, NO₂ dan NO_x dalam udara ambien tidak lebih besar dari siang hari (tidak mengalami peningkatan dalam jumlah yang besar).

Pada malam hari, lalu lintas lancar dan lenggang dengan volume kendaraan yang rendah, tetapi dengan turunnya hujan memperlambat laju kendaraan sehingga polutan NO, NO₂ dan NO_x yang diemisikan oleh kendaraan bermotor rendah, hal ini membuat konsentrasi polutan NO₂, NO dan NO_x di udara ambien menurun (Gambar 32 dan 33). Konsentrasi polutan NO dan NO₂ di udara ambien stabil pada dini hari dan cenderung lebih tinggi dari konsentrasi minimum pada hari-hari biasa.

Faktor yang membuat konsentrasi polutan menurun dengan volume kendaraan yang tinggi adalah kondisi geografis wilayah, faktor meteorologi (kecepatan angin, suhu udara, radiasi matahari dan curah hujan) dan kondisi lalu lintas yang

membuat kendaraan dalam kondisi operasional idling, percepatan, perlambatan atau jelajah, yang mempengaruhi jumlah emisi polutan dari kendaraan bermotor (berhubungan dengan kinerja mesin dan sistem pembakaran). Jenis bahan bakar dan alat kontrol emisi yang digunakan oleh kendaraan bermotor juga sangat mempengaruhi konsentrasi NO, NO₂ dan NO_x dalam udara ambien. Keberadaan PM₁₀ dan SO₂ dipengaruhi oleh kandungan sulfur dalam bahan bakar, dimana kandungan sulfur dalam bahan bakar solar lebih banyak dari pada kandungan sulfur dalam bahan bakar bensin.

Kondisi geografis JAF5 yang terletak dipusat kota, dikelilingi oleh bangunan tinggi, di mana udara yang bergerak melalui bangunan-bangunan, semak-semak, pepohonan dan jalan serta tanah lapang dapat menimbulkan adanya turbulensi mekanik. Turbulensi mekanik ini akan berkembang dengan bertambahnya angin dan ketinggian rintangan seperti bangunan tinggi yang semakin besar sehingga konsentrasi polutan seperti CO, NO, NO₂ dan NO_x cenderung menurun.

Konsentrasi polutan dalam udara ambien dapat mempengaruhi tingkat kesehatan masyarakat di sekitarnya. Semakin tinggi konsentrasi polutan tersebut maka kualitas udara ambien akan semakin buruk, dan dapat menurunkan tingkat kesehatan masyarakat sekitarnya. Masyarakat di Jakarta dan perkotaan pada umumnya banyak yang terkena penyakit pernapasan (ISPA), terutama bagi mereka yang mempunyai aktivitas di luar rumah baik anak sekolah, para pekerja dan pengemudi kendaraan, tapi bukan berarti yang di dalam ruangan tidak terpapar, karena ISPA dapat menular dengan melalui udara/pernapasan. Oleh karena itu cara yang efektif agar tidak terkena penyakit ini adalah mengembangkan pola hidup sehat dan meminimalisasi emisi dari berbagai sumber yang dapat menurunkan kualitas udara ambien.

5.4 Upaya Pengendalian Pencemaran Udara dari Emisi Kendaraan Bermotor

Dari hasil perhitungan nilai faktor emisi dan beban pencemaran emisi yang didasarkan pada jenis dan kualitas bahan bakar serta kecepatan kendaraan diketahui bahwa besarnya polutan yang teremisikan dari kendaraan bermotor

lebih disebabkan dari sistem teknologi operasional yang digunakan oleh kendaraan tersebut, kualitas BBM, tingkat perawatan kendaraan bermotor dan kondisi lalu lintas. Untuk lebih jelas permasalahan dari pencemaran udara yang berasal dari emisi kendaraan bermotor dikelompokkan menjadi aspek teknis dan institusional, yaitu;

1) Aspek teknis yang meliputi;

- a. Volume kendaraan yang terus meningkat ditambah dengan pertumbuhan jalan yang tidak seimbang sehingga menimbulkan kemacetan hampir disetiap persimpangan jalan pada *peak hour* hari kerja, akibat kesamaan jam masuk kerja/sekolah.
- b. Tidak adanya disinsentif penggunaan kendaraan penumpang bukan umum dan sepeda motor karena kecenderungan penduduk Jakarta untuk menggunakan kendaraan pribadi karena dinilai lebih aman, cepat dan nyaman dibandingkan dengan kendaraan umum massal dan adanya kemudahan untuk mendapatkan fasilitas lain seperti tempat parkir yang murah.
- c. Kondisi emisi kendaraan bermotor yang buruk disebabkan keterbatasan pemahaman dan pengetahuan dari masyarakat tentang emisi kendaraan bermotor, perawatan dan pemeriksaan kendaraan dan upaya mengurangi emisi kendaraan bermotor. Selain itu kurangnya agenda pengujian emisi kendaraan di jalan raya oleh pemerintah karena keterbatasan anggaran, peralatan dan tenaga teknis. Kendaraan yang lulus uji emisi di jalan raya masih rendah terutama kendaraan diesel. Berikut hasil uji emisi tahun 2007 dapat dilihat pada tabel berikut ini;

Tabel 36. Rekapitulasi Data Hasil Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Lima Kota DKI Jakarta Tahun 2007 (Spot Check)

| Keterangan Jumlah Kendaraan | Jakarta Barat | | Jakarta Timur | | Jakarta Pusat | | Jakarta Utara | | Jakarta Selatan | | Semua Lokasi | |
|-----------------------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-----------------|-------|--------------|-------|
| | | | | | | | | | | | | |
| Kesehuruhan | 1921 | 22,9% | 1186 | 14,1% | 1486 | 17,7% | 1862 | 22,2% | 1928 | 23,0% | 8183 | 100% |
| Lulus uji | 881 | 20,6% | 627 | 14,6% | 782 | 18,2% | 990 | 23,1% | 1007 | 23,5% | 4287 | 51,1% |
| Tidak Lulus Uji | 1040 | 26,7% | 559 | 14,4% | 704 | 18,1% | 660 | 16,9% | 932 | 23,9% | 3895 | 46,5% |
| Bensin | 1121 | 21,7% | 693 | 13,4% | 869 | 16,8% | 1137 | 22,4% | 1332 | 25,7% | 5174 | 61,7% |
| Diesel | 800 | 26,6% | 491 | 16,3% | 617 | 20,5% | 493 | 16,4% | 607 | 20,2% | 3008 | 35,9% |
| Bensin Lulus Uji | 624 | 17,9% | 466 | 11,6% | 647 | 18,6% | 828 | 23,7% | 982 | 28,2% | 3487 | 41,6% |
| a. Karburator | 116 | 15,3% | 96 | 12,7% | 114 | 15,1% | 267 | 35,3% | 164 | 21,7% | 757 | 9,0% |
| b. Injeksi | 508 | 18,6% | 310 | 11,4% | 533 | 19,5% | 561 | 20,9% | 818 | 30,0% | 2730 | 32,6% |
| Bensin Tidak Lulus Uji | 497 | 29,3% | 289 | 17,1% | 222 | 13,2% | 329 | 19,5% | 350 | 20,7% | 1687 | 20,1% |
| a. Karburator | 288 | 26,0% | 216 | 19,5% | 142 | 12,8% | 268 | 24,2% | 195 | 17,6% | 1109 | 13,2% |
| b. Injeksi | 87 | 19,1% | 73 | 16,0% | 80 | 17,5% | 61 | 13,4% | 155 | 34,0% | 456 | 5,4% |
| Diesel lulus uji | 237 | 32,1% | 221 | 27,6% | 135 | 16,9% | 162 | 20,3% | 25 | 3,1% | 800 | 9,5% |
| Diesel tidak lulus uji | 543 | 24,6% | 270 | 12,3% | 482 | 21,8% | 331 | 15,0% | 582 | 26,4% | 2208 | 26,3% |

Sumber: KLH, 2007

Tabel 37. Rekapitulasi Data Hasil Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Lima Kota DKI Jakarta Berdasarkan Parameter Uji Kendaraan Bermotor Tahun 2007 (Spotcheck)

| Parameter | Barat | Timur | Pusat | Utara | Selatan | Semua Lokasi |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|--------------|
| Nilai Opacity Terendah (%) | 2,80 | 2,60 | 5,00 | 0,67 | 22,30 | 0,67 |
| Nilai Opacity Tertinggi (%) | 100,0 | 99,90 | 99,00 | 99,90 | 100,0 | 99,00 |
| Nilai CO Terendah (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Nilai CO Tertinggi (%) | 0,12 | 13,20 | 18,20 | 11,73 | 11,25 | 0,12 |
| Nilai CO Karburator Terendah (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Nilai CO Karburator Tertinggi (%) | 0,12 | 13,20 | 11,50 | 11,73 | 11,25 | 0,12 |
| Nilai CO injeksi Terendah (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Nilai CO injeksi Tertinggi (%) | 0,12 | 13,20 | 18,20 | 9,99 | 10,17 | 0,12 |
| Nilai HC Terendah (ppm) | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Nilai HC Tertinggi (ppm) | 3509 | 6512 | 9802 | 6241 | 12160 | 3509 |
| Nilai HC Karburator Terendah (ppm) | 6 | 26 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Nilai HC Karburator Tertinggi (ppm) | 3509 | 6512 | 3870 | 6241 | 5117 | 3509 |
| Nilai HC injeksi Terendah (ppm) | 1 | 5 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Nilai HC injeksi Tertinggi (ppm) | 2150 | 4659 | 9802 | 1844 | 12160 | 1844 |

Sumber: KLH, 2007

Dari Tabel 36 dan 37 terlihat bahwa kendaraan diesel masih banyak yang tidak lulus uji dan sebagian besar disebabkan nilai opasitasnya diatas Nilai Ambang Batas (NAB) emisi yang telah ditetapkan.

- d. Sistem kontrol emisi gas buang kendaraan bermotor belum dilakukan pada hampir semua jenis kendaraan bermotor dan pengujian emisi kendaraan bermotor berkala hanya berlaku bagi kendaraan umum.
- e. Pengujian Kendaraan Bermotor (PKB) dinilai belum efektif dalam upaya menurunkan emisi kendaraan bermotor (untuk kendaraan umum), karena tidak adanya mekanisme pengawasan, pemantauan dan evaluasi kinerja dan kemampuan PKB, serta disinyalir dapat terjadi kesalahan dan manipulasi dalam pengesahan sertifikat kelulusan yang dilakukan secara manual. Berikut hasil uji berkala kendaraan umum yang dilakukan di PKB;

Tabel 38. Rekapitulasi Kendaraan Bermotor Uji Berkala di Wilayah Propinsi DKI Jakarta Tahun 2008

| BULAN | UJI BERKALA DI PKB UNTUK JENIS KENDARAAN | | | |
|-----------|--|-----------------|-----------|-----------------|
| | BARU | | PERIODIK | |
| | lulus uji | tidak lulus uji | lulus uji | tidak lulus uji |
| Januari | 98,6% | 1,35% | 98,6% | 1,43% |
| Februari | 99,4% | 0,61% | 98,6% | 1,35% |
| Maret | 99,5% | 0,54% | 98,9% | 1,14% |
| April | 99,3% | 0,73% | 98,8% | 1,18% |
| Mei | 99,1% | 0,85% | 98,4% | 1,55% |
| Juni | 99,8% | 0,24% | 98,7% | 1,27% |
| Juli | 99,5% | 0,54% | 98,8% | 1,22% |
| Agustus | 99,7% | 0,29% | 98,5% | 1,52% |
| September | 99,6% | 0,43% | 98,8% | 1,17% |
| Oktober | 99,3% | 0,68% | 98,5% | 1,54% |
| November | 99,8% | 0,17% | 98,6% | 1,41% |
| Desember | 99,5% | 0,47% | 98,7% | 1,32% |
| Total | 99,4% | 0,56% | 99,7% | 0,28% |

Sumber : UPT PKB Dishub

Pengujian di PKB ditujukan hanya untuk kendaraan bermotor angkutan umum, dan di Jakarta terdapat lima kantor PKB yaitu PKB Pulogadung (melayani pengujian kendaraan baru dan periodik), PKB Ujung Menteng, PKB Cilincing, PKB Muara Angke dan PKB Jagakarsa (melayani pengujian kendaraan periodik). Pada hasil uji (Tabel 38) terlihat jumlah kendaraan yang lulus uji rata-rata diatas 98% (uji perodik), tapi kenyatannya di jalan raya kondisi emisi gas buang dari kendaraan umum buruk, terutama opasitasnya.

- f. Kualitas bahan bakar yang belum memenuhi persyaratan bagi teknologi pereduksi emisi kendaraan bermotor yaitu kadar sulfur yang masih tinggi dan persediaan bensin bebas timbal yang belum merata serta masih bergantung pada penggunaan bahan bakar fosil.
 - g. Penegakan dan pentaatan hukum yang masih lemah, terutama dalam hal penegakan peraturan ambang batas emisi dan kurangnya komitmen dan kesadaran dari pemerintah dan masyarakat dalam pelaksanaannya.
- 2) Aspek institusional, yang meliputi;
- a. Pengendalian emisi masih bersifat sektoral, masing-masing mempunyai program dan kebijakan tentang pengendalian emisi dan tidak ada integrasi atau keterpaduan antar lintas sektoral untuk program yang tujuan dan sasaraannya sama.
 - b. Kurangnya komitmen dalam melakukan koordinasi antar instansi misalnya pengeluaran peraturan dan pelaksanaan tentang NAB emisi kendaraan bermotor tipe baru tetapi tidak diikuti dengan persediaan bahan bakar yang sesuai.
 - c. Kurangnya kapasitas dan sumber daya pelaksana pengendalian pencemaran udara dimana tenaga teknis yang ada tidak semua memiliki kapasitas dan kompetensi yang memadai.

Pengalaman dari negara-negara maju menunjukkan bahwa emisi zat-zat pencemar udara dari sumber transportasi dapat dikurangi secara substansial dengan perbaikan sistem pembakaran dan penggunaan katalis (*catalytic converter*) dan juga pengendalian manajemen lalu lintas. Walaupun diasumsikan bahwa di masa mendatang reduksi emisi per kendaraan per kilometer akan dapat tercapai sebagai hasil dari penerapan teknologi dan sistem kontrol emisi, namun emisi agregat akan tetap tinggi karena jumlah sumber individu yang terus meningkat secara signifikan. Artinya, kontrol kualitas emisi harus diimbangi dengan kontrol jumlah penggunaan kendaraan bermotor.

Maka upaya pengendalian pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan rencana bertahap dalam jangka pendek dan jangka panjang.

Dan semuanya itu harus dilakukan secara menyeluruh dan melibatkan tidak hanya aparat pemerintah tetapi juga masyarakat yang mencakup empat komponen teknis, yaitu:

1) Penerapan teknologi kendaraan beremisi rendah

Pengendali pencemaran dengan teknologi adalah salah satu cara meminimisasi emisi langsung dari sumbernya, diantaranya dengan perbaikan teknologi mesin dan teknik kendaraan. Teknologi pengendali tersebut adalah pemasangan peralatan khusus pengendalian emisi seperti EGR, *air inducting sistem* yaitu *air injection* atau *air suction*, dan *Catalytic Converter* atau *TWC*.

Pengetatan standar emisi gas buang melalui teknologi, dengan mewajibkan bagi kendaraan keluaran terbaru untuk menggunakan alat pengontrol emisi gas buang, yaitu dengan sistem reaksi dengan katalitik heterogen dan tanpa katalitik (termal reaktor). Fungsi dari katalitik adalah mengubah polutan yang membahayakan pada gas buang menjadi gas polutan yang tidak berbahaya. Selain itu dapat juga dengan mengganti sistem knalpot dengan teknologi baru yang dinamakan teknologi plasma atau dengan menambahkan suatu senyawaan katalis (TiO_2) pada sistem knalpot sehingga dapat mereduksikan jumlah polutan emisi gas buang kendaraan bermotor atau alat *Electric Fuel Treatment* (EFT) yang dikembangkan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) ditujukan untuk menyempurnakan sistem pembakaran pada mesin kendaraan agar dapat memberi manfaat penghematan dengan tingkat keberhasilan 5-20%.

Untuk meningkatkan kesadaran dari masyarakat untuk mengurangi emisi kendaraannya, sebaiknya pemerintah memberi subsidi untuk pemasangan alat pengontrol emisi gas buang sehingga mobil yang belum memasang alat kontrol emisi dapat memasangnya dengan harga terjangkau. Pemerintah juga sebaiknya memberikan dukungan moril dan materiil untuk peningkatan produksi alat kontrol emisi atau kendaraan yang menggunakan teknologi ramah lingkungan, dan membatasi umur kendaraan operasional yang tidak laik jalan, baik kendaraan pribadi, kendaraan kantor maupun kendaraan umum.

Dikembangkannya kendaraan berbahan bakar alternatif, seperti bahan bakar gas, mobil listrik, dan juga mobil *fuel-cell* yang paling ramah lingkungan. Sebelum

memanfaatkan energi alternatif secara maksimal, dapat juga mengembangkan teknologi seperti HCCI (*homogeneous-charge compression ignition*) yang memberikan basis untuk kelas baru emisi rendah. Pemakaian gas alam cair, misalnya, bukan hanya lebih ramah lingkungan, tapi juga menguntungkan untuk kondisi Indonesia yang sangat kaya gas alam. Namun, itu perlu didukung kebijakan yang mempermudah pembangunan SPBU untuk gas alam.

2) Pemeriksaan emisi gas buang dan perawatan kendaraan secara berkala

Pemeriksaan dan perawatan diperlukan karena sejalan dengan usia pakai kendaraan kinerja mesin dan kondisi gas buang akan menurun. Melalui perawatan rutin seperti penyetelan mesin, pembersihan filter udara, dan lain-lain emisi gas buang CO dapat berkurang hingga 50%, HC hingga 35%, dan partikulat hingga 45%. Disamping itu efisiensi bahan bakar pun dapat mencapai antara 3%-10%. Pengujian emisi untuk kendaraan bermotor harus diubah sifatnya, dari sukarela menjadi wajib. Pemda DKI Jakarta sudah mengaturnya dalam Perda 2/2005 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan Pergub 92/2007 tentang Uji Emisi Kendaraan Bermotor, serta Pergub No.31/ 2008 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor yang ditegakkan mulai November 2009, dalam mengurus perpanjangan STNK. Bahkan sekarang sudah diberlakukan pembatasan kendaraan harus mempunyai stiker lulus uji emisi untuk beberapa lahan parkir diantaranya di kantor pemerintah dan swasta juga pusat perbelanjaan.

Dalam upaya untuk penanggulangan pencemaran udara dengan melakukan uji emisi seharusnya pihak BPLHD harus memiliki data dan informasi yang akurat sehingga dapat dijadikan bahan evaluasi bagi bengkel-bengkel yang melakukan uji emisi. Untuk kendaran umum dimana pengujian emisinya dilakukan di PKB, semua peralatannya haruslah terkalibrasi secara teratur sehingga data yang dihasilkan benar dan valid.

Untuk uji emisi kendaraan tipe baru, pemerintah dalam hal ini KLH-Dishub mengumumkan hasil pengujian kepada publik (*mandatory disclosure of automotive emission*) dengan menerapkan sistem peringkat, mulai dari yang beremisi rendah hingga yang tertinggi. Maksud dari program ini adalah memberikan pertimbangan pilihan bagi masyarakat dalam mengambil keputusan

pembelian kendaraan baru. Tapi sebaiknya dilakukan juga pemberian *rewards* bagi pembeli kendaraan beremisi rendah yaitu dengan pemberian potongan pajak hingga 40% sehingga program ini lebih berhasil dan menumbuhkan tantangan bagi industri kendaraan untuk menurunkan emisi serendah mungkin.

Penegakan dan penataan hukum dapat dilakukan dengan instrumen *command-and-control*, *market-based incentives* atau insentif pasar, pajak dan subsidi, dan insentif-insentif lainnya yang mengaitkan upaya pencegahan pencemaran dengan motivasi ekonomi serta mendorong inovasi. Intinya, penerapan instrumen berbasis ekonomi ini dimaksudkan agar biaya pengendalian pencemaran udara lebih efektif. Instrumen selain *command-and control* ini telah diterapkan di negara-negara maju untuk memperbaiki kualitas udara perkotaan. Di Jakarta khususnya, tingkat kedisiplinan dan ketaatan masyarakatnya masih kurang, sehingga diperlukan keseriusan dan ketegasan dari pemerintah dan aparatnya untuk dapat menindak setiap pelanggaran seadil-adilnya untuk semua lapisan masyarakat. Program *rewards and punishment* dapat dijadikan alat kontrol bagi pemilik kendaraan bermotor yang akan memperpanjang STNK kendaraannya, dan ini sudah dilakukan oleh Pemda DKI Jakarta mulai bulan November 2009.

3) Pemakaian bahan bakar yang lebih bersih

Penyempurnaan dan diversifikasi sistem bahan bakar adalah cara untuk mengurangi jumlah emisi polutan dari kendaraan bermotor yang paling efektif. Salah satu caranya dengan pengurangan kadar Pb dan kandungan sulfur dalam bahan bakar dan melalui energi alternatif, seperti penggunaan bahan bakar gas (CNG dan LPG). Penggantian logam Pb dalam bahan bakar dengan suatu senyawa yang tidak mengandung Pb tapi mampu meningkatkan bilangan oktan bahan bakar tapi yang terpenting adalah senyawa pengganti Pb harus lebih ramah lingkungan dan tidak mengganggu kesehatan manusia dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Pemakaian bahan bakar gas (BBG) yang dapat mengakibatkan penurunan daya mesin motor sebesar 11% namun dapat mengurangi pemakaian bahan bakar ekuivalen sebesar 45%. Pasalnya, saat ini bahan bakar gas penggunaannya belum memasyarakat dan terbatas pada sebagian kendaraan dinas, bajaj, *busway*, dan

taksi. Jumlah pemakaian bahan bakar gas masih sangat kecil, kurang lebih baru 0,21% dari total konsumsi energi nasional. Jika bahan bakar gas (BBG) adalah cara yang dipilih untuk mengurangi emisi, maka seharusnya pemerintah berinvestasi lebih pada sektor gas dengan mendirikan SPBG. Di Indonesia penggunaan energi untuk transportasi sudah mulai melebihi penggunaan untuk industri saat ini. Terkait dengan isu energi tersebut pemerintah melalui Perpres No.5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional menetapkan penggunaan 5% energi *mix* untuk bahan bakar nabati (*biofuel*).

4) Manajemen transportasi dan tata ruang

Pengendalian dari manajemen lalu lintas secara garis besar dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu manajemen yang mempengaruhi arus lalu lintas dan manajemen yang mempengaruhi penggunaan moda transportasi. Manajemen yang mempengaruhi arus lalu lintas dapat dilakukan dengan pembatasan lalu lintas seperti *three in one*, larangan parkir tanpa ada tanda lulus uji emisi dan membuat jalur khusus yang hanya dapat dilewati angkutan umum dan jenis kendaraan tertentu pada jam-jam sibuk, sehingga dapat mengurangi kepadatan lalu lintas.

Salah satu upaya agar tidak terjadi kesamaan waktu aliran lalu lintas dapat dilakukan dengan pengaturan jam masuk kerja atau sekolah yang dibagi per wilayah, sehingga diharapkan tidak terjadi penumpukan arus lalu lintas. Hal ini baru diuji cobakan pada jam masuk kantor pegawai pemerintah dan sekolah.

Manajemen yang mempengaruhi moda transportasi yaitu memilih angkutan yang bersifat transportasi massal, kinerja yang baik, aman, nyaman, cepat dan dengan biaya terjangkau. Pilihan moda untuk angkutan umum ini bisa beragam, mulai dari *Light Rail Transport (LRT)* semacam trem dan monorail, maupun *Mass Rapid Transport (MRT)* semacam kereta rel listrik, *shuttle bus* (bus ulang alik, semacam bus Trans-Jakarta di Jakarta) berbahan bakar gas, dan sebagainya sehingga dapat mengurangi penggunaan kendaraan pribadi.

Selain itu dengan kampanye untuk kembali ke model transportasi bebas polusi, yaitu menggunakan sepeda atau berjalan kaki untuk menempuh jarak dekat. Kampanye ini akan lebih berhasil bila pemerintah membuat sarana berupa jalur

khusus sepeda dan pejalan kaki sebagai wujud dukungan terhadap program peduli lingkungan, yang dapat membantu mereduksi penggunaan kendaraan bermotor ke tempat kerja sehingga mengurangi emisi dari gas buang kendaraan bermotor

Upaya untuk mengurangi dampak emisi kendaraan bermotor pada tingkat kesehatan manusia dapat dilakukan dengan cara meningkatkan jarak antara sumber dengan daerah sensitif seperti perumahan dan membuat perencanaan tata ruang jalan raya dengan penambahan ruang terbuka hijau. Kampanye publik perlu diupayakan agar dapat menumbuhkan ketertarikan (*interest*) dan keinginan (*desire*). Untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan melalui tahapan-tahapan berikut:

- a. *Create Awareness* (memberikan pengetahuan) untuk menarik perhatian masyarakat dan perlu dilakukan terus menerus.
- b. *Create Understanding* (memberikan pemahaman) yaitu untuk menimbulkan keprihatinan (*emotional involvement*) dengan cara memberikan data, fakta, kesaksian yang didukung oleh pihak ke tiga (*opinion leaders*).
- c. *Create Action* yaitu untuk mendorong tindakan; perubahan sikap atau kebijakan serta disediakannya sarana/fasilitas untuk melaksanakan tindakan.

Perlu juga diperhatikan agar informasi yang diberikan kepada masyarakat sedapat mungkin mencakup semua aspek yang terkait dengan pencemaran udara tersebut, seperti data kualitas udara, faktor-faktor yang memengaruhi pencemaran udara (bahan bakar, baku mutu dan teknologi, pemeriksaan dan perawatan, manajemen transportasi, dan lain-lain), contoh-contoh tindakan konkrit yang telah dilakukan, serta bagaimana pemangku kepentingan seperti sektor swasta, LSM, universitas dan instansi lainnya dapat berperan dalam upaya pengendalian pencemaran udara.

Penerapan *ecodriving* merupakan salah satu upaya pengendalian emisi dari kendaraan bermotor yang lebih ditujukan pada pola mengemudi. *Ecodriving*, yaitu cara mengemudi yang baik dan benar, disesuaikan dengan kondisi kendaraan. Dengan cara mengemudi seperti ini maka bahan bakar yang digunakan dapat dihemat sebanyak 7-10%, sehingga emisinya juga akan semakin rendah. Sebaiknya metode *ecodriving* menjadi syarat utama dalam mendapatkan SIM, sehingga emisi dari cara mengemudi dapat dikurangi.

Pengaturan naik-turun penumpang pada halte harus dilakukan dengan cara memberi denda bagi kendaraan umum yang menaik atau menurunkan penumpang bukan pada haltenya. Setiap kendaraan umum diperbolehkan berhenti di halte dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama misalnya lima menit. Karena kendaraan umum yang berhenti tanpa mematikan mesin, dapat menjadi sumber pencemar.

Hal yang tidak disinggung dalam UU 23/1997 dan PP 41/1999 adalah tentang pencemaran udara yang pada prinsipnya bersifat lintas batas. Pencemaran di titik A tidak akan berhenti pada titik tersebut, tetapi akan bergerak sesuai dengan arah mata angin dan letak geografis. Sama halnya dengan kendaraan, tidak akan beroperasi hanya di satu daerah administrasi, tetapi akan bergerak lintas daerah. Oleh sebab itu, upaya pengendalian pencemaran udara tidak akan efektif apabila hanya dilakukan di satu daerah, tetapi harus lintas batas administratif dan lintas sektor. Sehubungan dengan hal tersebut, dibutuhkan koordinasi yang lebih efektif antar daerah dan departemen untuk mengimplementasikan perbaikan kualitas udara perkotaan.

Berikut hal-hal yang dapat dilakukan dalam upaya mengurangi beban polusi yang ada, dan juga beberapa program yang dilakukan oleh beberapa negara dalam upaya mengurangi beban polutan dari sumber bergerak, diantaranya:

Larangan Masuk. Pada tahun 1977 Buenos Aires melarang kendaraan pribadi memasuki jalan-jalan pusat keramaian kota dari pukul 10 pagi sampai 7 malam pada hari-hari kerja. Bus dan taksi diperbolehkan hanya pada beberapa jalan tertentu. Larangan ini mengatasi kepadatan lalu lintas dan pencemaran udara yang disebabkan oleh satu juta orang yang memadati pusat kota Buenos Aires setiap hari kerja. Di Jakarta dikenal dengan program *three in one*. Namun program ini belum signifikan dalam mengatasi kemacetan dan penurunan emisi kendaraan bermotor.

Larangan Parkir. Larangan parkir membatasi jumlah mobil yang boleh parkir di suatu daerah, tapi tidak berpengaruh apapun pada jumlah mobil yang boleh lewat. Salah satu cara untuk mengatasi masalah yang diakibatkan oleh berlimpahnya

kendaraan adalah sama sekali melarang semua kendaraan memasuki pusat-pusat kota. Zona bebas mobil, sebagai suatu cara untuk mengurangi pencemaran udara, menggalakkan pariwisata, dan meningkatkan kualitas kehidupan, akhir-akhir ini semakin populer di Eropa. Pengalaman yang terjadi di AS lebih terbatas; zona pembatasan mobil biasanya hanya berlaku pada daerah pariwisata atau pertokoan kecil, dan hanya berdampak kecil pada pola transportasi kota secara keseluruhan. Di Jakarta mulai dilakukan meskipun baru terbatas pada beberapa kantor pemerintah dan swasta serta pusat perbelanjaan dengan pemasangan stiker lulus uji emisi.

Sel Lalu Lintas. Gothenburg, Swedia, membagi pusat kotanya menjadi lima sektor berbentuk "pastel" sebagai suatu cara untuk membatasi lalu lintas yang lewat dan menggalakkan transportasi umum. Kendaraan darurat, angkutan lokal massal, sepeda dan *moped* dapat melintas dari satu zona ke zona lain, tapi mobil tidak dapat. Berkurangnya kepadatan di pusat kota Gothenburg telah menimbulkan layanan transit yang lebih baik dan tingkat kecelakaan yang lebih rendah. Pendekatan yang disebut sel lalu lintas ini, yang berasal dari Bremen, Jerman, juga digunakan di Groningen, Belanda, dan Besancon, Prancis.

Hari Tanpa Mengemudi. Pada akhir 1991, Roma, Milano, Napoli, Torino, dan tujuh kota lain di Italia mencanangkan perang terhadap pencemaran dengan cara membatasi jumlah mobil di jalan. Dalam peraturan ini, mobil berplat nomor ganjil dilarang berjalan di satu hari, sedang mobil berplat nomor genap dilarang berjalan hari berikutnya. Dengan penggalakan peraturan secara keras, menteri lingkungan hidup Italia yakin larangan mengemudi berseling hari itu dapat mengurangi polusi sebesar 20-30%. Di Indonesia juga telah rutin dilakukan setidaknya sehari dalam satu bulan dalam program HBKB, dan pemda DKI Jakarta berencana untuk menambah hari pelaksanaan program ini, karena dampak positif dari program ini sudah dirasakan oleh penduduk Jakarta.

Bersepeda. Sebagai bentuk transportasi yang paling lazim di dunia, bersepeda kini mulai naik daun, sejalan dengan usaha pemerintah beberapa negara untuk menggalakkan bersepeda melalui program khusus. Jumlah sepeda lebih dari 800

juta, hampir dua kali jumlah kendaraan umum, tetapi untuk lebih menggalakkan kegiatan bersepeda, negara-negara seperti Belanda, Denmark, Belgia, dan Jerman mengembangkan jaringan jalan untuk sepeda, masing-masing dengan hak guna jalan yang terpisah dari jalan mobil. Tempat parkir yang terpisah, persewaan sepeda dengan uang jaminan yang akan dikembalikan, bahkan garasi khusus sepeda, semuanya diusahakan untuk lebih menggalakkan kegiatan bersepeda. Program semacam itu mempunyai dampak amat besar terhadap cara orang melihat pilihan yang mereka miliki untuk sarana transportasi. Misalnya, kegiatan bersepeda di Erlangen, Jerman, meningkat dua kali lipat setelah jalan sepeda sepanjang 160 km selesai dibangun. Banyak kota di Cina memiliki jalan sepeda selebar lima atau enam jalur. Di Jakarta sekarang sudah mulai melakukannya, bahkan beberapa perkantoran mewajibkan para stafnya untuk menggunakan sepeda atau kendaraan umum sehari dalam satu minggu atau satu bulan, bahkan beberapa kampus menyediakan peminjaman sepeda gratis sebagai alat transportasi di lingkungan kampus, contohnya UI Depok. Tapi hal ini belum didukung dengan pembuatan jalur khusus untuk sepeda di jalan raya, sehingga banyak yang enggan untuk menggunakan sepeda sebagai alat transportasi ke kantor.

Jam Kerja Lentur. Selama Olimpiade Musim Panas tahun 1984, Los Angeles menggilir jam kerja, dan dengan demikian menurunkan pencemaran udara ke titik terendah selama beberapa waktu terakhir ini. Sekarang banyak kota mencari jalan untuk menghambat pencemaran udara dengan cara memulai jam kerja atau sekolah satu atau dua jam lebih awal, atau dengan mengakhirinya lebih awal, dan dengan demikian mengurangi kepadatan lalu lintas. Kota-kota lain mengusulkan empat hari kerja seminggu sebagai cara lain mengurangi kemacetan lalu lintas. Misalnya di kantor PU Los Angeles para karyawan bekerja 10 jam sehari dari Senin sampai Kamis. Pada hari Jumat seluruh gedung ditutup, dan hal ini tidak saja mengurangi asap kabut dan kemacetan, tapi juga menghemat biaya operasi 1,7 juta dollar AS setahun. Di Jakarta pengaturan jam kerja dan masuk sekolah dilakukan berdasarkan wilayah, tapi hasilnya belum dapat dirasakan maksimal.

6. KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengkajian dan perhitungan nilai faktor emisi dan beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor, maka dapat disimpulkan sebagai berikut,

1. Hasil pengkajian nilai faktor emisi berdasarkan kualitas bahan bakar dan volume kendaraan:
 - a. Peningkatan kualitas bahan bakar, yang diiringi dengan perbaikan teknologi kendaraan bermotor yang dapat menghemat bahan bakar dan penggunaan kendaraan yang ramah lingkungan, dapat membuat nilai faktor emisi dari kendaraan bermotor menjadi rendah.
 - b. Tingginya volume kendaraan mengakibatkan kepadatan lalu lintas yang membuat kecepatan kendaraan menjadi rendah sehingga nilai faktor emisi berdasarkan kecepatan kendaraan bermotor menjadi besar.
2. Hasil perhitungan nilai beban pencemaran emisi dari kendaraan bermotor:
 - a. Nilai beban pencemaran emisi dari sampel kendaraan bermotor dipengaruhi oleh panjang perjalanan dari kendaraan bermotor. Semakin panjang jarak tempuh kendaraan dapat meningkatkan nilai beban pencemaran emisi kendaraan tersebut, dengan polutan utama adalah $\text{CO}_2=158,8$ ton/tahun (90,3%), $\text{CO}=15,09$ ton/tahun (8,6%) dan $\text{NO}_x=1,83$ ton/tahun (1,04%).
 - b. Nilai beban pencemaran emisi berdasarkan kecepatan kendaraan bermotor dipengaruhi oleh volume kendaraan dari tiap jenis kendaraan bermotor. Semakin banyak volume kendaraan dari suatu jenis kendaraan maka nilai beban pencemaran emisi dari jenis kendaraan tersebut semakin besar. Nilai beban pencemaran emisi terbesar adalah dari jenis mobil penumpang sebesar 51,9% dengan polutan utama NO_x (76,6%), PM_{10} (64,8%), CO (52,6%), SO_2 (47,7%) dan jenis sepeda motor 42,4% dengan polutan utama HC (61,9%).

3. Konsentrasi polutan CO dan NO₂ yang terukur di udara ambien pada hari Minggu, Senin, dan Kamis (pada saat pengamatan volume kendaraan) masih berada di bawah baku mutu udara ambien berdasarkan Kep.Gub No.661/2001. Konsentrasi polutan CO, NO, NO₂ dan NO_x dalam udara ambien dipengaruhi oleh volume kendaraan, kondisi lalu lintas, kondisi geografis wilayah dan kondisi meteorologi seperti temperatur dan kelembaban udara, arah dan kecepatan angin, curah hujan dan radiasi matahari.
4. Berdasarkan hasil pengkajian faktor emisi dan perhitungan beban pencemaran emisi kendaraan bermotor, maka dapat dirumuskan upaya pengendalian pencemaran udara sebagai berikut:
 - a. Penggunaan bahan bakar yang lebih bersih disertai dengan perawatan kendaraan secara berkala, peningkatan teknologi kendaraan dan pemasangan alat kontrol emisi pada kendaraan bermotor.
 - b. Pengaturan jam masuk kerja dan sekolah yang dilaksanakan per wilayah sehingga tidak terjadi kesamaan aliran lalu lintas yang dapat membuat kemacetan lalu lintas.
 - c. Pentaatan hukum dan peraturan dengan program *rewards and punishment* sebagai alat kontrol bagi pemilik kendaraan bermotor yang akan memperpanjang STNK kendaraan bermotornya, pemasangan stiker lulus uji emisi untuk mendapatkan tempat parkir kendaraan, kebijakan pembatasan umur kendaraan, dan hari bebas kendaraan bermotor.
 - d. Peningkatan dan perbaikan penggunaan infrastruktur jalan raya. Hal ini dapat dilakukan dari segi transportasi yaitu pembatasan jumlah angkutan umum guna peralihan moda ke transportasi massal dan terintegrasi, pembatasan lalu lintas, maupun penambahan ruang terbuka hijau.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian dan kesimpulan di atas disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Saran untuk KLH bekerjasama dengan Dinas Perhubungan:

Melakukan perhitungan faktor emisi dengan memasukan semua faktor yang mempengaruhi yaitu pengukuran emisi yang dihasilkan pada saat *cold start emission*, tipe jalan, kondisi geografis wilayah, dan pola mengemudi, sehingga nilai yang didapatkan akan lebih mendekati nilai sebenarnya dan merefleksikan beban emisi kendaraan bermotor serta dapat diaplikasikan di seluruh kota di Indonesia sesuai dengan profil wilayahnya.

2. Saran untuk Polda Metrojaya:

Penerapan *ecodriving* untuk membuat dan perpanjangan SIM merupakan salah satu langkah efektif dalam mengurangi kepemilikan kendaraan dan memperbaiki pola mengemudi sehingga dapat menurunkan emisi kendaraan bermotor.

3. Saran untuk Dinas Perhubungan dan Pemda DKI Jakarta:

a. Kebijakan untuk memberikan penghargaan berupa pemotongan pajak untuk kendaraan beremisi rendah agar dapat menaikkan minat produsen kendaraan untuk memproduksi dan meningkatkan ketertarikan masyarakat untuk membeli kendaraan beremisi rendah.

b. Memperbaiki sistem manajemen transportasi baik dalam hal pembentukan moda transportasi yang terintegrasi maupun pengelolaan alat transportasi yang lebih profesional dan teratur yang dilakukan sesuai koridor daya dukung wilayahnya baik angkutan berbasis jalan raya, rel kereta api maupun air/sungai. Perlu penataan kembali rute bis dan angkutan umum, sehingga tidak terjadi penumpukan rute yang dapat membuat kemacetan.

c. Pemberian subsidi dalam rangka peningkatan mutu pelayanan angkutan umum untuk menekan harga harus menjadi fokus utama dari pemerintah karena harga memegang peranan penting dalam peralihan moda transportasi agar dapat menarik minat masyarakat untuk mengurangi penggunaan kendaraan motor pribadi.

4. Saran untuk Pemda DKI Jakarta dan masyarakat yaitu dengan pengembangan sistem monitoring transportasi kota untuk memperkuat peran dan respon masyarakat.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Al-Sudairawi, M.M, and Khan, A.R. (March 2005). Vehicle Emissions Monitoring and Control. *European Journal of Scientific Research*. (vol.1). USA: Lulu Press, Inc. Morrisville
- Asri, D,U and Hidayat, B., (2005). *Current Transportation Issues In Jakarta and Its Impact On Environment*. Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. (Vol.5). pp. 1792-1798.
- Alsy. (2009). *Kelebihan Sistem EFI*. November 1, 2009. <http://www.astraworld.com>.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan dan Aus AID. (Mei, 1999). *Catatan Instruktur. Kursus Pengelolaan Kualitas Udara*. Jakarta:PCI
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Penghijauan Sebagai Pereduksi CO₂ di Udara*. Studi Kasus Bandung-Cirebon. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. DPU
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2007). *Jakarta Dalam Angka 2007*. Jakarta:CV Nario Sari
- Badan Pusat Statistik Kota Administrasi Jakarta Selatan. (2008). *Jakarta Selatan Dalam Angka 2008*. Jakarta:CV Nario Sari
- Basuki,K.T., (Mei, 2007). *Penurunan Konsentrasi CO dan NO₂ Pada Emisi Gas Buang Dengan Menggunakan Media Penyisipan TiO₂ Lokal Pada Karbon Aktif*. JFN. (Vol.1). Yogyakarta: PTAPB-BATAN
- Bastian. (2009, November). *Jakarta Hadapi Ancaman Macet Total*. <http://www.otomotif.kompas.com>.
- Budihardjo, E. (2000). *Prediksi Dampak Penurunan Kualitas Udara Dengan Modeling Matematika*. Jakarta:UI Press
- Ceron, B., (2009). *Alternative Techniques to Assess Road Traffic Emissions*. Ecole Polytechnique Federale De Lausanne. Suisse
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press
- Davis, N., Lents, J., Osses, M., Nikkila, N., and Barth, M., (January, 2005). *Development and Application of an International Vehicle Emission Model*. 81st Annual Meeting. Washington.DC: Transportation Research Board

- Delucchi, M. (2006). *Emissions Of Criteria Pollutants, Toxic Air Pollutants, And Greenhouse Gases, From The Use Of Alternative Transportation Modes And Fuels* . Institute of Transportation Studies University of California, Davis, California
- Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota. (1999). *Rekayasa Lalu Lintas, Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Lalu Lintas di Wilayah Perkotaan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Darat
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2005). *Masterplan Transportasi Darat, Layanan Transportasi Darat yang Aman, Selamat, Mudah Dijangkau, Berdaya Saing dan Terintegrasi 2020*. Jakarta: Departemen Perhubungan
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2005). *Beberapa Kebijakan Sektor Transportasi Darat. Dalam Upaya Penghematan Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM)*.. Jakarta: Departemen Perhubungan
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (Maret 2008). *Perhubungan Darat Dalam Angka 2008*. Departemen Perhubungan. Oktober 17, 2009. <http://www.hubdat.web.id>.
- Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya. (2008). *Rekapitulasi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta*.
- Eggleston, S and Walsh, M. (1996). *Emission: Energy, Road Transport*. Paper on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. AEA. UK: Technology Environment.
- European Environment Agency. (1999). *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-1999*. November 25, 2009. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/AINT.pdf>
- European Environment Agency. (1999). *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook -- 1999* [Electronic version]. Retrieved January 8, 2002, from <http://reports.eea.europa.eu/EMEPCorinair3/en/page003.html>.
- European Monitoring and Evaluation Program - Coordination Information on the Environment in the European Community. (Agustus 23, 2007). *Emission Inventory Guidebook. Road Transport*. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/AINT.pdf>
- Faisal. (2009, April). *Polusi Mesin Kendaraan Bermotor*. Mei 30, 2009. <http://www.forumotomotifnet.com>.

- Faiz, A., and De Lardereel, J.A. (1993). *Automotive Air Pollution In Developing Countries: Outlook And Control Strategies*. The Science of the Total Environment, 134, 325-334.
- Faiz, A., Weaver, C.S., & Walsh, M.P. (1996). *Air Pollution From Motor Vehicles, Standards and Technologies for Controlling Emissions*. USA-Washington DC :The World Bank
- Fardiaz, S. (1996). *Pollusi Air & Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Haq, G., and Schwela, D. (2008). *Emission. Foundation Course on Air Quality Management in Asia*. Stockholm Environment Institute
- Ilyas, M. (Mei, 2004). *Mengatasi Emisi Melalui Perencanaan Sistem Transportasi Perkotaan dan Kebijakan Pengendaliannya*. Makalah. Bogor: IPB.
- Indonesian Multi-sectoral Action Plan Group on Vehicle Emissions Reduction. (2002). *Integrated Vehicle Emission Reduction Strategy for Greater Jakarta, Indonesia*. Action Plan. ADB-RETA 5937. Asian Development Bank.
- Isyana. (Juni 6, 2008). *Mengurangi Emisi Lewat Transportasi*. <http://www.mediaindonesia.com>.
- Japan International Cooperation Agency dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. (1997). *The Study On The Integrated Air Quality Management For Jakarta Metropolitan Area*. Final Report. (Volume I). Japan:Nippon Koei Co,LTD-Suuri Keikaku Co,LTD
- Japan International Cooperation Agency and National Development Planning Agency (BAPPENAS). (2004). *The Study on Integrated Transportation Master Plan (SITRAMP) for the Jabodetabek Phase 2*. Final Report. Technical Report.. Jakarta: PCI and ALMEC Corporation
- Japan International Cooperation Agency and National Development Planning Agency (BAPPENAS). (2001). *The Study on Integrated Transportation Master Plan (SITRAMP) for the Jabodetabek Phase 1*. Final Report.. Jakarta: PCI and ALMEC Corporation
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2006). *Status Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) 2006*. Jakarta: KNLH
- Komisi Penghapusan Bensin Bertimbang dan Kementerian Lingkungan Hidup (2006). *Laporan Kualitas Bahan Bakar 2006*. Jakarta: KNLH

- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2007). *Data Rekapitulasi Hasil Uji Emisi di Lima Wilayah di DKI Jakarta*. Jakarta: KNLH
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2007). *Kualitas Udara. Memprakirakan Dampak Lingkungan*. Panduan Penyusunan dan Pemeriksaan Dokumen UKL-UPL. KLH-DANIDA
- Kompas. (2009, November 25). *2010, Omzet Penjualan Sepeda Motor Nasional Mencapai Rp 65 triliun*. <http://www.kompas.com>
- Kusnoputranto, H. (1995). *Pengantar Toksikologi Lingkungan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kuwano, M, Fujiwara, A., and Zhang, J. (2005). *Analysis of Ownership Behavior of Low Emission Passenger Cars in Local Japanese Cities*. Proceeding of The Eastern Asia Society for Transportation Studies. (Vol 5) pp 1379-1393
- Kristanto, P., (2009). *Pengaruh Adulterasi Bahan Bakar Gasoline-Kerosene Terhadap Emisi Gas Buang dan Performansi Motor*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri. Universitas Kristen Petra. Surabaya
- Lesmana, T., (November 19, 2007). *Biaya Kemacetan Lalu Lintas*. <http://www.republika.co.id>.
- Lestari, P. (2007). *Laporan Pemantauan Kadar Pb Dalam Udara Ambien PUSARPEDAL*. Deputi Pembinaan Sarana Teknis dan Peningkatan Kapasitas. Jakarta: KLH.
- Lenz, J.M and Davis, N., (2004). *Pune Vehicle Activity Study*. Global Sustainable System Research. University of California at Riverside
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. (Februari, 1997). Direktorat Jenderal Bina Marga-Direktorat Bina Jalan Kota (Binkot). SWEROAD bekerjasama dengan PT. Bian Karya (Persero)
- Merhiayati. (2005). *Analisis Pengendalian Emisi Kendaraan Bermotor (Studi kasus DKI Jakarta dengan penerapan Kep.Men LH No. 141 Tahun 2003)*. Jenjang Magister. Program Studi ilmu Lingkungan. Program Pascasarjana. Jakarta: Universitas Indonesia
- Miro, F. (2005). *Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Mulyadi, R. (Mei 23, 2003). *Fahami Spesifikasi Mesin*. Oktober 27, 2009. Jakarta: Bisnis Indonesia

- Mukojo, H.J. (2005). *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Edisi Ketiga. Surabaya: Airlangga University Press.
- Neraca Kualitas Lingkungan Hidup Daerah. (2008). *Penyusunan Metode Estimasi Beban Pencemar dari Kendaraan Bermotor*. <http://langitbiru.menlh.go.id>.
- Organization For Economic Co-operation And Development and United Nation Environment Program. (1999). *Older Gasoline Vehicles. In Developing Countries and Economies Transition: Their Important and The Policy Option For Addressing Them*. Paris: United Nation Publication
- Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan-Kementerian Lingkungan Hidup. (2008). *Laporan Kualitas Udara Ambien Dari Stasiun Pemantauan (AQMS)*. Jakarta
- Raka, H, and Yonglian Ding. (2003). *Impact of Stops on Vehicle Fuel Consumption and Emissions*. Journal of Transportation Engineering. USA
- Ramachandra,TV, and Shweta. (2009). *Emission From India's Transport Sector: Statewise Synthesis*. Atmospheric Environment xxx.
- Sadat, D.N., Hanif, F., Napitupulu, L., Soejachmoen, M.H., Murhajanti, P., Syahril, S., dan Husin S., (2003). *Udara Bersih Hak Kita Bersama*. Jakarta: Pelangi.
- Santosh, A.J., and Reddy, T.S., (Juni, 2006). Assessment of the Impact of Improvement Measures on Air Quality: Case Study of Delhi. *Journal of Transportation Engineering*, 132:6 482
- Schipper, L., Lee A.T & Ora, H. (2008). *Measuring The Invisible Quantifying Emmision Reductions From Transport Solutions (Hanoi Case Study)*. World Resources Institute.
- Shafiepour, M and Kamalan, H. (2005). Air Quality Deterioration in Tehran Due Motorcycles. *Journal of Environment, Health, Science, Engeneering*. (vol.2 pp. 145-152). Iran
- Siregar, E.B.M., (2005). *Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya Pada Kesehatan Manusia*. Fakultas Pertanian. Program Studi Kehutanan. Universitas Sumatera Utara.
- Sudarmanto,B., (2008). *Potret Kondisi Emisi Gas Buang Kendaraan Di Jakarta*. Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia dan Lingkungan, Jakarta:UI
- Soedomo, M., (2001). *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*. Bandung: ITB

- Sulaksono, B. (1996). *Teknologi Untuk memurunkan emisi gas buang kendaraan*. Jurnal FTUP
- Susilo, Y.O., Joewono, T.B., Santosa, W dan Parikesit, D. (2007). *A Reflection of Motorization And Public Transport In Jakarta Metropolitan Area*. (vol. 31). IATSS Research
- Sutamihardja, RTM. (2006). *Toksikologi Lingkungan*. Jakarta: PSIL UI
- Suwarto, A. (1997). *Upaya Pengendalian Dampak Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Terhadap Petugas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Jakarta*. Program Studi Ilmu Lingkungan. Jakarta: UI
- Syahril, S. (2006). *Segera Hadir: Udara Bersih Di Jakarta*, Association Researcher Yayasan Pelangi Indonesia. Jakarta.
- The National Pollutant Inventory (NPI). (2000). *Emission Estimation Technique Manual for Aggregate Emissions From Motor Vehicles*. (Version 1.1). Australia.
- Unit Pelaksana Teknis - Pengujian Kendaraan Bermotor (UPT PKB). 2008. *Rekapitulasi Kendaraan Bermotor Uji Berkala di Wilayah Propinsi DKI Jakarta Tahun 2008*. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- United States - Environmental Protection Agency. (1998). *Control of Emissions of Air Pollution*. US Code of Federal Regulation.
- United States - Environmental Protection Agency. (1973). *Emission Factor*. September 5, 2008. <http://www.epa.gov/emission factors>
- United States - Environmental Protection Agency. (1996). *Document AP-42, Compilation Of Air Pollutant Factors* (vol.1). USA: Technology Transfer Network, Clearing House for Inventories and Emission factors
- United States - Environmental Protection Agency. (2003). *Regulatory Announcement. Public Health and Environmental Benefits of EPA's Proposed Program for Low Emission Nonroad Diesel Engines and Fuel*. Oktober 31, 2008. www.epa.gov/nonroad.
- United States - Environmental Protection Agency. (1973). *Emission Factors*. September 5, 2008. pk 07.29 WIB. <http://www.epa.gov/emission factors>.

Walsh, M., & Shah, J. (1997). *Clean Fuels For Asia: Technical Options For Moving Toward Unleaded Gasoline And Low-Sulfur Diesel*. Technical Paper No. 377. Washington, D.C: World Bank

Wiranatha, I.M. (2006). *Pedoman Penulisan Usulan Penelitian, Skripsi dan Tesis*. Yogyakarta: Andi

Yusad, Y. (2003). *Pohusi Udara di Kota-kota Besar di Dunia*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sumatera Utara

Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 tentang *Pengendalian Pencemaran Udara*

Peraturan Menteri Kementrian Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2006 tentang *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*

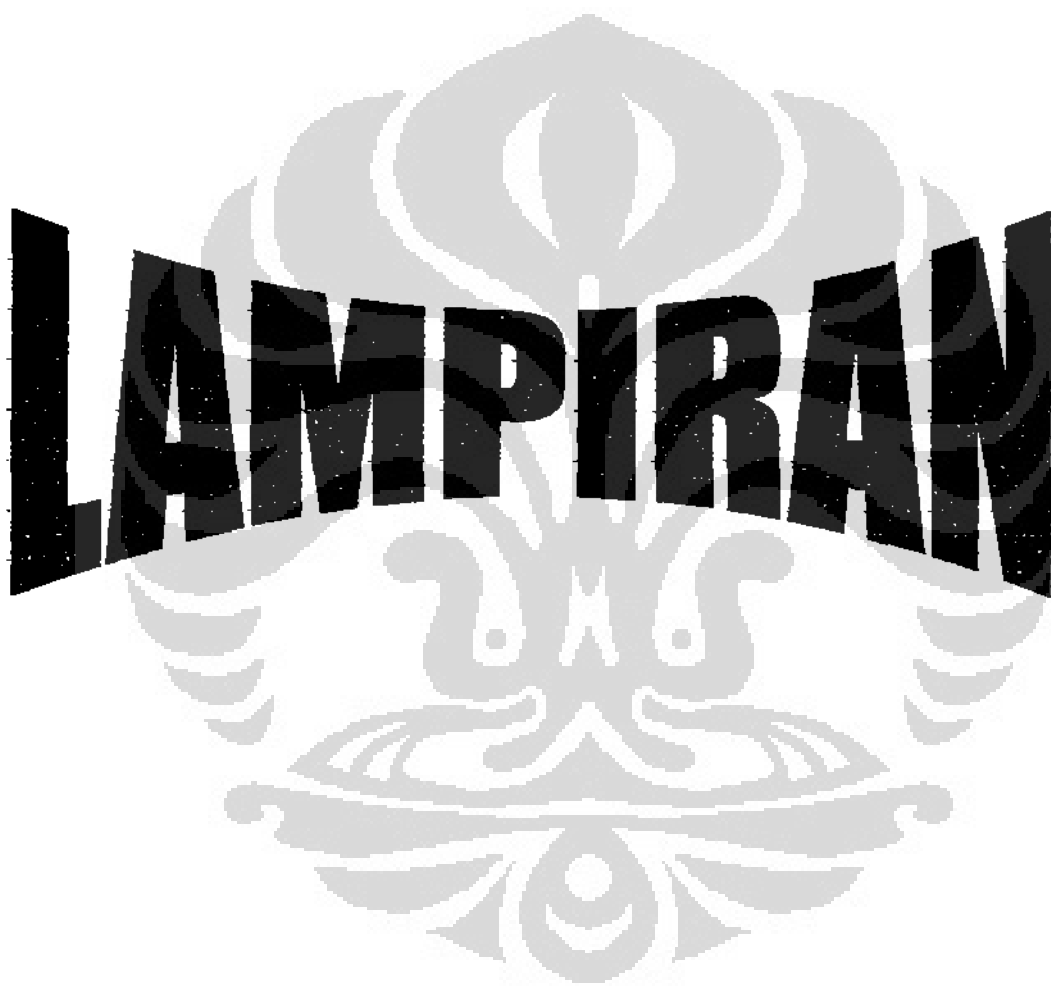
Keputusan Direktorat Minyak dan Gas No. 3674 K/24/DJM/2006 Tanggal 17 Maret 2006 tentang *Spesifikasi Bahan Bakar Gasolin di Indonesia*.

Keputusan Direktorat Minyak dan Gas. No.3675 K/24/DJM/2006 Tanggal 17 Maret 2006 tentang *Spesifikasi Bahan Bakar Diesel di Indonesia*

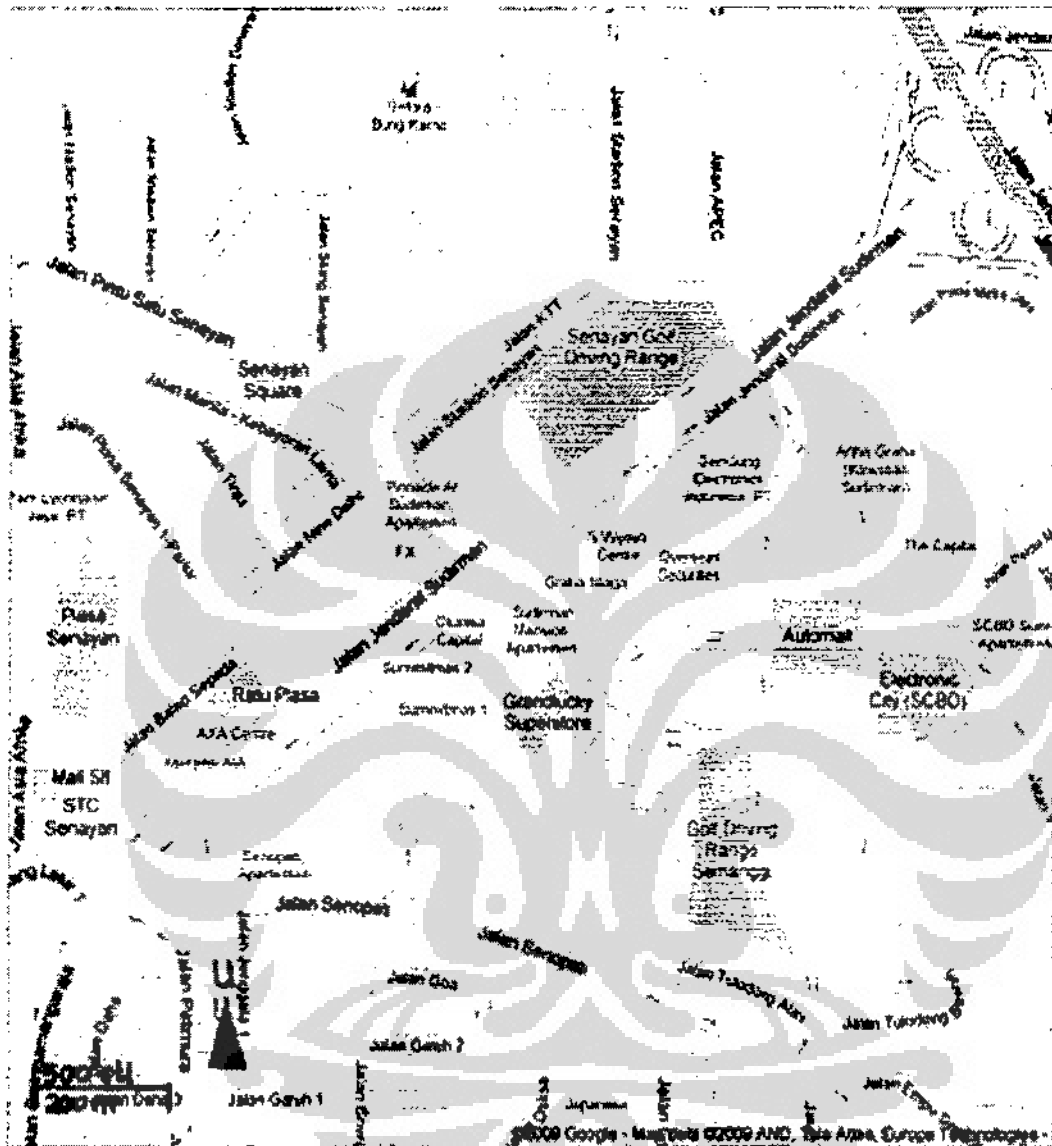
Keputusan Gubernur DKI Jakarta No.551 Tahun 2001 tentang *Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat Kebisingan di Propinsi DKI Jakarta*

Keputusan Menteri KLH No. 141 tahun 2003 tentang *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor yang Sedang Diproduksi (Current Production)*.

Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: Kep-107/Kabapedal/11/1997 tentang *Pedoman Teknis Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*



Lampiran A. Peta Lokasi Penelitian



Lampiran B Perhitungan Kecelakaan Kendaraan Berdasarkan MKII

Arah Blok M Semarang

Komposisi lalu lintas

| | | | |
|-----------------------|------|-----------|-------|
| Kendaraan Ringan (RV) | 1944 | Rasio (%) | 37,71 |
| Kendaraan Berat (KB) | 31 | | 0,59 |
| Sepeda Motor (SM) | 1379 | | 26,90 |
| Lumut lalu lintas | 2081 | | |

Jumlah 5135

LRIT 7681

faktor k

KIRUK

Q₁ = 1 x LRIT (Kendaraan)

2 x K₁

Data arus kendaraan per jam

| Zona | Jalur masuk | Jalur keluar | Kendaraan | Sepeda Motor |
|------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| 1 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 2 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 3 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 4 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 5 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 6 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 7 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 8 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 9 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 10 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 11 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 12 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 13 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 14 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 15 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 16 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 17 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 18 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 19 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 20 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 21 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 22 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 23 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 24 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 25 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 26 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 27 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 28 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 29 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 30 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 31 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 32 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 33 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 34 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 35 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 36 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 37 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 38 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 39 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 40 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 41 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 42 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 43 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 44 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 45 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 46 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 47 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 48 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 49 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 50 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 51 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 52 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 53 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 54 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 55 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 56 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 57 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 58 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 59 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 60 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 61 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 62 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 63 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 64 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 65 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 66 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 67 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 68 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 69 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 70 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 71 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 72 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 73 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 74 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 75 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 76 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 77 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 78 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 79 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 80 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 81 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 82 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 83 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 84 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 85 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 86 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 87 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 88 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 89 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 90 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 91 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 92 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 93 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 94 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 95 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 96 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 97 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 98 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 99 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |
| 100 | 1 | RV | 1,3 | 0,4 |

Kecelakaan yang terjadi berdasarkan dugaan

FV = FV₁ + FV₂ + FV₃ + FV₄ + FV₅

| Kelembaban | Kecelakaan antar | Faktor penyebab | Faktor penyebab | Kecelakaan |
|------------|------------------|-----------------|-----------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 21 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 24 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 28 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 29 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 30 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 31 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 32 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 33 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 34 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 35 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 36 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 37 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 38 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 39 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 40 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 41 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 42 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 43 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 44 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 45 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 46 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 47 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 48 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 49 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 51 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 52 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 53 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 54 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 55 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 56 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 57 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 58 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 59 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 61 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 62 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 63 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 64 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 65 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 66 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 67 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 68 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 69 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 70 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 71 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 72 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 73 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 74 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 75 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 76 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 77 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 78 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 79 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 81 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 82 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 83 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 84 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 85 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 86 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 87 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 88 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 89 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 90 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 91 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 92 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 93 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 94 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 95 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 96 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 97 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 98 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 99 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 100 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Kapasitas

C₁ x F₁ x F₂ x F₃ x F₄ x F₅

| Sudut | Kapabilitas | Kapasitas | Kapasitas |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 1 | 1 |
| 17 | 1 | 1 | 1 |
| 18 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | 1 | 1 | 1 |
| 21 | 1 | 1 | 1 |
| 22 | 1 | 1 | 1 |
| 23 | 1 | 1 | 1 |
| 24 | 1 | 1 | 1 |
| 25 | 1 | 1 | 1 |
| 26 | 1 | 1 | 1 |
| 27 | 1 | 1 | 1 |
| 28 | 1 | 1 | 1 |
| 29 | 1 | 1 | 1 |
| 30 | 1 | 1 | 1 |
| 31 | 1 | 1 | 1 |
| 32 | 1 | 1 | 1 |
| 33 | 1 | 1 | 1 |
| 34 | 1 | 1 | 1 |
| 35 | 1 | 1 | 1 |
| 36 | 1 | 1 | 1 |
| 37 | 1 | 1 | 1 |
| 38 | 1 | 1 | 1 |
| 39 | 1 | 1 | 1 |
| 40 | 1 | 1 | 1 |
| 41 | 1 | 1 | 1 |
| 42 | 1 | 1 | 1 |
| 43 | 1 | 1 | 1 |
| 44 | 1 | 1 | 1 |
| 45 | 1 | 1 | 1 |
| 46 | 1 | 1 | 1 |
| 47 | 1 | 1 | 1 |
| 48 | 1 | 1 | 1 |
| 49 | 1 | 1 | 1 |
| 50 | 1 | 1 | 1 |
| 51 | 1 | 1 | 1 |
| 52 | 1 | 1 | 1 |
| 53 | 1 | 1 | 1 |
| 54 | 1 | 1 | 1 |
| 55 | 1 | 1 | 1 |
| 56 | 1 | 1 | 1 |
| 57 | 1 | 1 | 1 |
| 58 | 1 | 1 | 1 |
| 59 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 1 | 1 | 1 |
| 61 | 1 | 1 | 1 |
| 62 | | | |

(Lanjutan)

Komposisi Bahan-bahan

| | | | | | |
|-----------------------|-------|-----------|-------|---------|------|
| Kandungan Berman (IV) | 35,54 | Rasio (%) | 37,09 | Isotark | 0,09 |
| Kandungan Berman (IV) | 7,5 | | | | |
| Sepeda Motor (SAC) | 25,09 | | | | |
| Jumlah aplikasinya | 52,08 | | | | |

Hitung
 $Q = \frac{1}{2} \times \text{UHR} \times \text{Kandungan}$
 $454,01$
 Data untuk kendaraan per jam

| Berth | Waktu berth | Kecepatan | Waktu perantara | Waktu motor | Waktu total |
|-------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-------------|
| 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 4,5 |
| 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 4,5 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 24 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 28 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 32 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 36 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 40 |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 44 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 48 |
| 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 52 |
| 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 56 |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 60 |
| 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 64 |
| 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 68 |
| 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 72 |
| 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 76 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 80 |
| 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 84 |
| 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 88 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 92 |
| 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 96 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 |

Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers
 $P_{10} = (P_{10} + P_{10}) / P_{10} + P_{10}$

| Kategori | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers |
|----------|---|---|---|---|
| 1 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 2 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 3 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 4 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 5 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 6 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 7 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 8 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 9 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 10 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 11 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 12 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 13 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 14 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 15 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 16 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 17 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 18 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 19 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 20 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 21 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 22 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 23 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 24 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 25 | 44 | 0 | 44 | 44 |

Kapabilitas
 $C_{10} \times P_{10} \times P_{10} \times P_{10} \times P_{10}$

| Kategori | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers |
|----------|---|---|---|---|
| 1 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 2 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 3 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 4 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 5 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 6 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 7 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 8 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 9 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 10 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 11 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 12 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 13 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 14 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 15 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 16 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 17 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 18 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 19 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 20 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 21 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 22 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 23 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 24 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 25 | 44 | 0 | 44 | 44 |

Kapabilitas kendaraan di pers

| Kategori | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers | Kapabilitas awal sebelum kedatangan di pers |
|----------|---|---|---|---|
| 1 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 2 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 3 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 4 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 5 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 6 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 7 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 8 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 9 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 10 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 11 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 12 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 13 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 14 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 15 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 16 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 17 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 18 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 19 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 20 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 21 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 22 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 23 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 24 | 44 | 0 | 44 | 44 |
| 25 | 44 | 0 | 44 | 44 |

$P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) satu arah bebas dalam 1/2 jam, 10/100, 1/100, semua kendaraan
 $P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) satu arah bebas dalam 1/2 jam, 10/100, 1/100, semua kendaraan
 $P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) dengan lajur bus tambahan samping tengah lajur bebas samping 1,5 m x 0,25
 $P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) dengan lajur bus tambahan samping tengah lajur bebas samping 1,5 m x 0,25
 $P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) dengan lajur bus tambahan samping tengah lajur bebas samping 1,5 m x 0,25

$P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) dengan lajur bus tambahan samping tengah lajur bebas samping 1,5 m x 0,25
 $P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) dengan lajur bus tambahan samping tengah lajur bebas samping 1,5 m x 0,25
 $P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) dengan lajur bus tambahan samping tengah lajur bebas samping 1,5 m x 0,25
 $P_{10} =$ tipe jalan 2 jalur satu arah (2,710) dengan lajur bus tambahan samping tengah lajur bebas samping 1,5 m x 0,25

(1 dari 12)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|-----------|-------|-------|------|
| Kategori Pekerjaan | Jumlah | Rasio (%) | 14,87 | 1,885 | 0,09 |
| Kendaraan Bopeng (KV) | 2114 | 64,40 | | | |
| Kendaraan Besar (KB) | 15 | 0,40 | | | |
| Sepeda Motor (MK) | 696 | 19,80 | | | |
| Jumlah seluruhnya | 1825 | | | | |

$P_{10} = 2 \times 0,047 (1800/10)$
 $P_{10} = 169,62$
 Data besar berdasarkan galat jam

Upp jalan 2 jalur tak terbayar
 dan jalur tak terbayar (ZZ, UU) dan jalan satu arah di bendungan = NV 2,20 KRC motor gas dan standar 1,20 m²
 dan jalur tak terbayar (ZZ, UU) dan jalan satu arah 31000 litem/d/jam = NV 1,2 KRC motor gas dan standar 1,20 m²
 dan jalur tak terbayar (ZZ, UU) dan jalan satu arah 31000 litem/d/jam = NV 1,2 KRC motor gas dan standar 1,20 m²

| Batu | Jenis batu | Jumlah | Rasio (%) | 14,87 | 1,885 | 0,09 | Kend. besar | | Kend. motor | | Kend. lain |
|------|------------|--------|-----------|-------|-------|------|-------------|-----|-------------|-----|------------|
| | | | | | | | NV | KRC | NV | KRC | |
| 1.1 | granit | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1.2 | granit | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | batu | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 3 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 0,03 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | |

(lanjutan)

Komponen Laboratorium

| | Jumlah | Penda (Rp) | UMRT | Factor A |
|-----------------------|--------|------------|------|----------|
| Kendaraan Ringan (RV) | 3132 | 51.87 | 6037 | 0.39 |
| Kendaraan Berat (BV) | 22 | 1.36 | | |
| Sepeda Motor (SM) | 2813 | 46.67 | | |
| Jumlah seluruhnya | 6027 | | | |

Hutang = k x UMRT (Kondisi) / 542.43

Uraian: dua jalur tak terbagi
dua jalur tak terbagi (2/2) UPT
dua jalur tak terbagi (2/2) UPT dengan lebar 3,25m (2x2) dengan lebar 3,25m

Data arus kendaraan per jam

| Baris | Tipe land | Arus kendaraan | Kapasitas | Factor pengisian | Waktu tunggu | Waktu parkir |
|-------|-------------|----------------|-----------|------------------|--------------|--------------|
| 1.1 | emp. Arch 1 | RV | RV | 3.1 | 3.1 | 5.81 |
| 1.1 | emp. Arch 2 | BV | BV | 3.1 | 3.1 | 0.25 |
| 2 | Arch | Kendaraan | Kendaraan | 3 | 3 | 6 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1+2 | 3132 | 82 | 75.6 | 2819 | 6027 |
| | | | | | | 313.65 |
| | | | | | | 60% |
| | | | | | | 0.55 |

Kapasitas atau lebar kendaraan
 $PV = (PV_1 + PV_2) \times FV_1 \times FV_2$

| Sudut/arah | Kapasitas atau lebar jalan | Factor penyusutan | PV_1/PV_2 | Factor penyusutan | Uraian | Kapasitas |
|------------|----------------------------|-------------------|-------------|-------------------|--------|-----------|
| 1 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 2 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 3 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 4 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 5 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 6 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 7 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 8 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 9 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 10 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |

Kapasitas $C = C_0 \times F_C \times F_L \times F_G \times F_S$

| Sudut/arah | Kapasitas dasar | Lebar/jalur | Factor penyusutan | Factor penyusutan | Uraian | Kapasitas |
|------------|-----------------|-------------|-------------------|-------------------|--------|-----------|
| 1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 2 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 3 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 4 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 5 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 6 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 7 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 8 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 9 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |
| 10 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Table C-1.1 | Uraian | 5975.6 |

Kapasitas kendaraan dengan

| Sudut/arah | Arahan | Lebar/jalur | Factor penyusutan | Factor penyusutan | Uraian | Kapasitas |
|------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|--------|-----------|
| 1 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 2 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 3 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 4 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 5 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 6 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 7 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 8 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 9 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |
| 10 | lebar jalan | Table B-2.1 | 1+3 | Table B-4.1 | Uraian | 49316 |

3. Analisis

Komponen Bahan Baku

| Kondoran Mangan (Mn) | Jumlah | Rasio (%) | UHF | Faktor k |
|----------------------|--------|-----------|-------|----------|
| Kondoran Besi (Fe) | 1235 | 20,22 | 2,168 | 0,29 |
| Sepena Kalsium (Ca) | 515 | 29,89 | | |
| Jumlah seluruhnya | 1750 | | | |

Hitung
 $Q_0 = 4 \times \text{faktor k}$
 $154,72$
 Dosis awal kondoran per ton

Yang harus dicampur (1272 UHF) dan awal bahan di kondoran = 449,13. Maka bahan yang harus dicampur adalah: 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13. Maka bahan yang harus dicampur adalah: 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13.

| Aspek | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF | 1272 UHF |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 2 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 3 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 4 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 5 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 6 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 7 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 8 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 9 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 10 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |

Konsepkan awal bahan kondoran/Algas
 $PV = (P_{10} + P_{11}) \times F_{10} + P_{12}$

| Sifat/kras | Espektasi awal bahan kondoran/Algas | Aspek persyaratan | P_{10}, P_{11}, P_{12} | Material | Uraian | Inspeksi |
|------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|----------|--------|----------|
| 1 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 2 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 3 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 4 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 5 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 6 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 7 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 8 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 9 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 10 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |

Cek $X \times F_{10} + F_{11} + F_{12} \times F_{10} + F_{12}$

| Sifat/kras | Konsepkan awal bahan kondoran/Algas | Aspek persyaratan | P_{10}, P_{11}, P_{12} | Material | Uraian | Inspeksi |
|------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|----------|--------|----------|
| 1 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 2 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 3 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 4 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 5 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 6 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 7 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 8 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 9 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 10 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |

Ekspektasi kondoran/Algas

| Sifat/kras | Zat kondoran | Peringkat Ekspektasi | Konsepkan awal bahan kondoran/Algas | Uraian | Inspeksi |
|------------|--------------|----------------------|-------------------------------------|--------|----------|
| 1 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 2 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 3 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 4 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 5 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 6 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 7 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 8 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 9 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |
| 10 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 | 1272 |

$P_{10} =$ 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13. Maka bahan yang harus dicampur adalah: 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13.
 $P_{11} =$ 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13. Maka bahan yang harus dicampur adalah: 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13.
 $P_{12} =$ 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13. Maka bahan yang harus dicampur adalah: 1272 UHF dan awal bahan di kondoran = 449,13.

(Lanjutan)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|-----------|------|------|----------|
| Komponen Laboratorium | Jumlah | Manja (M) | LHRT | KOEF | Faktor's |
| Kendaraan Ringan (KM) | 3333 | 39,33 | | | 0,25 |
| Kendaraan Berat (KB) | 64 | 0,77 | | | |
| Spesies besar (SB) | 4881 | 59,81 | | | |
| Suamih angkutnya | 8723 | | | | |

Hitung
 $C_{10} = 10 \times 1000 \times (1000/2000) = 5000$
 Data awal landasan per jam

1 ton jalan = dua lapis tak terbagi
 dan lapis tak terbagi (2x 100) dengan tebal 10 (1000/100) = 100. Untuk lebar jalan 10m, maka 1000/10 = 100. Untuk lebar jalan 10m, maka 1000/10 = 100.
 dua lapis tak terbagi (2x 100) dengan tebal 10 (1000/100) = 100. Untuk lebar jalan 10m, maka 1000/10 = 100.

| Basis | Dipn (ton) | Kendaraan | Kendaraan | Kendaraan | Kendaraan | | Kendaraan | Kendaraan |
|-------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-----------|-----------|
| | | | | | EV | EV | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

Kapasitas area beban landasan tipe
 $P_{10} = (F_{10} \times F_{10}) + (F_{10} \times F_{10})$

| Soal/Aspek | Kapasitas area beban landasan tipe | Faktor perbandingan | Uraian | Keterangan |
|------------|------------------------------------|---------------------|--------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

Kapasitas
 $C_{10} = F_{10} \times F_{10} \times F_{10} \times F_{10}$

| Soal/Aspek | Kapasitas | Faktor perbandingan | Uraian | Keterangan |
|------------|-----------|---------------------|--------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

Kapasitas Bandaran tipe

| Soal/Aspek | Kapasitas Bandaran tipe | Faktor perbandingan | Uraian | Keterangan |
|------------|-------------------------|---------------------|--------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100
 F₁₀ = 100 (dua lapis tak terbagi) / 100 (dua lapis tak terbagi) = 100

C₁₀ = 2 lapis tak terbagi = 2000 (ton/jam)
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000
 C₁₀ = 2 lapis tak terbagi (dua lapis tak terbagi) 2 lapis tak terbagi = 2000

(Lanjutan)

| Komponen | Jumlah | Pada (P) | Unit | KGS | Faktor |
|----------------------|--------|----------|------|-----|--------|
| Kendaraan Ringan (V) | 1884 | 44,75 | | | 0,09 |
| Kendaraan Berat (B) | 22 | 0,23 | | | |
| Sepeda Motor (M) | 1502 | 50,52 | | | |
| Jumlah kendaraan | 3408 | | | | |

$Q = K \times (V \times F_V) + (B \times F_B) + (M \times F_M)$
 $Q = 1884 \times (44,75 \times 0,09) + 22 \times 0,23 + 1502 \times 50,52$
 $Q = 10993,3$

| No | Spesifikasi | Unit | Kendaraan | Spesifikasi | Unit | Kendaraan | Spesifikasi | Unit | Kendaraan |
|----|---------------|------|-------------|---------------|------|-------------|---------------|------|-------------|
| 1 | Spesifikasi 1 | 1 | Kendaraan 1 | Spesifikasi 1 | 1 | Kendaraan 1 | Spesifikasi 1 | 1 | Kendaraan 1 |
| 2 | Spesifikasi 2 | 1 | Kendaraan 2 | Spesifikasi 2 | 1 | Kendaraan 2 | Spesifikasi 2 | 1 | Kendaraan 2 |
| 3 | Spesifikasi 3 | 1 | Kendaraan 3 | Spesifikasi 3 | 1 | Kendaraan 3 | Spesifikasi 3 | 1 | Kendaraan 3 |

$PV = P_{V1} + P_{V2} + P_{V3} + P_{V4}$
 $PV = 10993,3 + 10993,3 + 10993,3 + 10993,3$

| Spesifikasi | Kendaraan | Faktor | P _{V1} , P _{V2} , P _{V3} , P _{V4} | Kendaraan | Unit | Kendaraan | Unit | Kendaraan | Unit |
|---------------|-------------|----------|---|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| Spesifikasi 1 | Kendaraan 1 | Faktor 1 | P _{V1} | Kendaraan 1 | 1 | Kendaraan 1 | 1 | Kendaraan 1 | 1 |
| Spesifikasi 2 | Kendaraan 2 | Faktor 2 | P _{V2} | Kendaraan 2 | 1 | Kendaraan 2 | 1 | Kendaraan 2 | 1 |
| Spesifikasi 3 | Kendaraan 3 | Faktor 3 | P _{V3} | Kendaraan 3 | 1 | Kendaraan 3 | 1 | Kendaraan 3 | 1 |
| Spesifikasi 4 | Kendaraan 4 | Faktor 4 | P _{V4} | Kendaraan 4 | 1 | Kendaraan 4 | 1 | Kendaraan 4 | 1 |

$Q_{K} = K_{V1} + K_{V2} + K_{V3} + K_{V4}$

| Spesifikasi | Kendaraan | Faktor | P _{V1} , P _{V2} , P _{V3} , P _{V4} | Kendaraan | Unit | Kendaraan | Unit | Kendaraan | Unit |
|---------------|-------------|----------|---|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| Spesifikasi 1 | Kendaraan 1 | Faktor 1 | P _{V1} | Kendaraan 1 | 1 | Kendaraan 1 | 1 | Kendaraan 1 | 1 |
| Spesifikasi 2 | Kendaraan 2 | Faktor 2 | P _{V2} | Kendaraan 2 | 1 | Kendaraan 2 | 1 | Kendaraan 2 | 1 |
| Spesifikasi 3 | Kendaraan 3 | Faktor 3 | P _{V3} | Kendaraan 3 | 1 | Kendaraan 3 | 1 | Kendaraan 3 | 1 |
| Spesifikasi 4 | Kendaraan 4 | Faktor 4 | P _{V4} | Kendaraan 4 | 1 | Kendaraan 4 | 1 | Kendaraan 4 | 1 |

$Q_{K} = 10993,3 + 10993,3 + 10993,3 + 10993,3$

| Spesifikasi | Kendaraan | Faktor | P _{V1} , P _{V2} , P _{V3} , P _{V4} | Kendaraan | Unit | Kendaraan | Unit | Kendaraan | Unit |
|---------------|-------------|----------|---|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| Spesifikasi 1 | Kendaraan 1 | Faktor 1 | P _{V1} | Kendaraan 1 | 1 | Kendaraan 1 | 1 | Kendaraan 1 | 1 |
| Spesifikasi 2 | Kendaraan 2 | Faktor 2 | P _{V2} | Kendaraan 2 | 1 | Kendaraan 2 | 1 | Kendaraan 2 | 1 |
| Spesifikasi 3 | Kendaraan 3 | Faktor 3 | P _{V3} | Kendaraan 3 | 1 | Kendaraan 3 | 1 | Kendaraan 3 | 1 |
| Spesifikasi 4 | Kendaraan 4 | Faktor 4 | P _{V4} | Kendaraan 4 | 1 | Kendaraan 4 | 1 | Kendaraan 4 | 1 |

$Q_{K} = 10993,3 + 10993,3 + 10993,3 + 10993,3$
 $Q_{K} = 43973,2$

| Kecepatan (km/h) | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Kecepatan minimum (V _{min}) | 3000 | 3400 | 3800 | 4200 | 4600 | 5000 |
| Kecepatan normal (V _{nom}) | 3400 | 3800 | 4200 | 4600 | 5000 | 5400 |
| Kecepatan maksimum (V _{max}) | 3800 | 4200 | 4600 | 5000 | 5400 | 5800 |

Kecepatan normal (V_{nom}) = 1,2 * V_{min} = 1,2 * 3000 = 3600 km/h
 Kecepatan maksimum (V_{max}) = 1,4 * V_{min} = 1,4 * 3000 = 4200 km/h

| Daya (kW) | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Daya minimum (P _{min}) | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| Daya normal (P _{nom}) | 120 | 144 | 172 | 200 | 228 | 256 |
| Daya maksimum (P _{max}) | 140 | 172 | 204 | 236 | 268 | 300 |

Kecepatan awal jelatan beraturan (V₀) = 1,2 * V_{min} = 3600 km/h
 Kecepatan akhir jelatan beraturan (V₁) = 1,4 * V_{min} = 4200 km/h

| Waktu (s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Waktu minimum (t _{min}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Waktu normal (t _{nom}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Waktu maksimum (t _{max}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Kecepatan awal jelatan beraturan (V₀) = 1,2 * V_{min} = 3600 km/h
 Kecepatan akhir jelatan beraturan (V₁) = 1,4 * V_{min} = 4200 km/h

| Waktu (s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Waktu minimum (t _{min}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Waktu normal (t _{nom}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Waktu maksimum (t _{max}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Kecepatan awal jelatan beraturan (V₀) = 1,2 * V_{min} = 3600 km/h
 Kecepatan akhir jelatan beraturan (V₁) = 1,4 * V_{min} = 4200 km/h

| Waktu (s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Waktu minimum (t _{min}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Waktu normal (t _{nom}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Waktu maksimum (t _{max}) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Lampiran C. Spesifikasi Bahan Bakar Gasoline di Indonesia.

| No | Characteristic | Units | Limits | | | | Testing Methods | |
|----|--|-------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------|
| | | | Unleaded | | Leaded | | ASTM | Others |
| | | | Min. | Max. | Min. | Max. | | |
| 1 | Octane Number - Research Octane Number - (RON) - Motor Octane Number - (MON) | RON | 88.0 | - | 88.0 | - | D 2699 -86 D 2700 -86 | |
| 2 | Oxidation Stability (induction periods) | Minuta | 360 | - | 360 | - | D 525 -99 | |
| 3 | Sulfur Content | % m/m | - | 0,05 ¹⁾ | - | 0,05 ¹⁾ | D 2622 -98 | |
| 4 | Lead Content (Pb) | g/l | - | 0,013 | - | 0,3 | D 3237 -97 | |
| 5 | Distillation : | | | | | | | |
| | 10% vol. vapor | °C | - | 74 | - | 74 | | |
| | 50% vol. vapor | °C | 88 | 125 | 88 | 125 | | |
| | 90% vol. vapor | °C | - | 180 | - | 180 | | |
| | Final Boiling Point | °C | - | 215 | - | 205 | | |
| | Residue | % vol | - | 2,0 | - | 2,0 | | |
| 6 | Oxygen Content | % m/m | - | 2,7 ²⁾ | - | 2,7 ²⁾ | D 4815 -94a | |
| 7 | Washed Gum | mg/100ml | - | 5 | - | 5 | D 381 -99 | |
| 8 | Steam Pressure | kPa | - | 62 | - | 62 | D 5191-99 or D 323 | |
| 9 | Specific Mass (at 15 °C) | kg/m ³ | 715 | 780 | 715 | 780 | D 4052-90 or D1298 | |
| 10 | Copper Corrosion | Metil | Class 1 | | Class 1 | | D 130 - 94 | |
| 11 | Doctor Test | | Negative | | Negative | | | IP 30 |
| 12 | Sulfur Mercaptan | % mass | - | 0,002 | - | 0,002 | D 3227 | |
| 13 | Visual Appearance | | Clear and Bright | | Clear and Bright | | | |
| 14 | Color | | Red | | Red | | | |
| 15 | Coloring Content | g/100 l | 0,13 | | 0,13 | | | |
| 16 | Odor | | Marketable | | Marketable | | | |

Sumber: Keputusan Direktorat Minyak dan Gas Bumi No 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

Sumber: Keputusan Direktorat Minyak dan Gas No. 3674 K/24/DJM/2006 Tanggal 17 Maret 2006.

Catatan umum:

- 1) Bahan aditif harus kompatibel dengan minyak mesin (tidak boleh menambah deposit mesin/limbah), aditif mengandung senyawa yang menghasilkan abu tidak diperkenankan.
- 2) Perawatan dengan baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, udara, bahan bakar lainnya).

Catatan kaki:

- 1) Limit 0,05% setara dengan 500 ppm
- 2) Jika digunakan senyawa *oxygenate*, tipe eter lebih disukai. Penggunaan etanol diperbolehkan sampai 10% volume (menurut ASTM, alkohol dengan jumlah karbon ≥ 2 dibatasi sampai maksimum 0,1% volume. Penggunaan metanol dilarang.

(sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2006)

Lampiran D. Spesifikasi Bahan Bakar Diesel di Indonesia

| No | Characteristic | Units | Limits | | Testing methods | |
|----|---------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------|
| | | | Min | Max | ASTM | Other |
| 1 | Cetane numbers | | | | | |
| | - Cetane numbers of | - | 48 | - | D 613-95 | |
| | - Cetane Index | - | 45 | - | D 4737-96A | |
| 2 | Specific Mass (at 15°C) | Kg/m ³ | 815 | 870 | D 1298 or D 4052-96 | |
| 3 | Viscosity (at 40°C) | mm ² /s | 2,0 | 5,0 | D 445-97 | |
| 4 | Sulfur Content | % m/m | - | 0,35 ¹⁾ | D 2622-98 | |
| 5 | Distillation | | | | D 86-99a | |
| | T95 | °C | - | 370 | | |
| 6 | Flash point | °C | 60 | - | D 93-99c | |
| 7 | Pouring Point | °C | - | 18 | D 97 | |
| 8 | Carbon Residu | % m/m | - | 0,1 | D 4530-93 | |
| 9 | Water Content | mg/Kg | - | 500 | D 1744-92 | |
| 10 | Biological Growth*) | - | Not Exist | | | |
| 11 | FAME Content*) | % v/v | - | 10 | | |
| 12 | Methanol and Ethanol Content *) | % v/v | Not Detected | | D 4815 | |
| 13 | Cooper Corrosion | Merit | - | Class 1 | D 130-94 | |
| 14 | Ash Content | % m/m | - | 0,01 | D 482-95 | |
| 15 | Sediment Content | % m/m | - | 0,01 | D 473 | |
| 16 | Strong Acid Content | mg KOH/g | - | 0 | D 664 | |
| 17 | Total Acid Number | mg KOH/g | - | 0,6 | D 664 | |
| 18 | Particulate | mg/L | - | - | D 2276-99 | |
| 19 | Visual Appearance | - | Clear and Bright | | | |
| 20 | Color | No.ASTM | - | 3,0 | D 1500 | |

Sumber: Keputusan Direktorat Minyak dan Gas No.3675 K/24/DJM/2006 Tanggal 17 Maret 2006

* Khusus untuk bahan bakar diesel yang mengandung biodiesel, tipe dan spesifikasi mengacu pada standar pemerintah.

Catatan umum:

- 1) Bahan aditif harus kompatibel dengan minyak mesin (tidak boleh menambah deposit mesin/limbah), aditif mengandung senyawa yang menghasilkan abu tidak diperkenankan.
- 2) Perawatan dengan baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, udara, bahan bakar lainnya).
- 3) Proses pelabelan harus sesuai dan terdefinisi.

Catatan kaki:

- 1) Limit 0,05% setara dengan 500 ppm.
- 2) Jika digunakan senyawa *oxygenate*, tipe eter lebih disukai. Penggunaan etanol diperbolehkan sampai 10% volume (menurut ASTM, alkohol dengan jumlah karbon >2 dibatasi sampai maksimum 0,1% volume. Penggunaan metanol dilarang.

(sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2006)

Lampiran E. Nilai Faktor Emisi Berdasarkan Kecepatan Kendaraan

| CO (g/km) | 5-10 | 10-15 | 15-25 | 25-40 | 40-60 | 60-80 |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Sepeda motor | 19,59 | 15,59 | 13,18 | 11,06 | 0 | 0 |
| Mobil berpenumpang | 41,68 | 26,98 | 18,71 | 13,42 | 10,45 | 8,87 |
| Taksi | 29,11 | 18,85 | 13,07 | 9,38 | 7,31 | 6,2 |
| Mikrobis | 55,75 | 40,52 | 30,31 | 21,52 | 14,54 | 14,36 |
| Bis | 33,22 | 24,46 | 18,65 | 13,7 | 9,79 | 9,26 |
| Van | 34,91 | 25,36 | 19,98 | 16,53 | 14,61 | 13,58 |
| Pick-up | 31,41 | 22,82 | 17,98 | 14,87 | 13,15 | 12,23 |
| Truk 2-as | 5,04 | 3,92 | 3,22 | 2,66 | 2,24 | 1,89 |
| Truk 3-as | 10,8 | 8,4 | 6,9 | 5,7 | 4,8 | 4,05 |
| HC (g/km) | | | | | | |
| Sepeda motor | 8,48 | 6,07 | 4,57 | 3,3 | 0 | 0 |
| Mobil berpenumpang | 5,06 | 3,38 | 2,44 | 1,84 | 1,5 | 1,32 |
| Taksi | 3,58 | 2,39 | 1,73 | 1,31 | 1,07 | 0,94 |
| Mikrobis | 6,5 | 4,48 | 3,7 | 2,7 | 1,87 | 1,34 |
| Bis | 7,38 | 5,21 | 4,08 | 3,09 | 2,27 | 1,84 |
| Van | 7,35 | 4,21 | 2,44 | 1,88 | 1,56 | 1,4 |
| Pick-up | 6,64 | 3,81 | 2,22 | 1,71 | 1,42 | 1,28 |
| Truk 2-as | 3,5 | 2,52 | 1,89 | 1,47 | 1,28 | 0,98 |
| Truk 3-as | 7,5 | 5,4 | 4,05 | 3,15 | 2,4 | 2,1 |
| NO_x (g/km) | | | | | | |
| Sepeda motor | 0,09 | 0,08 | 0,9 | 0,1 | 0 | 0 |
| Mobil berpenumpang | 2,78 | 2,77 | 2,24 | 2,25 | 2,22 | 3,39 |
| Taksi | 2,67 | 2,39 | 2 | 1,98 | 1,94 | 2,72 |
| Mikrobis | 4,78 | 6,69 | 6,21 | 5,97 | 8,06 | 7,45 |
| Bis | 16,79 | 14,23 | 11,73 | 10 | 10,77 | 10,3 |
| Van | 3,43 | 3,1 | 2,95 | 3,1 | 3,38 | 4,4 |
| Pick-up | 3,4 | 3,01 | 2,83 | 2,93 | 3,17 | 4,09 |
| Truk 2-as | 11,97 | 9,1 | 7,21 | 5,88 | 5,67 | 5,53 |
| Truk 3-as | 25,65 | 19,5 | 15,45 | 12,6 | 12,15 | 11,85 |
| SO₂ (g/km) | | | | | | |
| Sepeda motor | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 |
| Mobil berpenumpang | 0,18 | 0,16 | 0,13 | 0,1 | 0,08 | 0,09 |
| Taksi | 0,28 | 0,25 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | 0,15 |
| Mikrobis | 0,76 | 0,66 | 0,56 | 0,46 | 0,38 | 0,4 |
| Bis | 2,75 | 2,45 | 2,09 | 1,76 | 1,43 | 1,54 |
| Van | 0,13 | 0,12 | 0,1 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| Pick-up | 0,31 | 0,27 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,17 |
| Truk 2-as | 2 | 1,76 | 1,52 | 1,28 | 1,04 | 1,12 |
| Truk 3-as | 4,5 | 3,96 | 3,42 | 2,88 | 2,34 | 2,52 |
| PM₁₀ (g/km) | | | | | | |
| Sepeda motor | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Mobil berpenumpang | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Taksi | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,22 |
| Mikrobis | 0,87 | 0,84 | 0,8 | 0,76 | 0,74 | 0,77 |
| Bis | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| Van | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Pick-up | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| Truk 2-as | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| Truk 3-as | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| Jumlah | 405,92 | 300,78 | 234,75 | 186,79 | 148,99 | 143,23 |

Lampiran F Nilai Beban Pencemaran Emisi Kendaraan Bermotor Berdasarkan Kecepatan Kendaraan

| Jenis kendaraan | jumlah kendaraan | CO (g/km) | | HC (g/km) | | NO _x (g/km) | | SO ₂ (g/km) | | PM ₁₀ (g/km) | |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam |
| Sepeda motor | 40255 | 11,06 | 0 | 3,3 | 0 | 0,1 | 0 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 |
| Mobil berpenumpang | 40110 | 13,42 | 10,45 | 1,84 | 1,5 | 2,25 | 2,22 | 0,1 | 0,08 | 0,16 | 0,16 |
| Bis | 988 | 18,85 | 13,07 | 4,08 | 3,09 | 11,73 | 10 | 2,09 | 1,76 | 1,4 | 1,4 |
| Van | 256 | 21,52 | 14,54 | 2,7 | 1,87 | 5,97 | 8,06 | 0,46 | 0,38 | 0,76 | 0,74 |
| Mikrobus | 935 | 13,7 | 9,79 | 3,09 | 2,27 | 10 | 10,77 | 1,76 | 1,43 | 1,4 | 1,4 |
| Pick-up | 173 | 14,87 | 13,15 | 1,88 | 1,56 | 2,93 | 3,17 | 0,19 | 0,16 | 0,27 | 0,27 |
| Truk 2-as | 107 | 2,66 | 2,24 | 1,47 | 1,28 | 5,88 | 5,67 | 1,28 | 1,04 | 1,4 | 1,4 |

| Jenis kendaraan | jumlah kendaraan | CO (ton/hari) | | HC (ton/hari) | | NO _x (ton/hari) | | SO ₂ (ton/hari) | | PM ₁₀ (ton/hari) | |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| | | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam |
| Sepeda motor | 40255 | 445220,30 | 0,00 | 132841,50 | 0,00 | 4025,50 | 0,00 | 402,55 | 0,00 | 402,55 | 402,55 |
| Mobil berpenumpang | 40110 | 538269,49 | 419144,28 | 73801,48 | 60164,25 | 90246,38 | 89043,09 | 4010,95 | 3208,76 | 6417,52 | 6417,52 |
| Bis | 988 | 18623,80 | 12913,16 | 4031,04 | 3052,92 | 11589,24 | 9880,00 | 2064,92 | 1738,88 | 1383,20 | 1383,20 |
| Van | 256 | 5509,12 | 3722,24 | 691,20 | 478,72 | 1528,32 | 2063,36 | 117,76 | 97,28 | 194,56 | 189,44 |
| Mikrobus | 935 | 12809,50 | 9153,65 | 2889,15 | 2122,45 | 9350,00 | 10069,95 | 1645,60 | 1337,05 | 1309,00 | 1309,00 |
| Pick-up | 173 | 2565,08 | 2268,38 | 324,30 | 269,10 | 505,43 | 546,83 | 32,78 | 27,60 | 46,58 | 46,58 |
| Truk 2-as | 107 | 284,62 | 239,68 | 157,29 | 136,96 | 629,16 | 606,69 | 136,96 | 111,28 | 149,80 | 149,80 |

| Jenis kendaraan | jumlah kendaraan | CO (ton/thn) | | HC (ton/thn) | | NO _x (ton/thn) | | SO ₂ (ton/thn) | | PM ₁₀ (ton/thn) | |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| | | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam | Kec. 25-40km/jam | Kec. 40-60km/jam |
| Sepeda motor | 40255 | 162505409,50 | 0,00 | 48487147,50 | 0,00 | 1469307,50 | 0,00 | 146930,75 | 0,00 | 146930,75 | 146930,75 |
| Mobil berpenumpang | 40110 | 196468363,85 | 152987660,38 | 26937540,20 | 21959951,25 | 32939926,88 | 32500727,85 | 1463996,75 | 1171197,40 | 2342394,80 | 2342394,80 |
| Bis | 988 | 6797687,0 | 4713303,4 | 1471329,6 | 1114315,8 | 4230072,6 | 3606200,0 | 753695,8 | 634691,2 | 504868,0 | 504868,0 |
| Van | 256 | 2010828,80 | 1398617,60 | 252288,00 | 174732,80 | 557836,80 | 753126,40 | 42982,40 | 35507,20 | 71014,40 | 69145,60 |
| Mikrobus | 935 | 4675467,50 | 3341082,25 | 1054539,75 | 774694,25 | 3412750,00 | 3675531,75 | 600644,00 | 488023,25 | 477785,00 | 477785,00 |
| Pick-up | 173 | 936252,38 | 827956,88 | 118369,50 | 98221,50 | 184480,13 | 199591,13 | 11962,88 | 10074,00 | 16999,88 | 16999,88 |
| Truk 2-as | 107 | 103886,30 | 87483,20 | 57410,85 | 49990,40 | 229643,40 | 221441,85 | 49990,40 | 40617,20 | 54677,00 | 54677,00 |

Lampiran G.

**Keputusan Gubernur Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor:
661/2001 Tanggal 7 Februari 2001**

BAKU MUTU UDARA AMBIEN

| No | Parameter | Waktu Pengukuran | Baku Mutu |
|----|--|----------------------------|--|
| 1 | Sulfur Dioksida (SO ₂) | 1 jam 24 jam 1 tahun | 900 ug/Nm ³ (0,34 ppm) 260 ug/Nm ³ (0,1 ppm) 60 ug/Nm ³ (0,02 ppm) |
| 2 | Karbon Monoksida (CO) | 1 jam 24 jam | 26.000 ug/Nm ³ (23 ppm) 9.000 ug/Nm ³ (8 ppm) |
| 3 | Nitrogen Dioksida (NO ₂) | 1 jam 24 jam 1 tahun | 400 ug/Nm ³ (0,2 ppm) 92,5 ug/Nm ³ (0,05 ppm) 60 ug/Nm ³ (0,03 ppm) |
| 4 | Oksidan (O ₃) | 1 jam 1 tahun | 200 ug/Nm ³ (0,05 ppm) 30 ug/Nm ³ (0,015 ppm) |
| 5 | Hidrokarbon (HC) | 3 jam | 160 ug/Nm ³ (0,24 ppm) |
| 6 | Partikel < 10 um (PM ₁₀) | 24 jam | 150 ug/Nm ³ |
| 7 | Partikel < 2.5 um (PM _{2,5}) | 24 jam 1 tahun | 65 ug/Nm ³ 15 ug/Nm ³ |
| 8 | Debu (TSP) | 24 jam 1 tahun | 230 ug/Nm ³ 90 ug/Nm ³ |
| 9 | Timah Hitam (Pb) | 24 jam 1 tahun | 2 ug/Nm ³ 1 ug/Nm ³ |

Lampiran H

BATAS INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA DALAM SATUAN SI

a). Dalam bentuk tabel

| Indeks Standar Pencemar Udara | 24 jam PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 24 Jam SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 8 jam CO mg/m^3 | 1 jam O_3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1 jam NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 10 | 50 | 80 | 5 | 120 | |
| 100 | 150 | 365 | 10 | 235 | |
| 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 |

(Lanjutan)

PENGARUH INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA UNTUK SETIAP PARAMETER PENCEMAR

| Kategori | Rentang | Carbon Monoksida (CO) | Nitrogen (NO _x) | Ozon O ₃ | Sulfur Dioksida (SO ₂) | Partikulat |
|--------------------|-------------|--|--|---|---|---|
| Baik | 0-50 | Tidak ada efek | Sedikit berbau | Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat Kombinasi dengan SO ₂ (Selama 4 Jam) | Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O ₃ (Selama 4 Jam) | Tidak ada efek |
| Sedang | 51 - 100 | Perubahan kimia darah tapi tidak terdeteksi | Berbau | Luka pada Beberapa spesies tumbuhan | Luka pada Beberapa spesies tumbuhan | Terjadi penurunan pada jarak pandang |
| Tidak Sehat | 101 - 199 | Peningkatan pada kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung | Bau dan kehilangan warna, Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma | Penurunan kemampuan paru adit yang berintih keras | Bau, Meningkatnya kerusakan tanaman | Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu di mana-mana |
| Sangat Tidak Sehat | 200-299 | Meningkatnya kardiovaskular pada orang bukan perokok yang berpenyakit jantung, dan akan tampak beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata | Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronhitis | Olah raga ringan mengakibatkan pengaruh pemapasan pada pasien yang berpenyakit paru-paru kronis | Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthama dan bronhitis | Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthama dan bronhitis |
| Berbahaya | 300 - lebih | Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar | | | | |

Konsentrasi nyata ambient (Xx) ? ppm, mg/m³, dll
Angka nyata ISPU (I)

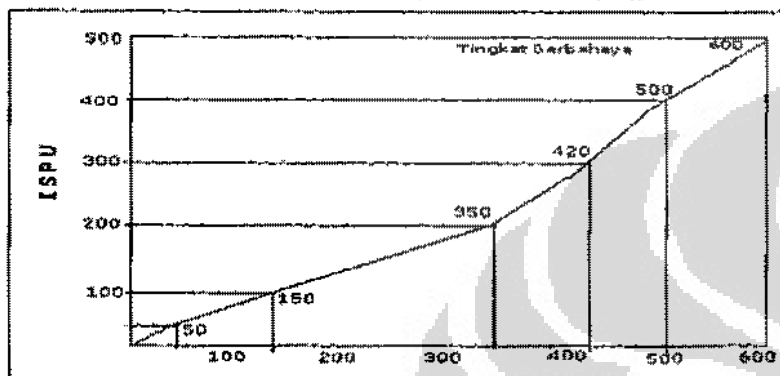
$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b$$

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

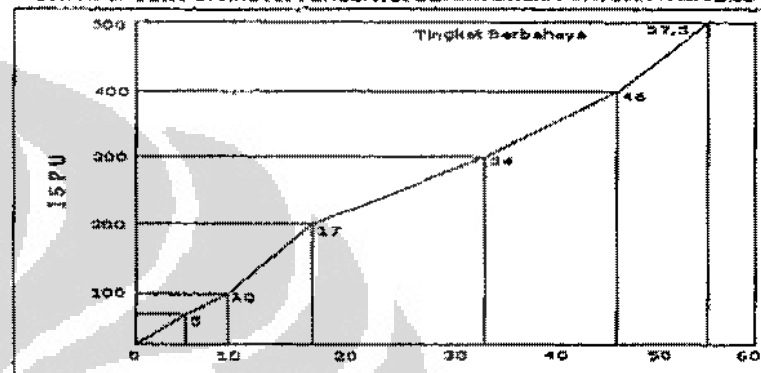
(Lanjutan)

Batas Indeks Standar Pencemar Udara dalam Satuan Matriks



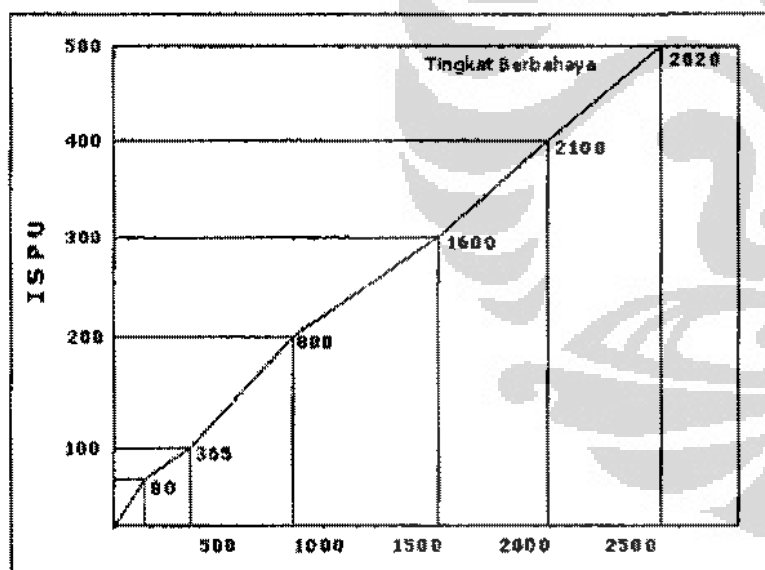
PARTICULATE MATTER PM10 (Periode Pengukuran rata-rata 24 Jam), ug/m³

Batas Indeks Standar Pencemar Udara dalam Satuan Matriks



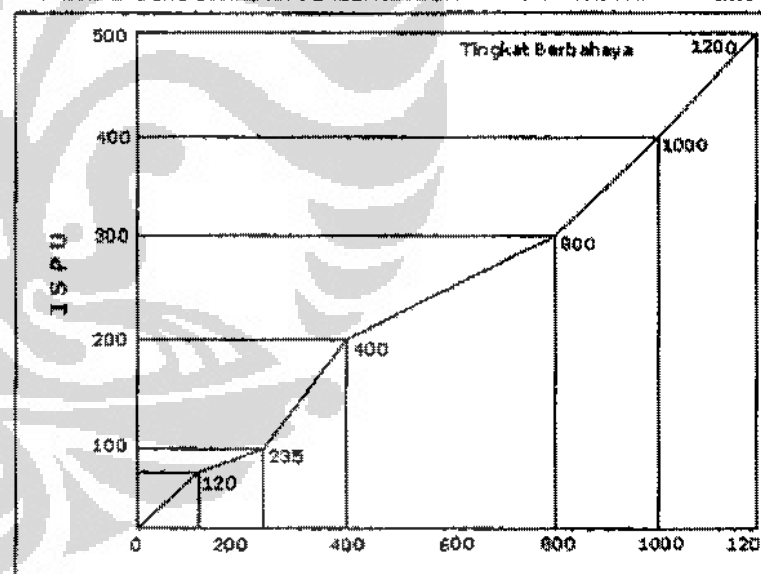
CARBON MONOKSIDA (PERIODE PENGUKURAN RATA-RATA 8 JAM), mg/m³

Batas Indeks Standar Pencemar Udara dalam Satuan Matriks



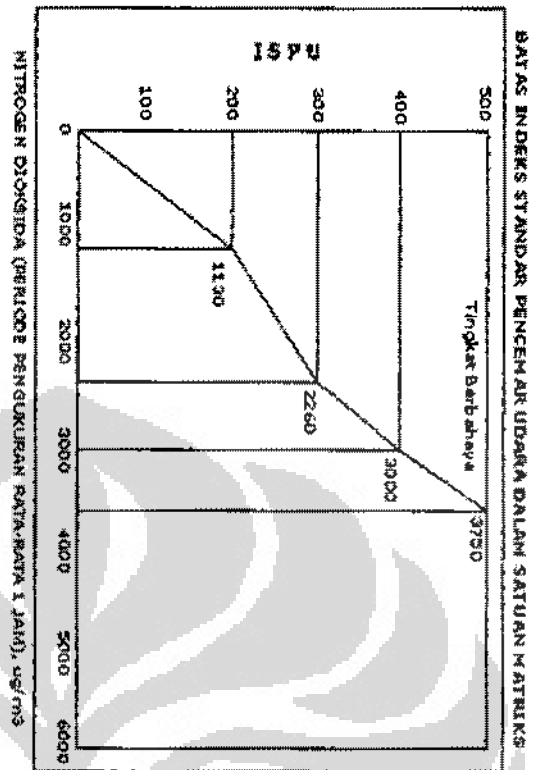
SULFUR DIOKSIDA (PERIODE PENGUKURAN RATA-RATA 24 JAM), ug/m³

Batas Indeks Standar Pencemar Udara dalam Satuan Matriks



OZON (PERIODE PENGUKURAN RATA-RATA 1 JAM), ug/m³

(Lanjutan)





Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau
Daily Air Quality Report for Monitoring Stations



| | |
|--------------------|----------------------|
| Tanggal / Date: | 10.05.2009 |
| Kota / City: | Jakarta |
| Stasiun / Station: | JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | PM10 ug/m3 | SO2 ug/m3 | CO mg/m3 | O3 ug/m3 | NO2 ug/m3 | NO ug/m3 |
|-----------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 00:30 | --- | --- | 4,22 | --- | 24,33 | 151,65 |
| 01:00 | --- | --- | --- | --- | 27,62 | 93,29 |
| 01:30 | --- | --- | 1,88 | --- | 28,37 | 27,32 |
| 02:00 | --- | --- | 1,38 | --- | 24,16 | --- |
| 02:30 | --- | --- | 0,79 | --- | 23,30 | --- |
| 03:00 | --- | --- | 0,51 | --- | 16,22 | 3,54 |
| 03:30 | --- | --- | 0,31 | --- | 11,34 | 1,62 |
| 04:00 | --- | --- | 0,26 | --- | 8,51 | 1,86 |
| 04:30 | --- | --- | 0,23 | --- | 6,72 | 2,66 |
| 05:00 | --- | --- | 0,29 | --- | 7,15 | 2,30 |
| 05:30 | --- | --- | 0,35 | --- | 10,04 | 2,82 |
| 06:00 | --- | --- | 1,14 | --- | 14,76 | 17,07 |
| 06:30 | --- | --- | 1,18 | --- | 20,63 | 48,93 |
| 07:00 | --- | --- | 1,26 | --- | 26,85 | 46,89 |
| 07:30 | --- | --- | 1,36 | --- | 37,02 | 40,35 |
| 08:00 | --- | --- | 1,08 | --- | 44,76 | 18,13 |
| 08:30 | --- | --- | 0,94 | --- | 43,40 | 19,91 |
| 09:00 | --- | --- | 0,95 | --- | 50,59 | 20,25 |
| 09:30 | --- | --- | 0,58 | --- | 38,26 | 18,95 |
| 10:00 | --- | --- | 0,30 | --- | 20,04 | 15,35 |
| 10:30 | --- | --- | 0,33 | --- | 16,97 | 10,59 |
| 11:00 | --- | --- | 0,29 | --- | 15,78 | 5,03 |
| 11:30 | --- | --- | 0,28 | --- | 14,98 | 4,60 |
| 12:00 | --- | --- | 0,25 | --- | 11,31 | 4,35 |
| 12:30 | --- | --- | 0,24 | --- | 11,33 | 4,86 |
| 13:00 | --- | --- | 0,23 | --- | 10,84 | 5,13 |
| 13:30 | --- | --- | 0,23 | --- | 13,72 | 6,71 |
| 14:00 | --- | --- | 0,20 | --- | 11,25 | 5,10 |
| 14:30 | --- | --- | 0,18 | --- | 9,54 | 5,28 |
| 15:00 | --- | --- | 0,21 | --- | 11,48 | 6,23 |
| 15:30 | --- | --- | 0,20 | --- | 11,28 | 6,73 |
| 16:00 | --- | --- | 0,24 | --- | 15,74 | 7,95 |
| 16:30 | --- | --- | 0,22 | --- | 14,82 | 6,70 |
| 17:00 | --- | --- | 0,27 | --- | 19,82 | 8,84 |
| 17:30 | --- | --- | 0,34 | --- | 22,22 | 15,68 |
| 18:00 | --- | --- | 0,30 | --- | 16,36 | 7,47 |
| 18:30 | --- | --- | 0,37 | --- | 22,01 | 9,20 |
| 19:00 | --- | --- | 0,43 | --- | 24,39 | 9,98 |
| 19:30 | --- | --- | 0,57 | --- | 28,78 | 15,47 |
| 20:00 | --- | --- | 0,55 | --- | 25,57 | 14,05 |
| 20:30 | --- | --- | 0,53 | --- | 24,08 | 11,72 |
| 21:00 | --- | --- | 0,72 | --- | 27,10 | 23,23 |
| 21:30 | --- | --- | 0,73 | --- | 26,77 | 20,75 |
| 22:00 | --- | --- | 0,83 | --- | 25,22 | 8,24 |
| 22:30 | --- | --- | 0,83 | --- | 25,22 | 9,78 |
| 23:00 | --- | --- | 0,58 | --- | 26,80 | 12,03 |
| 23:30 | --- | --- | 0,64 | --- | 28,20 | 15,54 |
| 24:00 | --- | --- | 0,56 | --- | 27,87 | 17,72 |

| | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|------|-----|-------|--------|
| Minimum / Minimum | --- | --- | 0,18 | --- | 6,72 | 1,62 |
| Nilai Rata-rata / Mean | --- | --- | 0,64 | --- | 21,36 | 17,68 |
| Maksimum / Maximum | --- | --- | 4,22 | --- | 50,59 | 151,65 |

Singkatan / Legend:
 PM10: Floating dust / Debu
 SO2: Sulphur dioxide / Sulfur dioksida
 CO: Carbon monoxide / Karbon monoksida
 O3: Ozon / Ozon
 NO2: Nitrogen dioxide / Nitrogen dioksida
 NO: Nitrogen monoxide / Nitrogen monoksida

C) values invalid / nilai tidak valid

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda Tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda Tangan / Date-Signature |



| | |
|--------------------|----------------------|
| Tanggal / Date: | 10.05.2009 |
| Kota / City: | Jakarta |
| Stasiun / Station: | JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at Regional Center Jakarta
 Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | NOx ppb | DD Degrees | DD Boe Degrees | FF m/s | FF Boe m/s |
|-----------------------------|------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|
| 00:30 | 136,67 | 244,18 | 238,88 | 0,11 | 0,87 |
| 01:00 | 91,04 | 244,96 | 253,48 | 0,26 | 1,97 |
| 01:30 | 37,47 | 253,01 | 253,77 | 0,82 | 1,66 |
| 02:00 | 29,56 | 283,50 | 250,02 | 0,31 | 1,79 |
| 02:30 | 16,09 | 263,75 | 259,14 | 0,63 | 1,75 |
| 03:00 | 11,48 | 275,53 | 299,55 | 1,06 | 2,40 |
| 03:30 | 7,53 | 262,69 | 277,46 | 1,02 | 3,10 |
| 04:00 | 6,04 | 243,16 | 233,07 | 0,54 | 2,67 |
| 04:30 | 5,74 | 257,01 | 283,58 | 0,07 | 0,92 |
| 05:00 | 5,61 | 201,52 | 208,81 | 0,02 | 1,00 |
| 05:30 | 7,66 | 90,03 | 82,89 | 0,01 | 0,86 |
| 06:00 | 21,48 | 116,16 | 121,50 | 0,10 | 1,57 |
| 06:30 | 50,59 | 99,99 | 146,40 | 0,92 | 2,40 |
| 07:00 | 52,37 | 97,89 | 116,51 | 1,04 | 2,23 |
| 07:30 | 52,65 | 107,70 | 120,23 | 1,48 | 3,67 |
| 08:00 | 38,64 | 106,21 | 119,57 | 1,84 | 3,98 |
| 08:30 | 39,18 | 105,84 | 87,03 | 1,19 | 3,23 |
| 09:00 | 43,44 | 112,41 | 107,98 | 1,30 | 3,58 |
| 09:30 | 35,80 | 104,09 | 176,51 | 1,26 | 5,37 |
| 10:00 | 23,24 | 100,57 | 98,47 | 1,91 | 6,51 |
| 10:30 | 17,66 | 108,46 | 104,78 | 1,77 | 5,99 |
| 11:00 | 12,48 | 98,81 | 85,99 | 1,60 | 5,51 |
| 11:30 | 11,76 | 60,74 | 77,71 | 1,72 | 6,29 |
| 12:00 | 9,53 | 51,39 | 21,83 | 2,23 | 5,86 |
| 12:30 | 9,96 | 71,49 | 105,68 | 1,60 | 5,90 |
| 13:00 | 9,92 | 53,80 | 54,99 | 2,26 | 6,42 |
| 13:30 | 12,79 | 67,67 | 108,12 | 2,06 | 7,17 |
| 14:00 | 10,11 | 72,76 | 112,03 | 1,83 | 6,95 |
| 14:30 | 9,36 | 76,52 | 87,76 | 2,03 | 5,94 |
| 15:00 | 11,08 | 51,31 | 126,60 | 2,05 | 6,73 |
| 15:30 | 11,48 | 43,21 | 18,15 | 2,43 | 8,34 |
| 16:00 | 14,78 | 41,64 | 35,41 | 2,15 | 5,37 |
| 16:30 | 13,33 | 46,32 | 39,15 | 2,14 | 5,68 |
| 17:00 | 17,68 | 53,53 | 41,47 | 1,54 | 5,90 |
| 17:30 | 24,53 | 48,93 | 34,48 | 1,80 | 4,59 |
| 18:00 | 15,93 | 93,37 | 122,58 | 1,21 | 3,89 |
| 18:30 | 19,16 | 87,99 | 72,80 | 1,51 | 3,93 |
| 19:00 | 21,07 | 94,10 | 95,43 | 1,31 | 3,41 |
| 19:30 | 27,75 | 97,07 | 106,70 | 1,31 | 3,36 |
| 20:00 | 24,96 | 102,79 | 112,69 | 1,51 | 4,02 |
| 20:30 | 22,39 | 96,25 | 93,16 | 1,20 | 3,85 |
| 21:00 | 33,10 | 89,96 | 100,85 | 1,32 | 3,58 |
| 21:30 | 31,29 | 146,42 | 187,15 | 0,84 | 3,28 |
| 22:00 | 20,82 | 145,35 | 151,23 | 0,11 | 1,75 |
| 22:30 | 21,39 | 195,93 | 146,57 | 0,23 | 1,44 |
| 23:00 | 23,86 | 151,23 | 145,64 | 0,02 | 1,09 |
| 23:30 | 27,64 | 124,90 | 121,09 | 0,05 | 1,31 |
| 24:00 | 29,23 | 91,35 | 92,98 | 0,83 | 2,67 |

| | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|------|------|
| Minimum / Minimum | 5,61 | 41,64 | 18,15 | 0,01 | 0,66 |
| Nilai Rata-rata / Mean | 25,57 | 126,37 | 130,78 | 1,17 | 3,74 |
| Maksimum / Maximum | 136,67 | 275,53 | 299,55 | 2,43 | 7,17 |

Singkatan / Legend:

NOx: Nitrogen oxides / Nitrogen oksida

C) values invalid / nilai tidak valid

DD: Wind direction / Arah angin

DD_Boe: Wind gust direction / Arah hembusan angin

FF: Wind speed / Kecepatan angin

FF_Boe: Wind gust speed / Kecepatan hembusan angin

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature |



Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau
Daily Air Quality Report for Monitoring Stations



| | |
|--------------------|----------------------|
| Tanggal / Date: | 10.05.2008 |
| Kota / City: | Jakarta |
| Stasiun / Station: | JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | GRAD W/m ² | TEMPair Degrees C | HUMair % | TEMPcont Degrees C | HUMcont % |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| 00:30 | 0,43 | 25,26 | 100,00 | 24,68 | 25,18 |
| 01:00 | 0,40 | 25,33 | 100,00 | 24,70 | 25,20 |
| 01:30 | 0,37 | 25,55 | 100,00 | 24,65 | 25,18 |
| 02:00 | 0,24 | 25,42 | 100,00 | 24,69 | 25,30 |
| 02:30 | 0,23 | 25,28 | 100,00 | 24,68 | 25,14 |
| 03:00 | 0,27 | 25,28 | 100,00 | 24,66 | 25,13 |
| 03:30 | 0,31 | 25,19 | 99,46 | 24,68 | 24,92 |
| 04:00 | 0,30 | 25,10 | 99,46 | 24,66 | 24,98 |
| 04:30 | 0,32 | 24,97 | 99,66 | 24,65 | 25,02 |
| 05:00 | 0,34 | 24,74 | 100,00 | 24,62 | 25,11 |
| 05:30 | 0,51 | 24,51 | 100,00 | 24,60 | 24,98 |
| 06:00 | 11,24 | 24,37 | 100,00 | 24,59 | 24,94 |
| 06:30 | 43,83 | 25,05 | 100,00 | 24,63 | 25,20 |
| 07:00 | 61,93 | 26,04 | 95,50 | 24,75 | 25,10 |
| 07:30 | 82,71 | 26,45 | 91,35 | 24,90 | 25,06 |
| 08:00 | 130,69 | 26,73 | 90,09 | 24,98 | 25,53 |
| 08:30 | 218,45 | 27,45 | 85,25 | 25,05 | 25,36 |
| 09:00 | 342,49 | 28,56 | 79,02 | 25,36 | 25,44 |
| 09:30 | 563,50 | 29,89 | 71,17 | 25,12 | 26,22 |
| 10:00 | 637,45 | 30,29 | 65,88 | 26,50 | 27,34 |
| 10:30 | 618,30 | 30,80 | 63,21 | 26,69 | 27,37 |
| 11:00 | 681,18 | 30,90 | 62,09 | 26,83 | 27,90 |
| 11:30 | 694,88 | 31,13 | 60,37 | 26,64 | 28,77 |
| 12:00 | 615,04 | 30,89 | 62,40 | 26,51 | 28,71 |
| 12:30 | 497,22 | 31,04 | 63,84 | 25,41 | 28,83 |
| 13:00 | 605,04 | 31,05 | 61,28 | 26,40 | 29,25 |
| 13:30 | 595,76 | 31,29 | 59,85 | 26,36 | 29,90 |
| 14:00 | 507,14 | 31,49 | 57,83 | 26,30 | 30,10 |
| 14:30 | 360,33 | 31,37 | 56,86 | 26,37 | 29,58 |
| 15:00 | 354,87 | 30,97 | 61,17 | 26,25 | 29,95 |
| 15:30 | 323,21 | 30,66 | 61,94 | 26,15 | 29,43 |
| 16:00 | 161,97 | 30,25 | 65,56 | 26,13 | 29,25 |
| 16:30 | 169,44 | 29,97 | 67,69 | 26,07 | 28,36 |
| 17:00 | 43,44 | 29,49 | 70,29 | 25,90 | 27,03 |
| 17:30 | 8,07 | 29,02 | 73,20 | 25,96 | 26,18 |
| 18:00 | 0,54 | 28,59 | 75,28 | 25,76 | 26,13 |
| 18:30 | 0,39 | 28,31 | 79,07 | 25,52 | 25,92 |
| 19:00 | 0,36 | 28,14 | 78,76 | 25,26 | 25,75 |
| 19:30 | 0,44 | 28,14 | 78,69 | 25,08 | 25,72 |
| 20:00 | 0,41 | 28,11 | 78,92 | 25,03 | 26,06 |
| 20:30 | 0,35 | 28,07 | 80,73 | 25,02 | 26,07 |
| 21:00 | 0,43 | 28,08 | 81,35 | 25,03 | 25,95 |
| 21:30 | 0,34 | 27,85 | 83,61 | 25,00 | 25,69 |
| 22:00 | 0,23 | 27,36 | 87,33 | 24,96 | 25,47 |
| 22:30 | 0,25 | 26,85 | 91,39 | 24,93 | 25,47 |
| 23:00 | 0,33 | 26,70 | 91,87 | 24,85 | 25,34 |
| 23:30 | 0,37 | 26,55 | 91,12 | 24,84 | 25,36 |
| 24:00 | 0,47 | 26,65 | 89,82 | 24,83 | 25,58 |

| | | | | | |
|------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Minimum / Minimum | 0,23 | 24,37 | 56,86 | 24,59 | 24,92 |
| Nilai Rata-rata / Mean | 173,66 | 27,95 | 81,53 | 25,40 | 28,49 |
| Maksimum / Maximum | 694,88 | 31,49 | 100,00 | 26,83 | 30,16 |

Singkatan / Legend:

GRAD: Global radiation / Radiasi global
TEMPair: Temperature of air / Temperatur udara
HUMair: Humidity of air / Kelembaban udara

TEMPcont: Temperature in container / Temperatur di kontainer
HUMcont: Humidity in container / Kelembaban di kontainer

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature |



| | |
|--------------------|----------------------|
| Tanggal / Date: | 11.05.2009 |
| Kota / City: | Jakarta |
| Stasiun / Station: | JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
 Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time (GMT+7 (WIB)) | NOx | DD | DD_Boe | FF | FF_Boe |
|-------------------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| | ppb | Degrees | Degrees | m/s | m/s |
| 00:30 | 28,28 | 85,38 | 88,54 | 0,92 | 3,28 |
| 01:00 | 24,03 | 95,16 | 114,82 | 0,90 | 2,45 |
| 01:30 | — | 81,68 | 107,84 | 1,07 | 2,75 |
| 02:00 | 16,79 | 101,00 | 109,64 | 1,04 | 2,62 |
| 02:30 | 20,35 | 98,46 | 85,51 | 0,49 | 2,10 |
| 03:00 | 22,44 | 255,04 | 207,80 | 0,22 | 1,92 |
| 03:30 | 35,50 | 74,19 | 100,66 | 0,41 | 1,53 |
| 04:00 | 35,41 | 92,49 | 101,82 | 0,38 | 1,40 |
| 04:30 | 34,33 | 89,68 | 94,76 | 0,60 | 2,05 |
| 05:00 | 32,37 | 107,82 | 103,86 | 0,09 | 1,22 |
| 05:30 | 44,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 06:00 | 50,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 06:30 | 50,23 | 135,29 | 100,88 | 0,17 | 1,79 |
| 07:00 | 52,83 | 121,16 | 88,57 | 0,03 | 1,84 |
| 07:30 | 72,63 | 53,25 | 85,65 | 0,01 | 1,66 |
| 08:00 | 76,72 | 239,42 | 95,29 | 0,22 | 1,27 |
| 08:30 | 78,68 | 253,50 | 243,48 | 0,81 | 1,97 |
| 09:00 | 58,88 | 262,38 | 251,95 | 1,01 | 2,40 |
| 09:30 | 54,80 | 63,79 | 95,21 | 0,15 | 2,36 |
| 10:00 | 38,45 | 66,08 | 111,56 | 1,15 | 3,45 |
| 10:30 | 37,61 | 30,38 | 29,05 | 0,93 | 2,67 |
| 11:00 | 42,39 | 23,97 | 11,08 | 2,18 | 9,57 |
| 11:30 | 37,18 | 37,96 | 18,15 | 4,13 | 11,10 |
| 12:00 | 24,76 | 50,78 | 53,72 | 2,20 | 7,73 |
| 12:30 | 26,74 | 47,79 | 25,23 | 1,60 | 6,47 |
| 13:00 | 44,35 | 42,43 | 44,40 | 0,20 | 1,49 |
| 13:30 | 59,70 | 107,14 | 98,64 | 0,52 | 1,66 |
| 14:00 | 50,78 | 117,34 | 114,86 | 0,65 | 2,49 |
| 14:30 | 39,56 | 138,95 | 132,91 | 0,29 | 2,27 |
| 15:00 | 36,28 | 174,72 | 216,50 | 0,52 | 3,19 |
| 15:30 | 22,54 | 129,66 | 120,19 | 0,78 | 3,32 |
| 16:00 | 23,00 | 127,24 | 203,59 | 0,57 | 3,76 |
| 16:30 | 26,27 | 109,40 | 105,68 | 1,13 | 3,63 |
| 17:00 | 29,42 | 123,10 | 97,23 | 1,17 | 3,95 |
| 17:30 | 26,83 | 114,64 | 87,42 | 1,15 | 4,11 |
| 18:00 | 33,73 | 128,77 | 115,84 | 0,84 | 2,88 |
| 18:30 | 35,70 | 143,28 | 157,91 | 0,07 | 1,75 |
| 19:00 | 35,94 | 146,42 | 129,42 | 0,12 | 1,44 |
| 19:30 | 46,02 | 104,54 | 124,89 | 0,02 | 0,96 |
| 20:00 | 50,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:30 | 60,05 | 272,53 | 207,07 | 0,00 | 0,68 |
| 21:00 | 59,70 | 217,24 | 215,94 | 0,08 | 0,92 |
| 21:30 | 58,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 67,18 | 347,99 | 22,24 | 0,13 | 1,66 |
| 22:30 | 80,78 | 318,01 | 301,36 | 1,55 | 6,21 |
| 23:00 | 7,03 | 311,62 | 336,30 | 2,48 | 8,48 |
| 23:30 | 10,45 | 316,62 | 345,15 | 0,93 | 2,84 |
| 24:00 | 5,28 | 264,73 | 323,63 | 0,11 | 1,14 |

| | | | | | |
|------------------------|-------|--------|--------|------|-------|
| Minimum / Minimum | 5,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Nilai Rata-rata / Mean | 40,69 | 129,75 | 121,33 | 0,71 | 2,84 |
| Maksimum / Maximum | 80,78 | 347,99 | 345,15 | 4,13 | 11,10 |

Singkatan / Legend:

NOx: Nitrogen oxides / Nitrogen oksida

Cj values Invalid / nilai tidak valid

DD: Wind direction / Arah angin

DD_Boe: Wind gust direction / Arah hembusan angin

FF: Wind speed / Kecepatan angin

FF_Boe: Wind gust speed / Kecepatan hembusan angin

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Dibuatkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature |



| | |
|--------------------|----------------------|
| Tanggal / Date: | 11.05.2009 |
| Kota / City: | Jakarta |
| Stasiun / Station: | JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
 Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | PM10 ug/m3 | SO2 ug/m3 | CO mg/m3 | O3 ug/m3 | NO2 ug/m3 | NO ug/m3 |
|-----------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 00:30 | — | — | — | — | 27,84 | 18,74 |
| 01:00 | — | — | 0,35 | — | 25,21 | 13,05 |
| 01:30 | — | — | 0,29 | — | — | — |
| 02:00 | — | — | 0,26 | — | 23,43 | — |
| 02:30 | — | — | 0,39 | — | 23,23 | 8,85 |
| 03:00 | — | — | 0,42 | — | 22,36 | 13,03 |
| 03:30 | — | — | 0,46 | — | 24,03 | 28,03 |
| 04:00 | — | — | 0,34 | — | 23,33 | 29,58 |
| 04:30 | — | — | 0,35 | — | 22,89 | 27,21 |
| 05:00 | — | — | 0,60 | — | 19,00 | 27,38 |
| 05:30 | — | — | 0,72 | — | 14,90 | 45,05 |
| 06:00 | — | — | 0,89 | — | 12,75 | 53,64 |
| 06:30 | — | — | 0,79 | — | 13,80 | 52,71 |
| 07:00 | — | — | 0,93 | — | 16,71 | 52,91 |
| 07:30 | — | — | 1,22 | — | 30,47 | 69,36 |
| 08:00 | — | — | 1,32 | — | 40,72 | 67,81 |
| 08:30 | — | — | 1,62 | — | 56,92 | 59,29 |
| 09:00 | — | — | 1,92 | — | 80,86 | 20,81 |
| 09:30 | — | — | 1,71 | — | 60,01 | 14,95 |
| 10:00 | — | — | 0,95 | — | 56,60 | 11,32 |
| 10:30 | — | — | 0,73 | — | 49,84 | 13,59 |
| 11:00 | — | — | 0,44 | — | 31,93 | 31,83 |
| 11:30 | — | — | 0,19 | — | 26,47 | 26,75 |
| 12:00 | — | — | 0,28 | — | 24,64 | 14,30 |
| 12:30 | — | — | 0,30 | — | 24,69 | 16,70 |
| 13:00 | — | — | 0,53 | — | 33,40 | 32,73 |
| 13:30 | — | — | 0,82 | — | 35,00 | 50,67 |
| 14:00 | — | — | 0,91 | — | 40,40 | 35,87 |
| 14:30 | — | — | 0,82 | — | 41,27 | 21,80 |
| 15:00 | — | — | 0,71 | — | 36,60 | 20,39 |
| 15:30 | — | — | 0,52 | — | 27,87 | 9,59 |
| 16:00 | — | — | 0,51 | — | 27,56 | 10,37 |
| 16:30 | — | — | 0,59 | — | 32,31 | 13,58 |
| 17:00 | — | — | 0,56 | — | 32,27 | 15,08 |
| 17:30 | — | — | 0,57 | — | 31,33 | 12,49 |
| 18:00 | — | — | 0,79 | — | 31,99 | 20,75 |
| 18:30 | — | — | 0,89 | — | 29,66 | 24,55 |
| 19:00 | — | — | 0,98 | — | 26,65 | 26,75 |
| 19:30 | — | — | 1,10 | — | 26,44 | 39,36 |
| 20:00 | — | — | 1,11 | — | 23,33 | 47,28 |
| 20:30 | — | — | 1,39 | — | 20,08 | 60,92 |
| 21:00 | — | — | 1,87 | — | 21,40 | 59,36 |
| 21:30 | — | — | 1,71 | — | 21,23 | 56,42 |
| 22:00 | — | — | 1,93 | — | 22,78 | 66,06 |
| 22:30 | — | — | 1,68 | — | 26,92 | 60,31 |
| 23:00 | — | — | 0,66 | — | 10,36 | 1,82 |
| 23:30 | — | — | 0,66 | — | 14,23 | 3,50 |
| 24:00 | — | — | — | — | 7,46 | 1,63 |

| | | | | | | |
|------------------------|---|---|------|---|-------|-------|
| Minimum / Minimum | — | — | 0,06 | — | 7,46 | 1,63 |
| Nilai Rata-rata / Mean | — | — | 0,81 | — | 29,80 | 31,11 |
| Maksimum / Maximum | — | — | 1,93 | — | 80,86 | 60,31 |

Simbol / Legend:

- PM10: Floating dust / Debu
- SO2: Sulfur dioxide / Sulfur dioksida
- CO: Carbon monoxide / Karbon monoksida
- O3: Ozone / Ozon
- NO2: Nitrogen dioxide / Nitrogen dioksida
- NO: Nitrogen monoxide / Nitrogen monoksida

(-) values invalid / nilai tidak valid

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda Tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda Tangan / Date-Signature |



The Integrated Air Quality Management for Metropolitan Areas

Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau
Daily Air Quality Report for Monitoring Stations



| | |
|--------------------|----------------------|
| Tanggal / Date: | 11.05.2009 |
| Kota / City: | Jakarta |
| Stasiun / Station: | JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | GRAD W/m2 | TEMPair Degrees C | HUMair % | TEMPcont Degrees C | HUMcont % |
|-----------------------------|--------------|----------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| 00:30 | 0,36 | 27,08 | 88,58 | 24,81 | 25,87 |
| 01:00 | 0,38 | 27,07 | 85,38 | 24,77 | 25,27 |
| 01:30 | 0,38 | 26,99 | 86,85 | 24,80 | 25,35 |
| 02:00 | 0,22 | 28,52 | 92,18 | 24,78 | 25,44 |
| 02:30 | 0,37 | 28,07 | 96,32 | 24,77 | 25,17 |
| 03:00 | 0,40 | 25,40 | 100,00 | 24,72 | 24,97 |
| 03:30 | 0,47 | 25,48 | 100,00 | 24,74 | 25,00 |
| 04:00 | 0,42 | 25,64 | 99,09 | 24,71 | 25,10 |
| 04:30 | 0,46 | 25,58 | 98,52 | 24,73 | 25,13 |
| 05:00 | 0,33 | 25,32 | 99,64 | 24,68 | 25,10 |
| 05:30 | 0,51 | 24,77 | 100,00 | 24,69 | 25,07 |
| 06:00 | 9,67 | 24,65 | 100,00 | 24,69 | 25,04 |
| 06:30 | 49,77 | 24,77 | 100,00 | 24,70 | 25,05 |
| 07:00 | 94,15 | 25,55 | 100,00 | 24,80 | 25,32 |
| 07:30 | 135,65 | 26,34 | 100,00 | 24,94 | 25,35 |
| 08:00 | 153,91 | 27,20 | 89,93 | 25,11 | 25,33 |
| 08:30 | 167,09 | 27,47 | 87,68 | 25,29 | 25,15 |
| 09:00 | 208,34 | 27,55 | 86,27 | 25,41 | 25,05 |
| 09:30 | 235,11 | 28,24 | 82,58 | 25,52 | 25,19 |
| 10:00 | 154,26 | 28,66 | 76,10 | 25,76 | 25,40 |
| 10:30 | 145,67 | 28,68 | 76,10 | 25,80 | 25,51 |
| 11:00 | 109,22 | 28,30 | 75,56 | 25,78 | 26,04 |
| 11:30 | 64,50 | 24,83 | 94,10 | 25,48 | 27,78 |
| 12:00 | 38,17 | 24,47 | 100,00 | 24,99 | 26,77 |
| 12:30 | 36,16 | 23,70 | 100,00 | 24,77 | 26,47 |
| 13:00 | 49,43 | 23,78 | 100,00 | 24,82 | 25,18 |
| 13:30 | 114,50 | 24,03 | 100,00 | 24,62 | 25,20 |
| 14:00 | 207,99 | 24,58 | 100,00 | 24,70 | 24,87 |
| 14:30 | 259,38 | 25,20 | 100,00 | 24,94 | 24,95 |
| 15:00 | 203,47 | 25,50 | 98,47 | 25,14 | 24,83 |
| 15:30 | 178,27 | 25,51 | 96,74 | 25,24 | 24,86 |
| 16:00 | 168,73 | 25,88 | 96,64 | 25,25 | 24,53 |
| 16:30 | 86,54 | 25,82 | 94,41 | 25,20 | 24,57 |
| 17:00 | 35,46 | 25,87 | 92,74 | 25,11 | 24,86 |
| 17:30 | 7,41 | 25,32 | 92,75 | 24,99 | 24,82 |
| 18:00 | 0,55 | 25,20 | 92,83 | 24,90 | 25,15 |
| 18:30 | 0,42 | 24,85 | 95,15 | 24,81 | 24,77 |
| 19:00 | 0,46 | 24,55 | 98,02 | 24,78 | 24,78 |
| 19:30 | 0,41 | 24,45 | 99,41 | 24,68 | 24,76 |
| 20:00 | 0,40 | 24,08 | 100,00 | 24,65 | 24,85 |
| 20:30 | 0,44 | 24,08 | 100,00 | 24,62 | 24,83 |
| 21:00 | 0,48 | 24,10 | 100,00 | 24,58 | 24,83 |
| 21:30 | 0,48 | 24,28 | 100,00 | 24,63 | 24,98 |
| 22:00 | 0,50 | 24,36 | 100,00 | 24,65 | 25,01 |
| 22:30 | 0,40 | 24,95 | 98,94 | 24,65 | 25,34 |
| 23:00 | 0,50 | 23,49 | 97,88 | 24,68 | 25,78 |
| 23:30 | 0,57 | 22,92 | 100,00 | 24,55 | 25,72 |
| 24:00 | 0,49 | 22,97 | 100,00 | 24,51 | 25,25 |

| | | | | | |
|------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Minimum / Minimum | 0,22 | 22,92 | 75,56 | 24,51 | 24,53 |
| Nilai Rata-rata / Mean | 61,32 | 25,45 | 95,14 | 24,91 | 25,23 |
| Maksimum / Maximum | 259,38 | 28,68 | 100,00 | 25,80 | 27,78 |

Simbol / Legend:

GRAD: Global radiation / Radiasi global
TEMPair: Temperature of air / Temperatur udara
HUMair: Humidity of air / Kelembaban udara

TEMPcont: Temperature in container / Temperatur di kontainer
HUMcont: Humidity in container / Kelembaban di kontainer

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Operasi oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature |



Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau
Daily Air Quality Report for Monitoring Stations



| | |
|--------------------|----------------------|
| Tanggal / Date: | 14.05.2009 |
| Kota / City: | Jakarta |
| Stasiun / Station: | JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | PM10 ug/m3 | SO2 ug/m3 | CO mg/m3 | O3 ug/m3 | NO2 ug/m3 | NO ug/m3 |
|-----------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 00:30 | — | — | 0,58 | — | 27,65 | 27,62 |
| 01:00 | — | — | 0,47 | — | 26,41 | 29,80 |
| 01:30 | — | — | 0,34 | — | 23,84 | 12,43 |
| 02:00 | — | — | 0,33 | — | 19,41 | 13,31 |
| 02:30 | — | — | 0,37 | — | 19,60 | 21,58 |
| 03:00 | — | — | 0,33 | — | 22,07 | 19,86 |
| 03:30 | — | — | 0,19 | — | 17,58 | 10,38 |
| 04:00 | — | — | 0,22 | — | 14,19 | 10,94 |
| 04:30 | — | — | 0,52 | — | 15,62 | 22,62 |
| 05:00 | — | — | 0,83 | — | 14,82 | 24,73 |
| 05:30 | — | — | 1,04 | — | 11,56 | 39,50 |
| 06:00 | — | — | 1,40 | — | 13,49 | 46,69 |
| 06:30 | — | — | 1,60 | — | 14,38 | 68,00 |
| 07:00 | — | — | 1,75 | — | 19,96 | 65,84 |
| 07:30 | — | — | 1,44 | — | 23,01 | 65,47 |
| 08:00 | — | — | 1,36 | — | 26,38 | 65,18 |
| 08:30 | — | — | 0,96 | — | 28,56 | 43,10 |
| 09:00 | — | — | 0,83 | — | 30,71 | 39,76 |
| 09:30 | — | — | 0,69 | — | 34,44 | 14,67 |
| 10:00 | — | — | 0,76 | — | 48,71 | 14,56 |
| 10:30 | — | — | 0,70 | — | 63,43 | 21,95 |
| 11:00 | — | — | 0,61 | — | 48,63 | 9,89 |
| 11:30 | — | — | 0,72 | — | 49,16 | 8,40 |
| 12:00 | — | — | 0,60 | — | 41,80 | 7,35 |
| 12:30 | — | — | 0,45 | — | 39,04 | 8,87 |
| 13:00 | — | — | 0,34 | — | 39,90 | 11,54 |
| 13:30 | — | — | 0,35 | — | 32,54 | 8,25 |
| 14:00 | — | — | 0,29 | — | 22,59 | 6,81 |
| 14:30 | — | — | 0,42 | — | 35,81 | 18,20 |
| 15:00 | — | — | 0,30 | — | 33,90 | 25,82 |
| 15:30 | — | — | 0,37 | — | 35,58 | 30,74 |
| 16:00 | — | — | 0,38 | — | 38,06 | 31,95 |
| 16:30 | — | — | 0,47 | — | 41,39 | 30,10 |
| 17:00 | — | — | 0,59 | — | 40,95 | 19,19 |
| 17:30 | — | — | 0,52 | — | 31,21 | 6,82 |
| 18:00 | — | — | 0,68 | — | 32,88 | 7,21 |
| 18:30 | — | — | 0,92 | — | 37,55 | 16,14 |
| 19:00 | — | — | 0,84 | — | 36,97 | 12,56 |
| 19:30 | — | — | 1,10 | — | 37,11 | 29,37 |
| 20:00 | — | — | 1,28 | — | 37,68 | 43,24 |
| 20:30 | — | — | 1,42 | — | 35,81 | 51,16 |
| 21:00 | — | — | 1,56 | — | 33,82 | 67,04 |
| 21:30 | — | — | 1,75 | — | 34,54 | 68,05 |
| 22:00 | — | — | — | — | 37,05 | 65,08 |
| 22:30 | — | — | 1,42 | — | 36,30 | 64,82 |
| 23:00 | — | — | 0,96 | — | 37,53 | — |
| 23:30 | — | — | 0,96 | — | — | — |
| 24:00 | — | — | 0,99 | — | 33,23 | 44,19 |

| | | | | | | |
|------------------------|---|---|------|---|-------|-------|
| Minimum / Minimum | — | — | 0,19 | — | 11,56 | 6,81 |
| Nilai Rata-rata / Mean | — | — | 0,79 | — | 31,38 | 31,53 |
| Maksimum / Maximum | — | — | 1,75 | — | 63,43 | 68,05 |

Singkatan / Legend:

- PM10: Floating dust / Debu
- SO2: Sulphur dioxide / Sulfur dioksida
- CO: Carbon monoxide / Karbon monoksida
- O3: Ozone / Ozon
- NO2: Nitrogen dioxide / Nitrogen dioksida
- NO: Nitrogen monoxide / Nitrogen monoksida

(-) values invalid / nilai tidak valid

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature |



Tanggal / Date:
Kota / City:
Stasiun / Station:

| |
|----------------------|
| 14.05.2009 |
| Jakarta |
| JAF5 (Senayan Sport) |

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | NOx | DD | DD_Boe | FF | FF_Boe |
|-----------------------------|-------|---------|---------|------|--------|
| | ppb | Degrees | Degrees | m/s | m/s |
| 00:30 | 37,18 | 123,14 | 111,59 | 0,42 | 2,67 |
| 01:00 | 35,79 | 116,09 | 106,01 | 0,60 | 2,49 |
| 01:30 | 22,83 | 131,14 | 133,85 | 0,22 | 2,05 |
| 02:00 | 21,13 | 113,10 | 80,32 | 0,12 | 1,35 |
| 02:30 | 27,93 | 103,62 | 93,63 | 0,23 | 2,01 |
| 03:00 | 27,98 | 120,45 | 105,96 | 0,34 | 1,88 |
| 03:30 | 17,80 | 211,18 | 182,51 | 0,04 | 0,79 |
| 04:00 | 16,44 | 221,22 | 198,10 | 0,01 | 0,70 |
| 04:30 | 26,85 | 244,43 | 240,49 | 0,38 | 1,27 |
| 05:00 | 27,91 | 292,29 | 292,29 | 0,00 | 0,52 |
| 05:30 | 38,16 | 287,14 | 242,12 | 0,04 | 0,83 |
| 06:00 | 44,97 | 332,69 | 353,01 | 0,15 | 0,96 |
| 06:30 | 61,31 | 285,78 | 265,69 | 0,04 | 0,83 |
| 07:00 | 80,09 | 307,11 | 298,93 | 0,40 | 1,70 |
| 07:30 | 81,76 | 47,67 | 96,65 | 0,73 | 3,45 |
| 08:00 | 67,32 | 14,62 | 15,90 | 0,80 | 3,15 |
| 08:30 | 54,08 | 358,09 | 335,84 | 0,65 | 2,01 |
| 09:00 | 48,13 | 334,08 | 303,70 | 0,39 | 1,79 |
| 09:30 | 30,27 | 350,43 | 324,98 | 0,48 | 2,14 |
| 10:00 | 37,62 | 319,17 | 13,41 | 0,26 | 1,84 |
| 10:30 | 51,71 | 246,49 | 221,49 | 0,14 | 0,92 |
| 11:00 | 33,97 | 248,10 | 232,89 | 0,38 | 1,88 |
| 11:30 | 32,93 | 227,60 | 238,63 | 0,24 | 1,09 |
| 12:00 | 28,34 | 241,64 | 354,50 | 0,20 | 2,14 |
| 12:30 | 27,88 | 5,14 | 13,24 | 0,90 | 3,32 |
| 13:00 | 30,63 | 14,07 | 17,68 | 0,66 | 2,62 |
| 13:30 | 24,92 | 344,67 | 5,79 | 0,62 | 2,84 |
| 14:00 | 17,52 | 349,13 | 27,38 | 0,90 | 3,32 |
| 14:30 | 33,78 | 349,66 | 306,42 | 1,07 | 4,15 |
| 15:00 | 38,90 | 320,47 | 330,02 | 1,57 | 4,11 |
| 15:30 | 43,92 | 364,87 | 7,81 | 0,94 | 2,97 |
| 16:00 | 45,13 | 334,05 | 10,15 | 0,73 | 2,75 |
| 16:30 | 46,54 | 18,95 | 354,54 | 0,64 | 2,71 |
| 17:00 | 37,53 | 308,34 | 299,39 | 0,94 | 2,71 |
| 17:30 | 22,14 | 306,32 | 294,31 | 1,13 | 2,62 |
| 18:00 | 23,30 | 300,17 | 321,64 | 0,61 | 2,32 |
| 18:30 | 33,11 | 314,57 | 307,09 | 0,59 | 1,84 |
| 19:00 | 29,77 | 312,45 | 312,06 | 0,58 | 2,18 |
| 19:30 | 43,53 | 333,53 | 343,81 | 0,14 | 1,31 |
| 20:00 | 55,19 | 339,91 | 35,26 | 0,02 | 0,74 |
| 20:30 | 60,62 | 193,64 | 193,56 | 0,00 | 0,52 |
| 21:00 | 72,63 | 358,63 | 8,09 | 0,04 | 1,31 |
| 21:30 | 88,96 | 42,78 | 47,96 | 0,00 | 0,57 |
| 22:00 | 88,89 | 37,92 | 32,28 | 0,24 | 1,53 |
| 22:30 | 72,22 | 55,81 | 46,50 | 0,18 | 1,35 |
| 23:00 | 62,38 | 55,91 | 85,59 | 0,32 | 1,44 |
| 23:30 | — | 139,78 | 62,84 | 0,02 | 0,70 |
| 24:00 | 53,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | |
|------------------------|-------|--------|--------|------|------|
| Minimum / Minimum | 16,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Nilai Rata-rata / Mean | 42,88 | 217,57 | 173,04 | 0,42 | 1,86 |
| Maksimum / Maximum | 89,96 | 358,63 | 354,54 | 1,57 | 4,15 |

Singkatan / Legend:

NOx: Nitrogen oxides / Nitrogen oksida

C) values invalid / nilai tidak valid

DD: Wind direction / Arah angin

DD_Boe: Wind gust direction / Arah hembusan angin

FF: Wind speed / Kecepatan angin

FF_Boe: Wind gust speed / Kecepatan hembusan angin

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature |



Laporan harian kualitas udara di stasiun pemantau
Daily Air Quality Report for Monitoring Stations



Tanggal / Date: 14.05.2009
Kota / City: Jakarta
Stasiun / Station: JAF5 (Senayan Sport)

Laporan disiapkan di / Report prepared at: Regional Center Jakarta
Laporan berdasarkan data setengah jam rata-rata / Report based on half hour mean values

| Waktu / Time GMT+7 (WIB) | GRAD W/m2 | TEMPair Degrees C | HUMair % | TEMPcont Degrees C | HUMcont % |
|-----------------------------|--------------|----------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| 00:30 | 0,40 | 26,53 | 95,64 | 24,83 | 25,42 |
| 01:00 | 0,38 | 26,66 | 95,63 | 24,83 | 25,57 |
| 01:30 | 0,33 | 26,64 | 95,58 | 24,85 | 25,49 |
| 02:00 | 0,33 | 26,39 | 96,35 | 24,82 | 25,40 |
| 02:30 | 0,43 | 25,97 | 99,60 | 24,78 | 25,38 |
| 03:00 | 0,42 | 26,50 | 97,59 | 24,81 | 25,46 |
| 03:30 | 0,34 | 26,25 | 97,42 | 24,80 | 25,39 |
| 04:00 | 0,41 | 25,69 | 100,00 | 24,82 | 25,33 |
| 04:30 | 0,44 | 25,54 | 100,00 | 24,78 | 25,23 |
| 05:00 | 0,43 | 25,59 | 100,00 | 24,76 | 25,33 |
| 05:30 | 0,49 | 25,58 | 100,00 | 24,75 | 25,41 |
| 06:00 | 1,01 | 25,55 | 100,00 | 24,76 | 25,37 |
| 06:30 | 2,79 | 25,66 | 100,00 | 24,80 | 25,41 |
| 07:00 | 7,55 | 25,65 | 100,00 | 24,78 | 25,36 |
| 07:30 | 10,72 | 25,99 | 100,00 | 24,80 | 25,93 |
| 08:00 | 37,72 | 25,25 | 100,00 | 24,76 | 25,51 |
| 08:30 | 139,30 | 24,94 | 100,00 | 24,84 | 26,71 |
| 09:00 | 287,48 | 25,92 | 99,89 | 24,95 | 25,60 |
| 09:30 | 438,10 | 27,10 | 85,43 | 25,26 | 25,48 |
| 10:00 | 401,24 | 26,09 | 74,11 | 25,86 | 25,18 |
| 10:30 | 299,77 | 26,42 | 73,75 | 26,19 | 25,59 |
| 11:00 | 308,36 | 28,96 | 67,74 | 26,34 | 25,56 |
| 11:30 | 336,53 | 29,29 | 67,35 | 26,40 | 25,04 |
| 12:00 | 445,57 | 30,03 | 62,73 | 26,46 | 25,76 |
| 12:30 | 315,40 | 29,52 | 60,41 | 26,43 | 27,14 |
| 13:00 | 436,72 | 29,54 | 60,56 | 26,21 | 26,94 |
| 13:30 | 630,34 | 30,35 | 57,84 | 26,35 | 27,39 |
| 14:00 | 488,96 | 30,82 | 54,08 | 26,52 | 28,53 |
| 14:30 | 334,03 | 30,42 | 56,23 | 26,53 | 28,41 |
| 15:00 | 259,75 | 29,87 | 58,55 | 26,40 | 27,63 |
| 15:30 | 153,03 | 29,37 | 60,62 | 26,22 | 27,19 |
| 16:00 | 195,43 | 29,33 | 61,59 | 26,03 | 26,64 |
| 16:30 | 130,68 | 29,41 | 61,67 | 26,14 | 26,70 |
| 17:00 | 50,24 | 29,02 | 64,97 | 26,00 | 25,80 |
| 17:30 | 12,47 | 28,52 | 67,16 | 25,85 | 25,37 |
| 18:00 | 0,51 | 28,16 | 70,83 | 25,63 | 25,33 |
| 18:30 | 0,31 | 27,72 | 77,53 | 25,26 | 25,37 |
| 19:00 | 0,24 | 27,76 | 80,10 | 25,07 | 25,57 |
| 19:30 | 0,19 | 26,96 | 87,40 | 24,98 | 25,62 |
| 20:00 | 0,26 | 26,38 | 92,98 | 24,89 | 25,56 |
| 20:30 | 0,38 | 26,05 | 96,27 | 24,82 | 25,56 |
| 21:00 | 0,44 | 26,05 | 96,64 | 24,83 | 25,56 |
| 21:30 | 0,40 | 26,16 | 96,64 | 24,79 | 25,49 |
| 22:00 | 0,43 | 26,25 | 96,65 | 24,78 | 25,55 |
| 22:30 | 0,43 | 26,29 | 96,91 | 24,74 | 25,46 |
| 23:00 | 0,50 | 26,93 | 93,74 | 24,74 | 25,57 |
| 23:30 | 0,32 | 26,36 | 95,97 | 24,79 | 25,61 |
| 24:00 | 0,43 | 26,08 | 95,19 | 24,81 | 25,59 |

| | | | | | |
|------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Minimum / Minimum | 0,19 | 24,94 | 54,08 | 24,74 | 25,04 |
| Nilai Rata-rata / Mean | 119,43 | 27,31 | 84,46 | 25,33 | 25,84 |
| Maksimum / Maximum | 630,34 | 30,62 | 100,00 | 26,53 | 28,53 |

Simbol dan / Legend:

GRAD: Global radiation / Radiasi global
TEMPair: Temperature of air / Temperatur udara
HUMair: Humidity of air / Kelembaban udara

TEMPcont: Temperature in container / Temperatur di kontainer
HUMcont: Humidity in container / Kelembaban di kontainer

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Disiapkan oleh / Prepared by | Diperiksa oleh / Checked by |
| Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature | Tanggal-Tanda tangan / Date-Signature |

Lampiran J

Perhitungan Faktor Emisi

$$E_{SO_2, f} = BB_f \times \rho_f \times S_f \times 2 \dots \dots \dots (7)$$

Di mana $E_{SO_2, f}$ = emisi SO_2 dari bahan bakar f (premium/solar)

BB_f = total konsumsi dari bahan bakar f (liter/km)

ρ_f = densitas bahan bakar f (g/L)

S_f = kandungan Sulfur dalam bahan bakar f (%w)

2 = faktor konversi dari BM Sulfur dengan SO_2

(Sumber: JICA, 1997)

$$E_{Pb_{m, f, r}} = U_{m, f} \times W_f \times J_r \times 0,77 \dots \dots \dots (8)$$

Di mana $E_{Pb_{m, f, r}}$ = emisi Pb untuk kendaraan m , BBM f , jalan r (g/Km)

$U_{m, f}$ = konsumsi BBM dari kendaraan m , BBM jenis f (L/Km)

W_f = kandungan Pb dalam BBM f (g/L)

J_r = faktor koreksi untuk jalan tipe r ($J_r = 1$ untuk jalan arteri dan $J_r = 0,7$ untuk jalan bebas hambatan (EPAV 1996a)

0,003 = Jumlah Pb dalam premium yang teremisikan ke udara

(Sumber: NPI, 2000)

Contoh $FE_{SO_2} = 0,091 \text{ l/km} \times 715 \text{ g/l} \times 0,05\% \text{ g/g} \times 2 = 0,065 \text{ g/km}$

$FE_{Pb} = 0,091 \text{ l/km} \times 0,004 \text{ g/l} \times 1 \times 0,003 = 1,3 \times 10^{-6} \text{ g/km}$

Tabel Hasil Perhitungan Faktor Emisi

| Type Kendaraan | Konsumsi BBM (l/km) | Densitas BBM (ρ) (g/l) | Kandungan Sulfur (S_f) (%w) | Kandungan Pb (W_f) (g/l) | FE SO_2 (g/km) | FE Pb (g/km) |
|------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------|----------------------|
| Honda City | 0,091 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,065 | $1,3 \times 10^{-6}$ |
| Toyota Innova | 0,111 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,079 | $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Toyota Kijang Kapsul | 0,111 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,079 | $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Daihatsu Xenia Xi | 0,077 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,055 | $1,1 \times 10^{-6}$ |
| Daihatsu Xenia Xi | 0,077 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,055 | $1,1 \times 10^{-6}$ |
| Toyota Vios | 0,077 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,055 | $1,1 \times 10^{-6}$ |
| Hyundai Avega GL | 0,077 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,055 | $1,1 \times 10^{-6}$ |
| Suzuki APV Arena SGX | 0,091 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,065 | $1,3 \times 10^{-6}$ |
| Suzuki Karimun Estillo | 0,067 | 715 | 0,05 | 0,004 | 0,048 | $9,3 \times 10^{-7}$ |

Lampiran lanjutan

Perhitungan Beban Pencemaran Emisi

$$E_i = \sum_{j=1}^n VKT_j \times FE_{ij} \times 10^{-6} \dots \dots \dots (10)$$

di mana: E_i = Beban pencemar untuk polutan i (ton/tahun)
 VKT_j = Total panjang perjalanan kendaraan bermotor kategori j (km kendaraan/tahun)
 $FE_{i,j}$ = Besarnya polutan i yang diemisikan untuk setiap (km) perjalanan yang dilakukan kendaraan bermotor kategori j (g/km kendaraan)

Contoh: $E_{SO_2} = 109717 \text{ km/tahun} \times 0,065 \text{ g/km} \times 10^{-6} = 0,0071 \text{ ton/tahun}$
 $E_{NO_x} = 109717 \text{ km/tahun} \times 2,3 \text{ g/km} \times 10^{-6} = 0,252 \text{ ton/tahun}$
 $E_{CH_4} = 109717 \text{ km/tahun} \times 0,07 \text{ g/km} \times 10^{-6} = 7,68 \times 10^{-3} \text{ ton/tahun}$

Tabel Hasil Perhitungan Beban Pencemaran Emisi

| Type Kendaraan | VKT (km/tahun) | FE SO ₂ (g/km) | E SO ₂ (ton/thn) | FE Pb (g/km) | E Pb (ton/thn) | FE NO _x (g/km) | E NO _x (ton/thn) | FE CO ₂ (g/km) | E CO ₂ (ton/thn) | FE CU (g/km) | E CO (ton/thn) | FE N ₂ O (g/km) | E N ₂ O (ton/thn) | FE CH ₄ (g/km) | E CH ₄ (ton/thn) | FE PM ₁₀ (g/km) | E PM ₁₀ (ton/thn) |
|------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Honda City | 109717 | 0,065 | 0,0071 | 1,3x10 ⁻⁴ | 1,38x10 ⁻⁷ | 2,3 | 0,252 | 200 | 5,49x10 ⁻⁴ | 19 | 2,085 | 0,005 | 21,94 | 0,07 | 7,68x10 ⁻³ | 0,03 | 0,003 |
| Toyota Innova | 31340 | 0,079 | 0,0025 | 1,5x10 ⁻⁴ | 4,82x10 ⁻³ | 2,3 | 0,072 | 200 | 1,57x10 ⁻⁴ | 19 | 0,596 | 0,005 | 6,268 | 0,07 | 2,19x10 ⁻³ | 0,03 | 0,001 |
| Toyota Kijang Kapul | 38713 | 0,079 | 0,0031 | 1,5x10 ⁻⁴ | 5,95x10 ⁻⁸ | 2,3 | 0,089 | 200 | 1,94x10 ⁻⁴ | 19 | 0,736 | 0,005 | 7,743 | 0,07 | 2,71x10 ⁻³ | 0,03 | 0,001 |
| Daihatsu Xenia Xi | 78028 | 0,059 | 0,0043 | 1,1x10 ⁻⁴ | 8,32x10 ⁻⁸ | 2,3 | 0,180 | 200 | 3,90x10 ⁻⁴ | 19 | 1,483 | 0,005 | 15,61 | 0,07 | 5,46x10 ⁻³ | 0,03 | 0,002 |
| Daihatsu Xenia Xi | 38438 | 0,055 | 0,0021 | 1,1x10 ⁻⁴ | 4,10x10 ⁻⁸ | 2,3 | 0,088 | 200 | 1,92x10 ⁻⁴ | 19 | 0,730 | 0,005 | 7,688 | 0,07 | 2,69x10 ⁻³ | 0,03 | 0,001 |
| Toyota Vios | 358351 | 0,055 | 0,0203 | 1,1x10 ⁻⁴ | 3,93x10 ⁻⁷ | 2,3 | 0,848 | 200 | 1,84x10 ⁻⁴ | 19 | 7,008 | 0,005 | 73,77 | 0,07 | 0,026 | 0,03 | 0,011 |
| Hyundai Avega GL | 22800 | 0,055 | 0,0013 | 1,1x10 ⁻⁴ | 2,43x10 ⁻⁸ | 2,3 | 0,052 | 200 | 1,14x10 ⁻⁴ | 19 | 0,433 | 0,005 | 4,360 | 0,07 | 1,60x10 ⁻³ | 0,03 | 0,001 |
| Suzuki APV Arena SOX | 50747 | 0,065 | 0,0033 | 1,3x10 ⁻⁴ | 6,39x10 ⁻⁸ | 2,3 | 0,117 | 200 | 2,54x10 ⁻⁴ | 19 | 0,964 | 0,005 | 10,15 | 0,07 | 3,35x10 ⁻³ | 0,03 | 0,002 |
| Suzuki Karimun Estillo | 55576 | 0,048 | 0,0027 | 9,3x10 ⁻⁷ | 5,15x10 ⁻⁸ | 2,3 | 0,128 | 200 | 2,78x10 ⁻⁴ | 19 | 1,036 | 0,005 | 11,12 | 0,07 | 3,89x10 ⁻³ | 0,03 | 0,002 |
| Total Emisi | | | 0,0466 | | 9,03x10⁻⁷ | | 1,826 | | 0,003 | | 13,09 | | 158,8 | | 0,058 | | 0,024 |