



UNIVERSITAS INDONESIA

**FLUKTUASI HARIAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE* (TSP) SEBAGAI AKIBAT FLUKTUASI VOLUME LALU LINTAS
(STUDI KASUS JALAN RAYA MARGONDA)**

SKRIPSI

**ANDREA HALIM
06 06 07 7964**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2010**

03/FT.TL.01/SKRIP/07/2010



UNIVERSITAS INDONESIA

FLUKTUASI HARIAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE* (TSP) SEBAGAI AKIBAT FLUKTUASI VOLUME LALU LINTAS (STUDI KASUS JALAN RAYA MARGONDA)

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ANDREA HALIM
06 06 07 7964**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2010**

STATEMENT OF ORIGINALITY

**This final report is the result of my own work, and all sources which is
quoted or referred I have stated correctly**

Name : Andrea Halim

NPM : 0606077964

Signature : 

Date : 8th July 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Andrea Halim
NPM : 0606077964
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Fluktuasi Harian Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) Sebagai Akibat Fluktuasi Volume Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan Raya Margonda)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Gabriel S. B. Andari K. M.Eng.



Pembimbing II : Ir. R. Jachrizal Sumabrata M.Sc (Eng.), Ph.D.



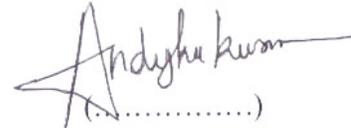
Penguji : Ir. El Khobar Muhaemin Nazech M.Eng.



Penguji : Dr. Nyoman Suwartha ST., MT., MAgr.



Penguji : Andyka Kusuma, S.T., M.Sc.



Ditetapkan di : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 7 Juli 2010

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by:

Name : Andrea Halim
NPM : 0606077964
Study Program : Environmental Engineering
Title of final report : Daily Fluctuations of Total Suspended Particulate (TSP) as a Result of Traffic Volume Fluctuations (Study Case at Margonda Raya Street)

Has been successfully defended in front of the Examiners and was accepted as part of the necessary requirements to obtain Engineer Bachelor Degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

COUNCIL EXAMINERS

Counselor I : Dr. Ir. Gabriel S. B. Andari K. M.Eng.



Counselor II : Ir. R. Jachrizal Sumabrata M.Sc (Eng)., Ph.D.



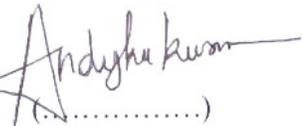
Examiner : Ir. El Khobar Muhaemin Nazech M.Eng.



Examiner : Dr. Nyoman Suwartha ST., MT., MAgr.



Examiner : Andyka Kusuma, S.T., M.Sc.



Approved at : Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
University of Indonesia, Depok.

Tanggal : 7th July 2010

KATA PENGANTAR

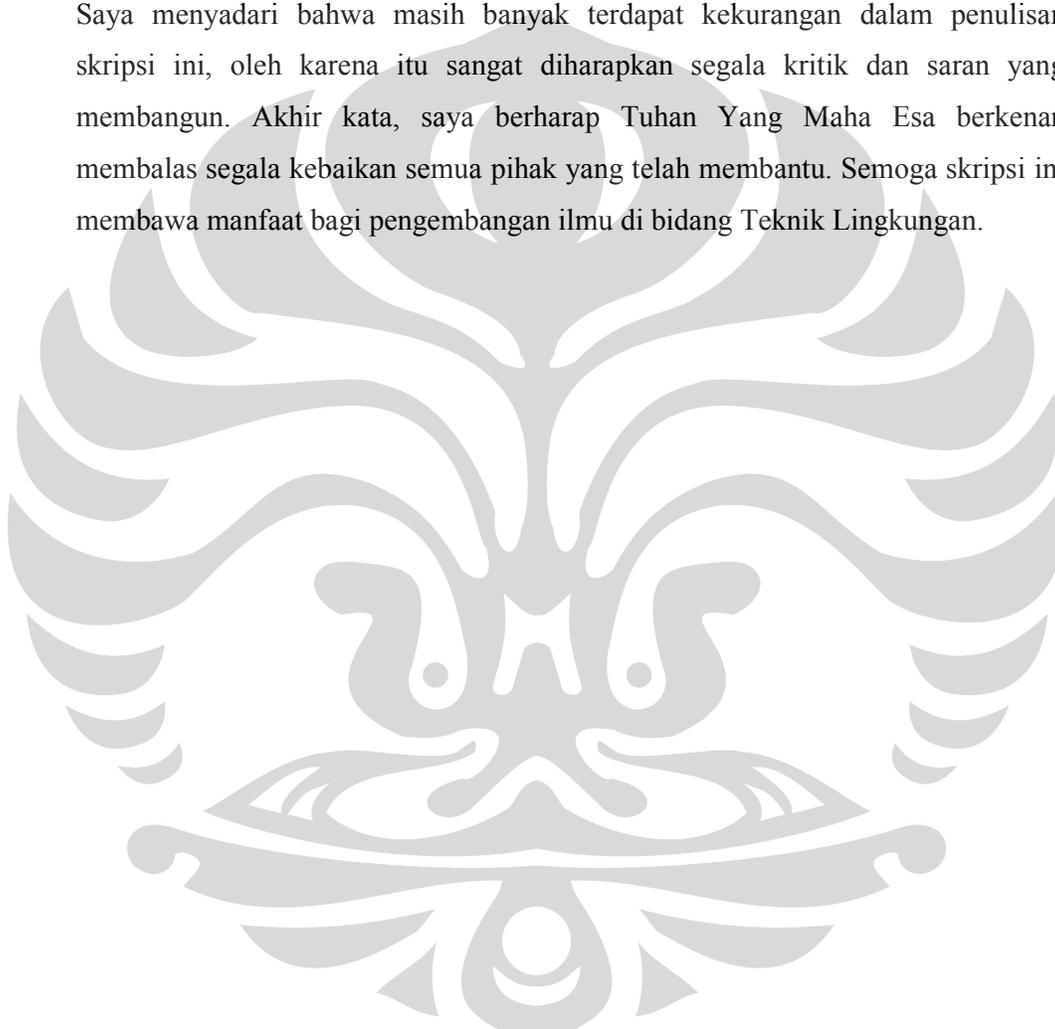
Puji syukur dan terima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas rahmat dan kasih karuniaNya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul “Fluktuasi Harian Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) Sebagai Akibat Fluktuasi Volume Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan Raya Margonda)” ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan akademis dalam meraih gelar kesarjanaan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah saya terima dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Tanpa bantuan pihak-pihak tersebut, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Gabriel S. Boedi Andari Kristanto M.Eng. dan Ir. R. Jachrizal Sumabrata M.Sc (Eng)., Ph.D. yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan kepada saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Elisabeth pemilik Rumah Makan Ayam Bakar Kremes JB Jalan Raya Margonda yang telah membantu menyediakan tempat dan listrik untuk keperluan penelitian di lapangan.
3. Mama, Papa, serta Cece Santi dan Koko Hendra yang telah memberikan dukungan material dan moral. Terima kasih telah menjadi sosok panutan bagi saya. Tanpa kalian, saya tidak bisa ditempa menjadi logam mulia. *You are my best inspiration.*
4. Miranti sebagai partner penelitian di lapangan. Tanpa bantuannya penelitian saya pasti sulit dijalani.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan 2006, Nurul, Garry, Edith, Efa, dan teman-teman lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Perjuangan dan permainan kita di jenjang S1 tidak akan pernah saya lupakan.
6. Mba Licka dan Mba Diah yang senantiasa membantu kegiatan lab.
7. Fandhy, Dewi, Rere, Dyra, Kiki, Arga, Yashti, Niken “si kembar Richy-Ricky”, Iyus, Icha, Batta, Dennis, Niki, Dips “bunda”, bang Jaya, Andri “gembul”, ko Tirta, Yoshan, aa’ Arif, Luli, kak Willy, ko Robby, Kiko, Jimbo,

Antho dan semua sahabat yang tidak bisa saya sebutkan semua disini, terima kasih telah menjadi inspirasi dan motivasi selama saya kuliah.

8. Teman-teman Departemen Teknik Sipil mulai dari angkatan 2002-2009 yang telah bersama-sama hidup dalam perkuliahan.
9. Semua pihak yang tidak saya sebutkan yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Saya menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu sangat diharapkan segala kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu di bidang Teknik Lingkungan.



Depok, 8 Juli 2010

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Andrea Halim', is written over a horizontal line.

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Andrea Halim
NPM : 0606077964
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Fluktuasi Harian Konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)* Sebagai Akibat Fluktuasi Volume Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan Raya Margonda)

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 8 Juli 2010

Yang menyatakan



(Andrea Halim)

ABSTRAK

Nama : Andrea Halim
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Fluktuasi Harian Konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)*
Sebagai Akibat Fluktuasi Volume Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan
Raya Margonda)

Suspended Particulate Matter (SPM) merupakan salah satu pencemar berbentuk partikulat dengan beragam ukuran yang diemisikan kendaraan bermotor. Pengukuran SPM difokuskan pada *Total Suspended Particulate (TSP)* tanpa memperhatikan ukuran partikelnya. Terdapat dua jenis TSP, dihasilkan secara primer dan dibentuk secara sekunder. Jenis pertama langsung diemisikan dari sumber secara langsung baik secara alami maupun tidak. Sedangkan pembentukan sekunder membutuhkan reaksi fotokimia yang kompleks dan melibatkan berbagai macam radikal di udara. Kedua jenis TSP ini akan terukur saat dilakukan pengambilan sampel. Pembentukan sekunder menyebabkan kecilnya korelasi antara volume lalu lintas dengan konsentrasi TSP yang terukur. Analisa volume kendaraan dua jalur secara terpisah dengan uji regresi linear sederhana menunjukkan korelasi rata-rata sebesar 0,366. Analisa volume kendaraan dua jalur bersamaan dengan uji regresi linear berganda menunjukkan korelasi sebesar 0,6095 namun masih mengindikasikan adanya korelasi negatif. Hasil penelitian ini juga menjelaskan faktor-faktor meteorologis yang membuat hubungan tidak linear antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP.

Kata kunci:

Partikulat, reaksi fotokimia, radikal, aerosol organik sekunder, pembentukan sekunder.

ABSTRACT

Name : Andrea Halim
Study Program : Environmental Engineering
Research Title : Daily Fluctuations of Total Suspended Particulate (TSP) as Result of Traffic Volume Fluctuations (Study Case at Margonda Raya Street)

Suspended Particulate Matter (SPM) is one form of particulate pollutants with various sizes which are emitted by vehicles. SPM measurement is focused on Total Suspended Particulate (TSP), without consideration of its particle size. There are two classes of TSP, primary generation and secondary formation. The former is directly emitted from its sources, biogenic or anthropogenic. While secondary formation requires complex photochemical reactions involving various radicals in air. Those types of TSP will be measured in sampling. The secondary formation affects weak correlation between traffic volume and measured TSP concentration. Separated analysis of two-lane traffic volume with simple linear regression test shows an average correlation of 0.366. Concurrent analysis of two-lane traffic volume with multiple regression tests show an average correlation of 0.6095, but still indicates a negative correlation. This research also explains meteorology factors that make non-linear correlation between traffic volume and TSP concentration.

Key words:

Particulate matter, photochemical reaction, radical, secondary organic aerosol, secondary formation.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
PAGE OF TITLE.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
STATEMENT OF ORIGINALITY.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
STATEMENT OF LEGITIMATION.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GRAFIK.....	xvii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
2. STUDI LITERATUR.....	5
2.1 Udara.....	5
2.1.1 Gambaran Umum Pencemaran Udara.....	5
2.1.2 Klasifikasi Sumber Pencemaran Udara.....	7
2.1.2.1 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Asal-usulnya.....	8
2.1.2.2 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Letaknya.....	9
2.1.2.3 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Pergerakannya.....	9
2.1.2.4 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Bentuk Fisik Pencemar dan Susunan Kimianya.....	9
2.1.2.5 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Pola Emisinya.....	10
2.1.2.6 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Reaksi Pembentukan.....	11
2.1.3 Identifikasi <i>Suspended Particulate Matter</i> dalam Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan.....	12
2.1.3.1 Oksida Karbon (CO _x).....	15
2.1.3.2 Oksida Nitrogen (NO _x).....	16
2.1.3.3 Oksida Sulfur (SO _x).....	19
2.1.3.4 Hidrokarbon (RH atau HC).....	22
2.2 Sistem Transportasi.....	24
2.3 Volume dan Flow Rate.....	25
3. METODE DAN PROSEDUR PENELITIAN.....	28
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	28
3.2 Hipotesa Penelitian.....	29
3.3 Variabel Penelitian.....	29

3.4 Jenis dan Sumber Data.....	29
3.5 Pengambilan Data.....	30
3.5.1 Pengambilan Data Kualitas Udara.....	30
3.5.2 Pengambilan Data Transportasi.....	31
3.6 Pengolahan Data.....	32
3.6.1 Pengolahan Data Kualitas Udara.....	32
3.6.2 Pengolahan Data Transportasi.....	32
3.7 Analisa Data.....	33
4. KONDISI EKSISTING LOKASI STUDI.....	34
5. DATA HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN.....	37
5.1 Data Kualitas Udara.....	37
5.2 Data Transportasi.....	39
5.3 Pengaruh Tipe Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP.....	42
5.4 Pengaruh Volume Kendaraan Total Tiap Jalur Terhadap Konsentrasi TSP.....	44
5.5 Hubungan Non-linear Antara Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP.....	51
5.5.1 Korelasi Negatif pada Hari Sabtu.....	52
5.5.2 Korelasi Negatif pada Hari Minggu.....	55
5.5.3 Korelasi Negatif pada Hari Selasa.....	58
5.5.4 Korelasi Negatif pada Hari Rabu.....	60
5.6 Upaya Pengendalian dan Pengelolaan Kualitas Udara.....	63
5.6.1 Upaya Pengendalian <i>Preventive</i>	63
5.6.2 Upaya Pengendalian <i>Corrective</i>	68
6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
6.1 Kesimpulan.....	71
6.2 Saran.....	72
DAFTAR PUTAKA.....	74
LAMPIRAN A PROSEDUR PENGAMBILAN DATA KONSENTRASI TOTAL SUSPENDED PARTICULATE	
LAMPIRAN B DATA PENELITIAN	
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN	
1. Perhitungan Konsentrasi TSP	
2. Perhitungan Volume Kendaraan	
3. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 3 Variabel Bebas	
4. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 6 Variabel Bebas	
5. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda Dengan 2 Variabel Bebas	
6. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Sederhana	
LAMPIRAN D FOTO-FOTO PENELITIAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 .Ukuran Jenis-jenis Partikel.....	13
Gambar 2.2 .Siklus Nitrogen di Udara.....	19
Gambar 2.3 Siklus Sulfur di Udara.....	21
Gambar 2.4 Diagram Alir Reaksi VOC dengan Radikal di Udara.....	23
Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian Secara Keseluruhan	28
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	35
Gambar 4.2 Potongan Melintang Ruas Jalan Raya Margonda.....	36
Gambar 5.1 Ilustrasi Turbulensi Udara.....	46
Gambar 5.2 Rekomendasi Pembuatan Storage di Dekat Halte	67
Gambar 5.3 Rekomendasi Pemasangan Pagar Pembatas.....	67
Gambar 5.4 Potongan Melintang (Atas) dan Tampak Samping (Bawah) Rekomendasi RTH.....	69



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Udara Bersih dan Kering	6
Tabel 2.2	Klasifikasi Polutan Partikulat	10
Tabel 2.3	Klasifikasi Polutan Gas	10
Tabel 2.4	Kualitas Udara Berdasarkan Konsentrasi Partikulat dan Efek yang Ditimbulkan	15
Tabel 2.5	Efek SO ₂ Terhadap Kesehatan	21
Tabel 2.6	Jenis-jenis VOC	22
Tabel 2.7	Jenis-jenis VOC	22
Tabel 2.8	Nilai Satuan Mobil (smp) Penumpang Berbagai Kendaraan	26
Tabel 3.1	Tabel Pengambilan Data Kualitas Udara	31
Tabel 3.2	Tabel Pengambilan Data Transportasi	32
Tabel 3.3	Nilai Satuan Mobil Penumpang (smp) yang Digunakan	33
Tabel 5.1	Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Sabtu	37
Tabel 5.2	Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Minggu	37
Tabel 5.3	Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Selasa	38
Tabel 5.4	Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Rabu	38
Tabel 5.5	Volume Kendaraan Jalur Menuju Jakarta (smp/jam)	39
Tabel 5.6	Volume Kendaraan Jalur Menuju Depok (smp/jam)	40
Tabel 5.7	Volume Kendaraan 2 Jalur (smp/jam)	40
Tabel 5.8	Persamaan Regresi, Koefisien Determinan, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda untuk 3 Moda Kendaraan di Jalur Menuju Jakarta	43
Tabel 5.9	Persamaan Regresi, Koefisien Determinan, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda untuk 3 Moda Kendaraan di Jalur Menuju Depok	43
Tabel 5.10	Persamaan Regresi, Koefisien Determinasi, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda untuk 6 Variabel Bebas	44
Tabel 5.11	Persamaan Regresi dan Koefisien Korelasi Linear Sederhana	45
Tabel 5.12	Persamaan Regresi, Koefisien Determinasi, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda Variabel Bebas Total Volume Kendaraan di Jalur Menuju Jakarta dan Total Volume Kendaraan di Jalur Menuju Depok	46
Tabel 5.13	Sifat Korelasi Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP	52
Tabel 5.14	Tanaman Pohon Pengisi Ruang Terbuka Hijau	70

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1	Fluktuasi TSP Harian	38
Grafik 5.2	Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Jalur Menuju Jakarta	40
Grafik 5.3	Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Jalur Menuju Depok	41
Grafik 5.4	Fluktuasi Volume Kendaraan Harian 2 Jalur	42
Grafik 5.5	Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Sabtu	47
Grafik 5.6	Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Minggu.	48
Grafik 5.7	Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Selasa ...	49
Grafik 5.8	Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Rabu.....	50
Grafik 5.9	Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan Total Hari Sabtu	52
Grafik 5.10	Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO ₂ Pada Hari Sabtu....	53
Grafik 5.11	Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Sabtu.....	53
Grafik 5.12	Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan Total Hari Minggu	55
Grafik 5.13	Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO ₂ Pada Hari Minggu	56
Grafik 5.14	Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Minggu	56
Grafik 5.15	Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan Total Hari Selasa	58
Grafik 5.16	Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO ₂ Pada Hari Selasa....	58
Grafik 5.17	Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Selasa.....	59
Grafik 5.18	Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan Total Hari Rabu	60
Grafik 5.19	Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO ₂ Pada Hari Rabu	61
Grafik 5.20	Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Rabu	61

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Dalam Seminar Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pembangunan Nasional, Universitas Padjajaran, Bandung, 15-18 Mei 1972 terdapat sebuah kalimat, *“Hanya dalam lingkungan hidup yang baik, manusia dapat berkembang secara maksimal, dan hanya dengan manusia yang baik lingkungan hidup dapat berkembang ke arah yang optimal.”*

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. (Undang-undang No.32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup). Secara sederhana, Sastrawijaya (1991) mengatakan bahwa “Lingkungan hidup ialah jumlah semua benda yang hidup dan tidak hidup serta kondisi yang ada dalam ruang yang kita tempati.”

Sifat lingkungan hidup dipengaruhi oleh adanya hubungan timbal balik antara manusia dengan lingkungan hidup. Perubahan pada lingkungan hidup akan merubah perilaku manusia dalam upaya menyesuaikan diri dengan kondisi yang baru. Sedangkan perubahan dalam perilaku manusia itu sendiri selanjutnya akan menyebabkan perubahan dalam lingkungan hidup. Hal ini merepresentasikan betapa manusia bertanggung jawab atas baik atau tidaknya sifat lingkungan hidup. Pentingnya kualitas lingkungan hidup disebabkan karena lingkungan hidup juga merupakan salah satu sumber daya.

Dalam bukunya, Soemarwoto (1983) mengatakan bahwa, “Faktor yang penting dalam permasalahan lingkungan ialah besarnya populasi manusia.” Perkembangan populasi ini akan diikuti oleh perkembangan budaya yang secara langsung mengakibatkan kebutuhan dasar manusia semakin meningkat.

Pemenuhan kebutuhan dasar manusia dewasa ini hampir seluruhnya ditunjang oleh sumber energi berupa bahan bakar fosil. Terdapat efek negatif dalam pemakaian energi ini, salah satunya adalah pencemaran udara. Berdasarkan data yang didapat dari *United States Department of Trade and Industry (2001)*, pemakaian bahan bakar fosil pada berbagai sektor pemakaian mulai dari yang terkecil adalah pada sektor pelayanan umum, kegiatan industri, kegiatan domestik, dan yang paling besar adalah kegiatan transportasi.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa kegiatan transportasi memegang peran sebagai penyumbang polusi udara terbesar. Jumlah kendaraan dewasa ini sudah sangat jauh melebihi kapasitas jalan di daerah Jakarta dan sekitarnya. Kemacetan seakan sudah menjadi budaya di tengah masyarakat. Salah satunya adalah Jalan Raya Margonda yang merupakan akses utama menuju kota Depok dari Jakarta. Besarnya volume kendaraan yang melintas di jalan ini tentu akan mempengaruhi emisi kendaraan yang terkandung dalam udara.

Salah satu emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor adalah *Suspended Particulate Matter (SPM)*. SPM di udara terdapat dalam sebuah sistem yang kompleks. Terdapat dalam berbagai bentuk padatan, dengan ukuran partikel antara 0,01-100 μm atau lebih besar. Secara umum, pengukuran SPM difokuskan pada pengukuran *Total Suspended Particulate (TSP)* tanpa memperhatikan ukuran partikelnya.

Sama seperti polutan lainnya, TSP membawa dampak negatif bagi kesehatan makhluk hidup. Penurunan kualitas udara jika tidak ditangani secara cepat dan tepat akan membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Tidak memakai bahan bakar fosil agar tidak terjadi pencemaran udara bukanlah pemecahan masalah terbaik. Solusi yang dapat diberikan adalah perbaikan sistem dari berbagai sisi agar pencemaran udara akibat kendaraan bermotor dapat ditekan seminim mungkin.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui dan menganalisa hubungan karakteristik antara kualitas udara dalam bentuk konsentrasi TSP dengan beban transportasi dalam bentuk volume transportasi, yang disajikan dalam grafik fluktuasi.

1.3 Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah

Penelitian ini dilakukan di ruas jalan raya Margonda. Pertimbangan pemilihan lokasi ini didasarkan pada arus lalu lintas jalan raya Margonda yang relatif padat pada waktu-waktu tertentu. Pengukuran dilakukan di pinggir jalan dengan tujuan mengetahui besar paparan konsentrasi kepada orang yang melakukan kegiatan di pinggir Jalan Raya Margonda.

Parameter kualitas udara yang diteliti adalah konsentrasi TSP dan diukur menggunakan metode *High Volume Sampling (HVS)*. TSP yang terukur diasumsikan berasal dari emisi kendaraan bermotor, sehingga analisa tidak mempertimbangkan TSP yang berasal dari sumber lain.

Parameter arus lalu lintas yang diteliti adalah volume lalu lintas berdasarkan jenis kendaraannya.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, antara lain:

- Bagi Pemerintah Kota Depok (Pemkot Depok) serta instansi terkait pada khususnya, dapat memberikan suatu usulan dalam pengambilan kebijakan pengaturan arus transportasi. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu usulan strategi baru dalam pengendalian dan pengelolaan kualitas udara yang ada di kota Depok terutama jalan raya Margonda agar dapat tercipta suatu kondisi lingkungan yang bersih melalui kualitas udara yang bersih dan sehat.
- Bagi institusi pendidikan, memberikan sumbangan kemajuan dunia pendidikan di bidang lingkungan hidup pada umumnya berupa alternatif usulan strategi dalam pengendalian pencemaran udara.

- Bagi diri sendiri, memberikan gambaran serta analisa yang mendalam di bidang lingkungan hidup pada umumnya dan pencemaran udara pada khususnya, serta pengalaman dalam aplikasi ilmu pengetahuan ke dunia kerja nantinya. Selain itu penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan guna menyelesaikan pendidikan pada program Sarjana Departemen Teknik Sipil Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.



BAB II STUDI LITERATUR

Sesuai dengan judul penelitian ini, yaitu “*Fluktuasi Harian Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) sebagai Akibat Fluktuasi Volume Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan Raya Margonda)*”, penelitian ini hanya berfokus kepada konsentrasi TSP yang diakibatkan fluktuasi volume lalu lintas. Sehingga dalam penulisan selanjutnya, yang akan dibahas adalah masalah pencemaran udara dan transportasi saja.

2.1 Udara

2.1.1 Gambaran Umum Pencemaran Udara

Lingkungan Atmosfer terdiri dari campuran gas yang meliputi kira-kira 10-16 km dari permukaan bumi (Connel, 1995). Dilihat dari sifatnya sebagai materi, udara merupakan larutan (*fluid*) yang dalam keadaan kering mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% komponen gas lain. Komposisi dari campuran gas tersebut selalu berubah akibat pergeseran kesetimbangan yang dipengaruhi kegiatan yang terjadi di atas bumi. Komposisi udara pada persentase tersebut terdapat pada udara dalam keadaan normal. Jika udara mengalami perubahan persentase komposisi komponennya dalam jumlah yang signifikan dan tidak lagi mendukung kehidupan manusia, maka dapat dikatakan bahwa telah terjadi pencemaran udara.

Tabel 2.1 Komposisi Udara Bersih dan Kering

Macam Gas, Formula Kimia	Volume, %
Nitrogen, N ₂	78
Oksigen, O ₂	21
Argon, Ar	0,93
Karbon dioksida, CO ₂	0,03
Helium, He	0,01
Neon, Ne	0,01
Xenon, Xe	0,01
Kripton, Kr	0,01
Metana, CH ₄	< 0,01
Karbonmonoksida, CO	< 0,01
Amoniak, NH ₃	< 0,01
Nitrat Oksida, N ₂ O	< 0,01
Hidrogen Sulfida, H ₂ S	< 0,01

Sumber : American Chemical Society, 2010

Komposisi udara tidak sama di setiap tempat. Sebagai contoh, untuk udara di atas permukaan rawa mengandung lebih banyak senyawa hidrogen dibandingkan dengan padang pasir. Demikian pula kadar uap air yang berbeda di setiap tempat dengan kadar volume paling kecil adalah 0,01% dan paling banyak 4% volume.

Definisi pencemaran udara secara umum adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara).

Fuadbahsin (2009) mengatakan bahwa ada 6 permasalahan yang menjadi perhatian dalam pencemaran udara.

- a. Pertumbuhan kegiatan sektor transportasi, industri, pembangkit tenaga (utilitas), rumah tangga, yang semakin meningkat telah memberikan kontribusi kepada pencemaran udara, khususnya di kota-kota besar dan di sekitar kawasan industri.
- b. Masih digunakan bahan bakar yang kurang ramah lingkungan seperti bahan bakar minyak atau batu bara dengan kadar sulfur tinggi, bahan bakar kendaraan bermotor seperti bensin yang masih mengandung zat timbel dan solar yang mengandung kadar sulfur tinggi.

- c. Belum semua industri memasang alat pengendalian pencemar udara untuk menurunkan beban pencemar udara seperti alat *electrostatic presipitator*, *bag house filter*, *cycloninc duster*, *wet scrubber*, dll.
- d. Masih adanya emisi gas yang dibuang ke udara tidak dilewatkan melalui cerobong.
- e. Belum semua cerobong yang ada di industri dilengkapi dengan lubang sampling dan sarana pendukung sampling.
- f. Belum semua cerobong asap dilakukan pengujian emisi secara berkala (sekarang-kurangnya setiap enam bulan sekali).

2.1.2 Klasifikasi Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemar adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. (Perda DKI Jakarta No. 2 tahun 2005 tentang Pengendalian Pencemaran Udara)

Udara dalam keadaan alami tidak mungkin bebas dari polutan. Beberapa polutan seperti abu gunung berapi yang mengandung senyawa sulfur, bakteri, tepung sari, spora, partikel garam dari laut, dan debu kosmis dari luar angkasa secara alami teremisikan di atmosfer bumi. Secara alami partikel ini menjadi tempat molekul air akan mengembun dan terkondensasi lalu jatuh sebagai hujan.

Terjadinya pencemaran udara akibat aktivitas manusia secara umum digolongkan menjadi tiga jenis (Sastrawijaya, 1991).

a. *Attrition* (pergesekan)

Contoh proses ini adalah proses *sanding* (pemecahan butiran), *grinding* (pemukiran), *drilling* (pengeboran), *clan spraying* (penyemprotan). Pergesekan merupakan penghasil utama pencemar partikulat di udara dan ukurannya dapat bermacam-macam.

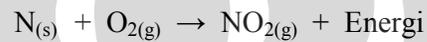
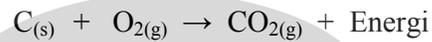
b. *Vaporization* (penguapan)

Merupakan perubahan fase cairan menjadi gas. Penyubliman juga dapat menambah uap di udara. Beberapa polutan di udara dihasilkan

akibat adanya proses penguapan dari zat-zat *volatile* (mudah menguap) seperti pelarut, perekat, bensin, cairan pembersih, dsb.

c. *Combustion* (pembakaran)

Merupakan proses yang paling umum dilakukan oleh manusia sejak jaman purbakala. Pembakaran merupakan reaksi kimia yang berjalan cepat dan membebaskan energi, cahaya atau panas. Contoh proses pembakaran:



Dapat dilihat bahwa sebagian besar hasil pembakaran menghasilkan polutan dalam bentuk gas. Bahan bakar yang umumnya digunakan adalah kayu, batubara, minyak bumi, gas alam. Bahan bakar tersebut umumnya mengandung partikel-partikel organik yang terdiri dari unsur karbon, sulfur, nitrogen, dsb.

Berikut ini adalah berbagai jenis klasifikasi sumber pencemaran udara

2.1.2.1 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Asal-usulnya

Secara garis besar, asal-usul sumber pencemar udara terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Sumber pencemar alamiah.

Merupakan sumber pencemar yang dihasilkan akibat proses-proses alami seperti aktivitas gunung berapi, kebakaran hutan alami, rawa-rawa, proses *nitrification* dan *denitrification* biologi.

b. Sumber pencemar *Anthropogenic*.

Merupakan sumber pencemar yang dihasilkan akibat kegiatan yang dilakukan manusia seperti kegiatan transportasi, industri, pembangkit listrik, pembakaran, dan gas buang pabrik.

2.1.2.2 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Letaknya

Pencemaran udara berdasarkan letaknya dibagi menjadi:

a. *Indoor air pollution*

Merupakan pencemaran udara yang terjadi di dalam ruangan. Biasanya bersumber dari sirkulasi udara *air conditioner* (AC) yang tidak baik, asap rokok, pembakaran kayu (*Woodstove*) untuk keperluan rumah tangga, transportasi (*Basement*), cat rumah, banjir, radiasi microwave, bahan kimia pembersih, fotocopy.

b. *Outdoor air pollution*

Merupakan pencemaran udara yang terjadi di luar ruangan. Biasanya disebabkan oleh kegiatan di luar ruangan yang menyebabkan pencemaran udara seperti transportasi, pabrik, pembakaran, dsb.

2.1.2.3 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Pergerakannya

Klasifikasi pencemar udara ini didasarkan pada *movement* sumber pencemar. Terbagi menjadi:

a. Sumber pencemar bergerak

Sumber pencemar bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor (PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara).

b. Sumber pencemar tidak bergerak

Sumber pencemar tidak bergerak adalah sumber emisi yang tidak bergerak atau tetap pada suatu tempat (PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara). Contoh sumber pencemar tidak bergerak adalah industri, utilitas, beberapa jenis tanaman.

2.1.2.4 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Bentuk Fisik Pencemar dan Susunan Kimianya

Pembagian klasifikasi sumber pencemar udara berdasarkan bentuk fisik adalah sebagai berikut:

a. Partikulat

Pencemar udara partikulat merupakan pencemar dengan wujud fisik padat. Ukuran diameter yang kecil membuat partikulat sulit mengalami presipitasi, sehingga melayang dan terdapat di udara.

Tabel 2.2 Klasifikasi Polutan Partikulat

Jenis	Diameter	Keterangan
Aerosol	< 1 μm	Partikel padat yang terperangkap dalam cairan dan tetap tinggal di dalam udara tanpa mengalami deposisi
Dust	0,1-1,000 μm	
Fume	0,1-1 μm	Terbentuk akibat pencairan benda padat seperti Pb
Mist	> 1,00 μm	
Smog	< 1 μm	
Fog		Kondensasi uap air di udara

Sumber: Chahaya, 2003

b. Gas

Pencemar gas merupakan pencemar yang wujud fisiknya merupakan gas atau uap. Perbedaannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Polutan Gas

Jenis	Keterangan
<i>True Gas</i>	Zat yang keadaan fisiknya mempunyai sifat menyebar dan menempati ruang dimana zat tersebut berada. Misalnya CO_2 , SO_2 , CH_4
<i>Vapor (uap)</i>	Bentuk gas dari suatu zat yang umumnya berbentuk padat atau cair pada tekanan dan suhu kamar. Misalnya uap benzene, senyawa hidrokarbon lainnya.

Sumber: Chahaya, 2003

2.1.2.5 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Pola Emisinya

Klasifikasi sumber pencemar berdasarkan pola emisinya:

a. Sumber titik

Yang termasuk ke dalam kelompok ini contohnya adalah knalpot, cerobong industri.

b. Sumber garis

Merupakan integrasi dari sumber-sumber titik yang tidak terhingga banyaknya sehingga dapat dianggap menjadi sumber garis yang seluruhnya menghasilkan pencemaran udara. Yang termasuk ke dalam kelompok ini contohnya adalah jalan raya.

c. Sumber area

Merupakan integrasi dari banyaknya sumber titik dan sumber garis dan membentuk sebuah pola dua dimensi. Contohnya adalah kawasan industri.

2.1.2.6 Sumber Pencemar Udara Berdasarkan Reaksi Pembentukan

World Health Organization (2005), membagi pencemar udara berdasarkan reaksi pembentukannya di atmosfer menjadi dua jenis, yaitu:

a. *Primary air pollutants*

Pencemar primer atau *primary air pollutants* merupakan substansi pencemar yang langsung diemisikan dari sumber pencemar. Polutan primer biasa mengandung konsentrasi senyawa polutan lebih besar. Polutan primer mencakup 90% dari jumlah polutan di udara.

b. *Secondary air pollutants*

Pencemar sekunder merupakan substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer dan unsur-unsur yang terkandung dalam atmosfer alamiah. Pencemar jenis ini biasa yang menyebabkan terjadinya fenomena *Smog*, *Haze*, menyebabkan iritasi mata.

Pada reaksi pembentukan pencemar sekunder, pencemar primer yang bereaksi disebut sebagai *precursor*.

2.1.3 Identifikasi *Suspended Particulate Matter* dalam Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan

Setiap polutan mempunyai karakteristik tersendiri mulai dari struktur kimia, sifat fisis, dan dampaknya terhadap kesehatan. Connel dan Miller (1995) mengklasifikasikan ratusan macam bahan pencemar udara ke dalam Sepuluh kategori, yaitu oksida karbon, oksida sulfur, oksida nitrogen, *Volatile Organic Compounds (VOCs)* dan hidrokarbon, *Suspended Particulate Matter (SPM)*, *Photochemical Oxidant*, bahan radioaktif, panas, kebisingan, dan getaran. Dalam penelitian ini yang akan ditinjau lebih lanjut hanyalah SPM saja beserta partikel-partikel yang termasuk ke dalam SPM yang disebut sebagai *Particulate Matter (PM)*.

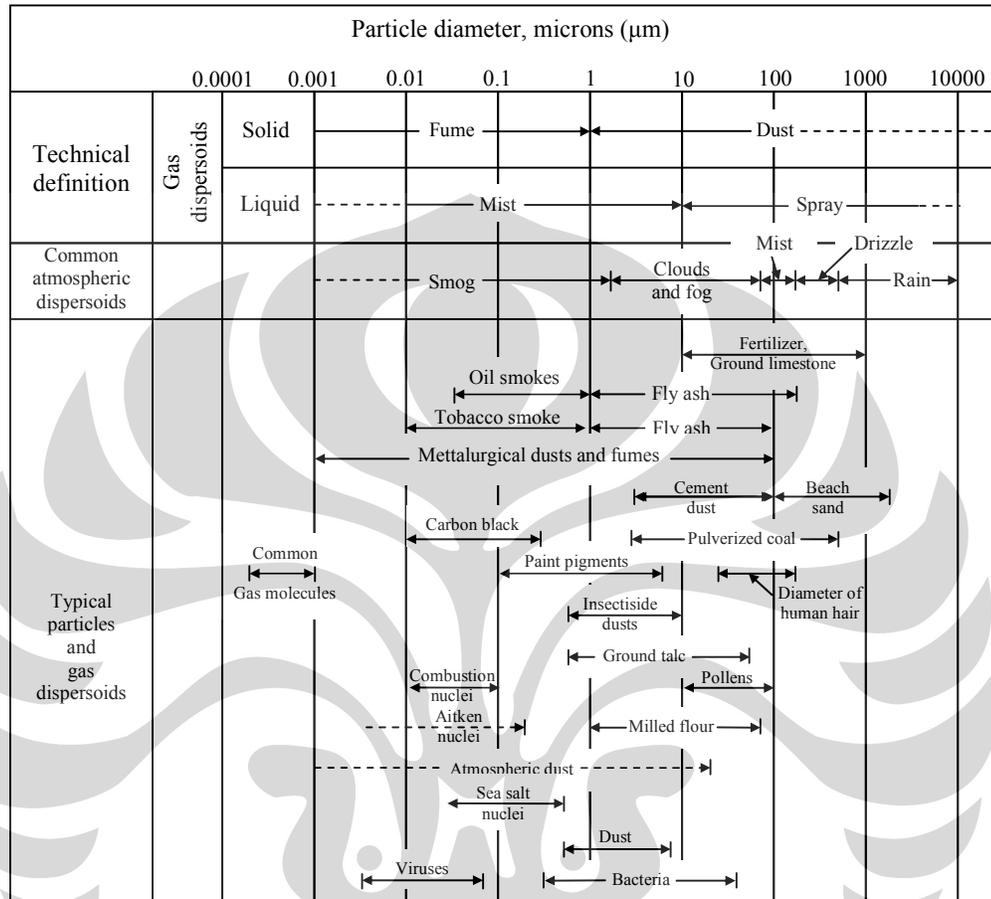
PM merupakan polutan udara yang terdiri dari campuran partikel baik padat maupun cair atau kombinasi dari keduanya yang tersuspensi di udara dan sulit mengendap yang mewakili campuran kompleks dari materi organik maupun anorganik (*World Health Organization, 2005*). Partikel ini terdapat dalam berbagai ukuran, komposisi, dan sumber.

Ukuran partikel yang terhirup dan masuk ke dalam paru-paru akan menentukan letak penempelan atau pengendapan partikel tersebut. Partikel yang berukuran kurang dari 5 μm akan tertahan di saluran pernafasan bagian atas, sedangkan partikel berukuran 3-5 μm akan tertahan pada saluran pernafasan bagian tengah. Partikel yang berukuran lebih kecil, 1-3 μm , akan masuk ke dalam kantung udara paru-paru, menempel pada alveoli. Partikel yang lebih kecil lagi, kurang dari 1 μm , akan ikut keluar saat nafas dihembuskan.

Ukuran partikel juga menjelaskan waktu tinggal di atmosfer. PM_{10} dapat tersedimentasi dan mengalami presipitasi dalam waktu hanya beberapa jam, sedangkan $\text{PM}_{2,5}$ membutuhkan waktu beberapa hari bahkan beberapa minggu untuk mengendap. Selain itu partikel ini dapat berpindah dalam jarak yang jauh.

Karena komposisi yang beragam, pengukuran SPM sering didasarkan pada jumlah partikulat yang terukur tanpa memperhatikan distribusi

ukuran partikelnya dan disebut *Total Suspended Particulate (TSP)*. TSP merupakan partikulat di udara yang ukurannya kurang dari 100 μm .



Gambar 2.1 Ukuran Jenis-Jenis Partikel
(Cooper & Alley, 1990)

Secara garis besar, PM dibagi menjadi dua jenis yaitu PM primer (*primary generation*), dan PM sekunder (*secondary formation*) (Takekawa, 2003). PM primer langsung diemisikan dari sumbernya secara antropogenik maupun melalui proses alami ke alam. Sumber antropogenik antara lain pembakaran yang terjadi di kendaraan bermotor, pembakaran batu bara, aktivitas industri (pembangunan, penambangan, pabrik semen, keramik, dsb), erosi permukaan jalan akibat gesekan dengan permukaan ban, dsb. Sedangkan proses alami antara lain tanah kering yang tergerus oleh angin, bakteri dan virus, letusan gunung berapi, jamur, dan

partikel garam dari air laut yang mengering, serbuk kayu, asap, partikel logam, dsb.

PM sekunder terbentuk lebih kompleks dibandingkan dengan PM primer, dan terdiri dari kandungan organik maupun anorganik (Takekawa, 2003). PM sekunder anorganik di atmosfer terdapat dalam jumlah kecil berupa senyawa sulfat dan nitrat. Sedangkan PM sekunder organik terdapat dalam jumlah besar yang karakteristiknya beragam sehingga sulit untuk diidentifikasi.

Pengaruh terhadap kesehatan yang diakibatkan PM sangat bergantung pada ukuran partikelnya. Satu-satunya rute pajanan (*exposure*) yang menjadi perhatian dalam hubungan pajanan dengan dampak terhadap kesehatan adalah proses inhalasi. Meskipun demikian masih ada beberapa senyawa lain yang melekat bergabung dengan partikulat seperti timah hitam (Pb) dan senyawa beracun lainnya yang dapat memajan tubuh lewat rute lain.

Ukuran PM yang membahayakan kesehatan umumnya berkisar antara 0,1 μm sampai dengan 10 μm . Biasanya PM dengan ukuran 5 μm dapat langsung masuk dengan mudah ke dalam paru-paru lalu mengendap di dalam alveoli. Sedangkan untuk PM dengan ukuran lebih besar akan mengganggu saluran pernafasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. Efek iritasi akan diperparah dengan adanya substansi SO_2 yang terdapat di udara yang menjadi partikulat.

Selain efek terhadap saluran pernafasan, PM dapat menyebabkan iritasi mata dan mengurangi daya tembus pandang mata (*visibility*). Partikulat debu akan menjadi sangat berbahaya jika mengandung logam beracun. Pada umumnya kandungan logam di udara yang tercemar berkisar antara 0,01-3%, namun jumlah ini dapat menjadi bersifat akumulatif. Selain itu logam di udara akan jauh lebih berbahaya jika dibandingkan dengan logam yang terkandung dalam makanan atau air minum.

Identifikasi dampak terhadap kesehatan berdasarkan data yang didapatkan dari *World Health Organization* (2010) adalah:

- PM meningkatkan resiko kematian akibat gangguan pernapasan pada bayi dengan umur di bawah 1 tahun karena PM mempengaruhi laju perkembangan fungsi paru-paru, menyebabkan asma dan gejala pernapasan lain seperti batuk dan bronchitis pada anak-anak.
- PM_{2,5} memberikan efek serius pada kesehatan, meningkatkan kemungkinan kematian akibat penyakit kardiovaskular dan penyakit pernafasan, serta kanker paru-paru.
- PM₁₀ menyebabkan kemungkinan terkena penyakit paru-paru lebih besar.

Berdasarkan *US National Ambient Air Quality Standards* dan BAPEDAL, kualitas udara berdasarkan kategori konsentrasi TSP, PM_{2,5}, dan PM₁₀ serta efeknya terhadap kesehatan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Kualitas Udara Berdasarkan Konsentrasi Partikulat dan Efek yang Ditimbulkan

TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kategori	Efek
0-75	0-15	0-50	Baik	Tidak ada efek
76-260	16-65	51-150	Sedang	Terjadi penurunan jarak pandang
261-375	66-150	151-350	Tidak Sehat	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran udara dimana-mana
376-625	151-250	351-420	Sangat tidak sehat	Sensitivitas meningkat pada pasien berpenyakit asma dan <i>bronchitis</i>
>625	>251	>421	Berbahaya	Tingkat berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

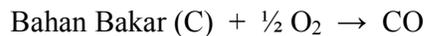
Sumber: BAPEDAL in Agusgindo, 2007

Berikut ini akan dibahas partikel-partikel yang diemisikan dari kegiatan transportasi yang dapat terukur sebagai TSP

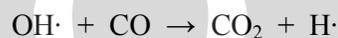
2.1.3.1 Oksida Karbon (CO_x)

Menurut Ryadi (1982), Oksida karbon yang paling besar dan umum dihasilkan kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO). CO dapat

terbentuk akibat proses pembakaran minyak fosil yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang terbakar tidak sempurna. Hadirnya CO akibat pembakaran tidak sempurna bahan bakar kendaraan dapat terjadi menurut reaksi berikut:



Adanya CO di udara ambient dapat memicu terjadi reaksi fotolisis yang melibatkan radikal hidroksil ($\text{OH}\cdot$) dan hidroperoksil (HO_2), oksigen, dan ozon. Menurut Legget (1990) reaksi yang terjadi antar senyawa-senyawa tersebut adalah sebagai berikut:

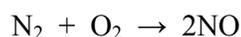


Reaksi tersebut akan terus berlangsung secara berantai selama terdapat cukup energi, sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya CO dalam udara ambient dapat memicu terjadinya reaksi fotokimia yang menghasilkan oksidan.

2.1.3.2 Oksida Nitrogen (NO_x)

Minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor merupakan campuran beberapa jenis hidrokarbon, sedikit senyawa nitrogen, dan senyawa sulfur. (Underwood, 1986). Adanya senyawa-senyawa tersebut akan menghasilkan oksida jika terjadi proses pembakaran. Salah satu emisi yang dihasilkan adalah oksida nitrogen (NO_x).

Ondrus (1979) menyebutkan bahwa bentuk oksida nitrogen yang ditemukan sebagai polutan di udara adalah NO dan NO_2 . Sedangkan bentuk oksida nitrogen yang langsung diemisikan oleh kendaraan bermotor adalah NO. Selama pembakaran bahan bakar fosil, NO dalam jumlah besar tidak terbentuk akibat pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung gugus nitrogen, tetapi terbentuk akibat reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara pada suhu tinggi menurut reaksi:



Nitrogen merupakan gas *inert* dan cenderung tidak bereaksi dengan oksigen pada suhu kamar (Departemen Kesehatan RI, 2003). Keduanya akan baru bereaksi pada suhu lebih tinggi dari 1.210°C membentuk NO dalam jumlah banyak. Dalam proses pembakaran yang terjadi di kendaraan bermotor, suhu yang digunakan umumnya mencapai 1.210-1.765°C, oleh karena itu pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan bermotor merupakan sumber utama terbentuknya NO. Meskipun demikian nitrogen dioksida dapat mulai terbentuk akibat reaksi antara NO dengan kelebihan oksigen.



Ondrus juga menambahkan bahwa NO₂ adalah gas berwarna merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung. Pada konsentrasi sekitar 150 µL/L, NO₂ adalah iritan kuat terutama terhadap organ respirasi.

Oksida nitrogen di udara dapat bereaksi secara kompleks membentuk senyawa-senyawa partikulat. Menurut Zhang, et al (1994), Proses pembentukan partikulat nitrat dapat terjadi melalui reaksi oksidasi dan fotokimia. Asam nitrat dapat terbentuk di udara melalui beberapa tahap. Pada siang hari, reaksi pembentukannya dapat terjadi karena kehadiran radikal hidroksil.



Sedangkan pada malam hari, asam nitrat dapat terbentuk melalui reaksi antara N₂O₅ dengan H₂O



N₂O₅ dalam reaksi di atas dibentuk melalui reaksi NO₂ sebagai berikut:



Pembentukan HNO₃ dari N₂O₅ pada reaksi di atas terjadi dalam jumlah kecil karena NO₃ yang dihasilkan langsung terdisosiasi secara cepat menjadi NO dan O₂.

Substansi yang terbentuk menurut reaksi di atas kemudian dapat membentuk partikulat nitrat akibat adanya aerosol di udara. Reaksi

pembentukan yang digambarkan oleh Zhang, et al (1994) adalah sebagai berikut:



Asam nitrat dalam bentuk gas dapat mengalami fotolisis oleh radiasi sinar ultra violet (uv), membentuk radikal hidroksil dan NO_2 (Vione, et al, 2005). Pembentukannya dapat dilihat pada reaksi berikut:



Radikal $\text{OH}\cdot$ merupakan oksidan sangat kuat dan sangat reaktif. Adanya oksidan ini akan membantu teroksidasinya senyawa organik dan anorganik menjadi senyawa sekunder. Proses fotolisis asam nitrat ini berlangsung sangat lama bahkan pada siang hari. Sehingga proses *removal* utama asam nitrat di troposfer adalah proses deposisi kering dan deposisi basah (hujan).

Radikal hidroksil juga bisa terbentuk di troposfer melalui *photodissociation* O_3 melalui reaksi



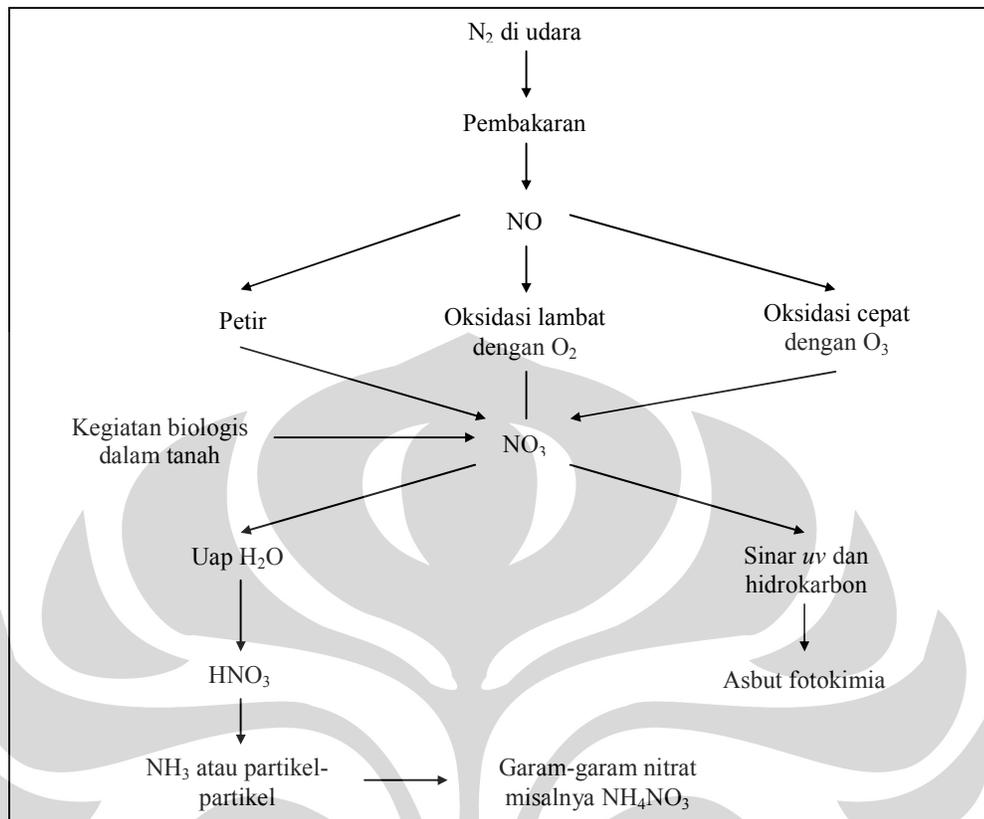
dan konversi HO_2 menjadi $\text{OH}\cdot$ terjadi melalui reaksi:



Ozon dan NO_x berhubungan langsung lewat siklus sebagai berikut:



Sastrawijaya (1991) menggambarkan siklus NO_x sebagai pencemar di udara sebagai berikut:



Gambar 2.2 Siklus Nitrogen di Udara
(Sastrawijaya, 1991)

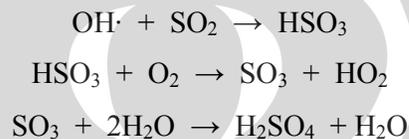
2.1.3.3 Oksida Sulfur (SO_x)

Menurut buku Pedoman Parameter Pencemaran Udara yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan RI, pencemaran oleh Sulfur Oksida (SO_x) di udara umumnya disebabkan oleh dua komponen sulfur dalam bentuk gas tidak berwarna yaitu Sulfur Dioksida (SO₂) dan Sulfur Trioksida (SO₃). SO₂ mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak mudah terbakar di udara. Sedangkan SO₃ merupakan komponen yang kurang reaktif. Sifat racun dari SO_x disebabkan karena daya ikatnya terhadap oksigen untuk mencapai kestabilan fase gasnya. Dalam kadar 400-500 ppm akan sangat berbahaya, 8-12 ppm akan menimbulkan iritasi mata, dan 3-5 ppm akan menimbulkan gangguan pernafasan (ditandai dengan bau yang tajam).

Pembakaran bahan-bahan yang mengandung Sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur tersebut. Jumlah masing-masing hasil

pembakaran tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia, tidak seperti pembentukan oksida karbon. Di udara, SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah besar, sedangkan SO₃ yang terbentuk bervariasi dari 1-10% total SO_x. Konsentrasi gas SO₂ dengan kadar 0,3-1 ppm dapat dideteksi dari baunya.

Menurut Laaksonen, et al, (2008) SO₂ di udara dapat dioksidasi oleh radikal OH· akibat adanya uap air. Mekanisme yang terjadi adalah sebagai berikut:

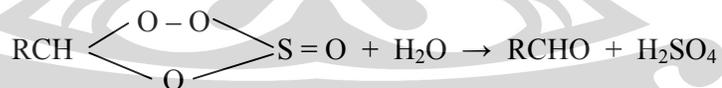


Calvert dan Stockwell (1984) dalam penelitiannya juga menyimpulkan bahwa radikal hidroksil merupakan komponen utama terjadinya proses oksidasi.

Lebih jauh, adanya senyawa organik dalam udara akan menyebabkan terbentuknya senyawa sekunder berupa aerosol (Martinez, 1981). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



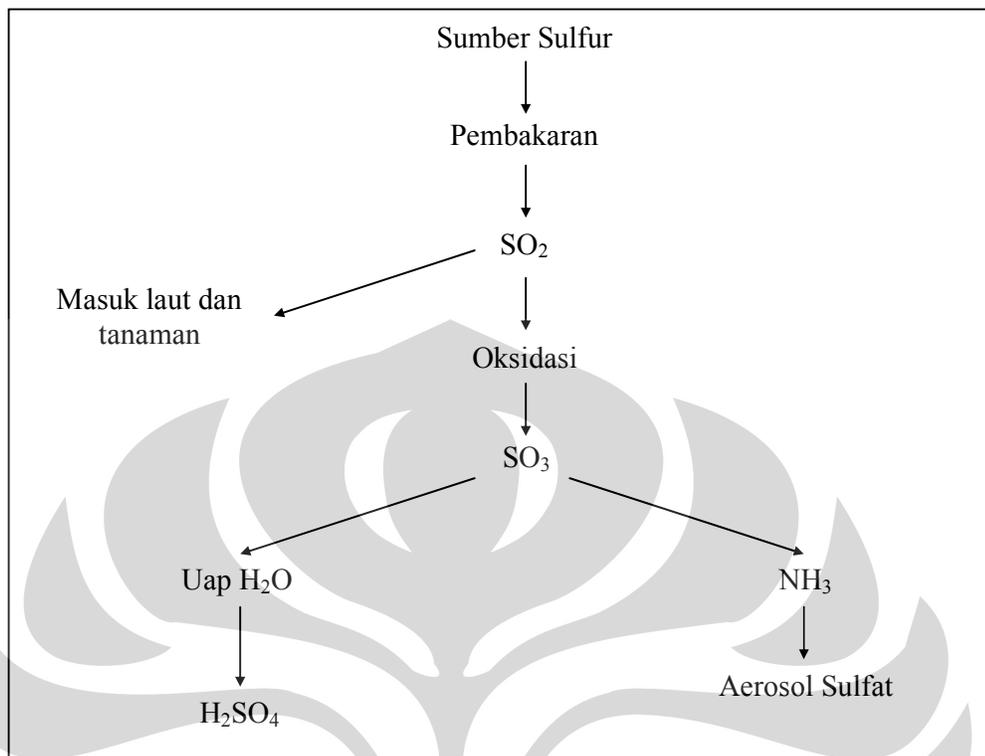
Senyawa yang terbentuk ini kemudian bereaksi dengan air menghasilkan asam sulfat.



Adanya ammonia dalam udara juga dapat menyebabkan terbentuknya aerosol sulfat menurut reaksi berikut (Sastrawijaya, 1991).



Sastrawijaya (1991) juga menggambarkan siklus SO_x sebagai pencemar di udara secara sederhana sebagai berikut:



Gambar 2.3 Siklus Sulfur di Udara
(Sastrawijaya, 1991)

Berikut ini adalah dampak yang dihasilkan SO_2 terhadap kesehatan.

Tabel 2.5 Efek SO_2 Terhadap Kesehatan

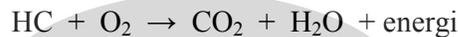
Konsentrasi SO_2 (ppm)	Efek terhadap Kesehatan
3-5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya
8-12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan iritasi mata
	Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan batuk
50-100	Maksimum yang diperbolehkan untuk konsentrasi dalam waktu lama
50-100	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak singkat (30 menit)
400-500	Sangat berbahaya walaupun kontak dalam waktu singkat

Sumber : Departemen Kesehatan RI, 1997

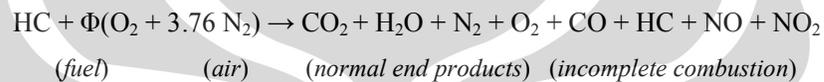
2.1.3.4 Hidrokarbon (RH atau HC)

Hidrokarbon merupakan senyawa yang mengandung gugus karbon dan hidrogen dalam rantainya. Senyawa ini terdapat di dalam minyak bumi dalam variasi bentuk yang beragam (Underwood, 1986). Komposisi yang beragam ini ditentukan oleh lokasi dan umur minyak bumi tersebut.

Reaksi dasar pembakaran hidrokarbon yang terjadi di dalam mesin kendaraan bermotor adalah:



Reaksi tersebut dapat terjadi pada keadaan sempurna. Namun, kebanyakan reaksi yang terjadi tidak dalam keadaan sempurna dan terjadi menurut reaksi berikut:



HC yang tidak terbakar ini kemudian diemisikan bersamaan dengan gas buang kendaraan bermotor lainnya (Rubin, 2001).

Hidrokarbon yang diemisikan dapat berupa senyawa siklik, alifatik, alisiklik, aromatic, dll (Underwood, 1986). Contoh dari senyawa tersebut adalah *Volatile Organic Compounds (VOCs)*. Adanya hidrokarbon ini dapat membentuk senyawa baru yang disebut sebagai *Secondary Organic Aerosol (SOA)* yang sifatnya dapat lebih berbahaya daripada senyawa pembentuknya dan dapat terukur sebagai partikulat. Jenkin, et al (2003) dalam *papernya* menyebutkan daftar VOC yang dapat bereaksi secara fotokimia di udara sebagai berikut:

Tabel 2.6 Jenis-jenis VOC

VOC
Benzene
Toluene
Ethylbenzene
<i>o</i> -xylene
<i>m</i> -xylene
<i>p</i> -xylene
Propylbenzene
<i>i</i> -propilbenzene
1,2,3,-trimethylbenzene

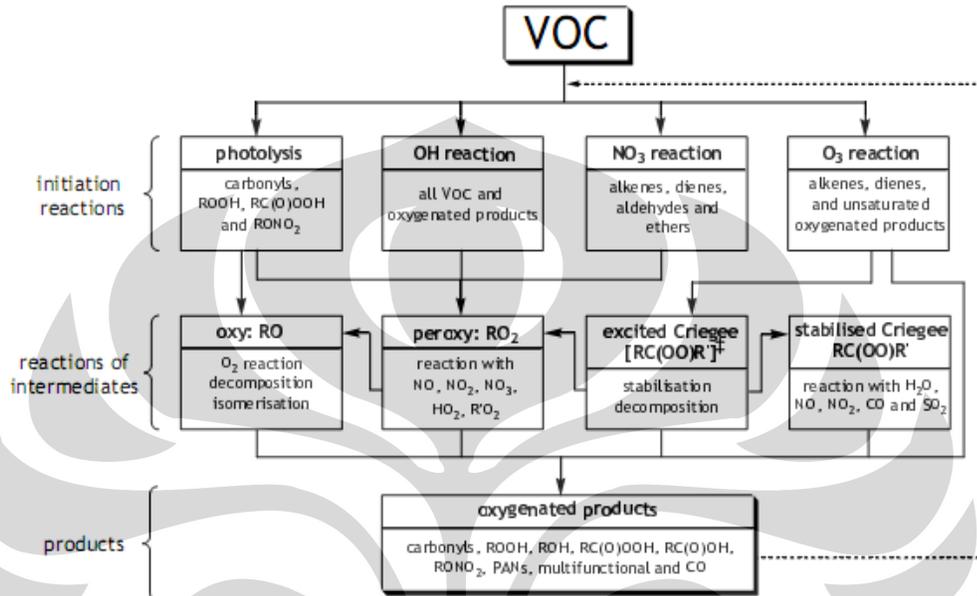
Sumber: Jenkin, 2003

Tabel 2.7 Jenis-jenis VOC

VOC
1,2,4,-trimethylbenzene
1,2,5,-trimethylbenzene
<i>o</i> -ethyltoluene
<i>m</i> -ethyltoluene
<i>p</i> -ethyltoluene
1-ethyl-3,5-dimethylbenzene
1,3-diethyl-5-methylbenzene
Styrene
Benzaldehyde

Sumber: Jenkin, 2003

VOC tersebut dapat bereaksi dengan berbagai radikal yang ada di udara seperti *uv*, hidroksil, NO₃, dan O₃. Alur reaksi VOC dengan berbagai radikal dapat dilihat pada diagram alir berikut:

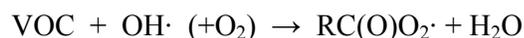


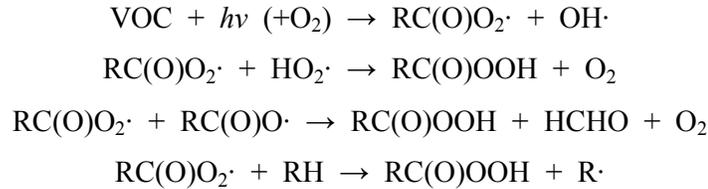
Gambar 2.4 Diagram Alir Reaksi VOC dengan Radikal di Udara
(Saunders, et al, 2003)

Bauer dan Langmann (2002) menyebutkan bahwa hampir semua reaksi hidrokarbon diudara dimulai dengan reaksi pemecahan oleh radikal hidroksil:

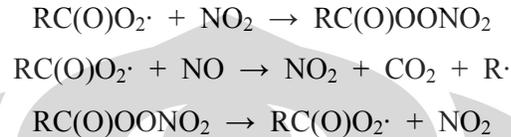


Contoh pembentukan senyawa sekunder lain adalah reaksi pembentukan PAN (*Peroxy Acetyl Nitrate*, RC(O)OONO₂). Menurut LaFranchi, et al (2009), dalam *papernya*, pembentukan PAN dimulai dengan reaksi antara radikal hidroksil dengan fotolisis aldehyde, keton, dan VOC lain yang teroksidasi menjadi *acyl peroxy (AP)*





AP kemudian akan bereaksi dengan adanya NO_x menurut reaksi berikut:



PAN dapat terurai menjadi radikal AP dan NO_2 dengan bantuan panas. Reaksi yang terjadi kurang lebih adalah 1 jam pada suhu 298 K.

2.2 Sistem 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). Dapat diartikan bahwa fungsi sistem transportasi adalah memindahkan suatu benda baik benda hidup maupun benda mati.

Terdapat berbagai jenis bentuk transportasi, misalnya transportasi darat, udara, dan transportasi air. Dalam penelitian ini, studi literatur difokuskan kepada arus lalu lintas jalan saja.

Berdasarkan *Highway Capacity Manual*, terdapat 3 variabel dasar yang biasanya digunakan untuk menjelaskan bagaimana kondisi lalu lintas pada jalan raya, yaitu volume dan flow rate, kecepatan, serta kepadatan lalu lintas. Kemudian arus lalu lintas sendiri dibedakan menjadi dua jenis yaitu arus tidak terganggu (*uninterrupted flow*), dan arus terganggu (*interrupted flow*). Variabel volume dan flow rate dapat digunakan pada kedua jenis arus lalu lintas. Sedangkan untuk variabel kecepatan dan kepadatan hanya dapat digunakan pada arus lalu lintas tidak terganggu.

Arus lalu lintas tidak terganggu (*uninterrupted flow*) merupakan arus lalu lintas dimana kendaraan dapat melaju tanpa harus mengurangi

kecepatan karena adanya gangguan-gangguan. Gangguan tersebut dapat berupa *traffic light*, orang yang menyebrang, simpangan, dan lainnya. Contoh yang termasuk ke dalam jenis arus lalu lintas tidak terganggu adalah jalan tol.

Jalan Raya Margonda merupakan jenis arus lalu lintas terganggu. Sehingga untuk pembahasan lebih lanjut, variabel yang digunakan untuk tinjauan hanyalah variabel volume dan flow rate saja. Dari kedua variabel ini dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan seberapa baik arus lalu lintas yang menampung jumlah kendaraan yang melintas di Jalan Raya Margonda.

2.3 Volume dan Flow Rate

Arus lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik tertentu pada ruas jalan per satuan waktu (Permenhub No. 14 tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan). Volume dan arus lalu lintas mengacu kepada jumlah kendaraan yang melintas, sehingga dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau satuan mobil penumpang (smp)/jam. Volume dan arus lalu lintas biasanya dinyatakan dalam kerangka variasi tahunan, harian, jam-jaman, atau dalam satuan yang lebih kecil lagi. Volume dan arus lalu lintas tidak selalu tetap dalam operasionalnya dan tidak bersifat homogen dari kendaraan, melainkan terdiri atas bermacam-macam jenis kendaraan.

Kendaraan yang beroperasi di jalan pasti terdiri dari berbagai macam ragam jenis dan bentuk yang disebabkan karena perbedaan kebutuhan dari pengguna transportasi, sehingga diperlukan penyetaraan volume kendaraan dalam suatu satuan yang diartikan sebagai satuan mobil penumpang (smp). Satuan mobil penumpang (smp) adalah satuan kendaraan di dalam arus lalu lintas yang disetarakan dengan kendaraan ringan atau mobil penumpang, dimana besaran smp dipengaruhi oleh tipe atau jenis kendaraan, dimensi kendaraan, dan kemampuan olah gerak. Smp digunakan sebagai penyetaraan atau ekivalensi berbagai jenis kendaraan dengan mobil penumpang. Nilai smp juga bergantung pada ukuran dan

kecepatan kendaraan. Semakin besar kendaraan, maka semakin tinggi nilai smpnya. Biasanya, bertambahnya ukuran kendaraan akan diikuti semakin lambatnya kecepatan kendaraan, sehingga semakin cepat kendaraan, maka nilai smpnya semakin rendah.

Harga satuan mobil penumpang berbeda-beda tergantung jenis masing-masing tipe kendaraan. Smp dari tipe-tipe kendaraan yang digunakan dalam perancangan beberapa standar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Nilai Satuan Mobil Penumpang (smp) Berbagai Kendaraan

Kelas Kendaraan	Standar Perkotaan	Standar Pedesaan	Rancangan perempatan bundaran	Rancangan Perempatan Lampu Lalu Lintas
Mobil pribadi taksi, kendaraan muatan ringan	1,00	1,00	1,00	1,00
Sepeda motor (untuk 1 orang), skuter, moped	0,75	1,00	0,75	0,33
Kendaraan barang sedang atau berat, kereta kuda	2,00	3,00	2,80	1,75
Bis sedang dan bis besar, bis gandeng, trem	3,00	3,00	2,80	2,25
Sepeda	0,33	0,50	0,50	0,20

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*

Menurut *Highway Capacity Manual* (2000), volume dan arus lalu lintas adalah dua buah ukuran yang menjelaskan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam jalan raya selama waktu tertentu. Pengertian volume dan arus lalu lintas adalah:

- Volume merupakan jumlah total dari kendaraan yang melewati suatu titik atau bagian dari jalan selama waktu tertentu. Volume dapat dinyatakan dalam rentang tahunan, harian, jam, atau menit.
- Flow rate setara dengan tingkat per jam di mana kendaraan melewati titik tertentu atau bagian dari jalan selama selang waktu kurang dari 1 jam (biasanya digunakan waktu 15 menit).

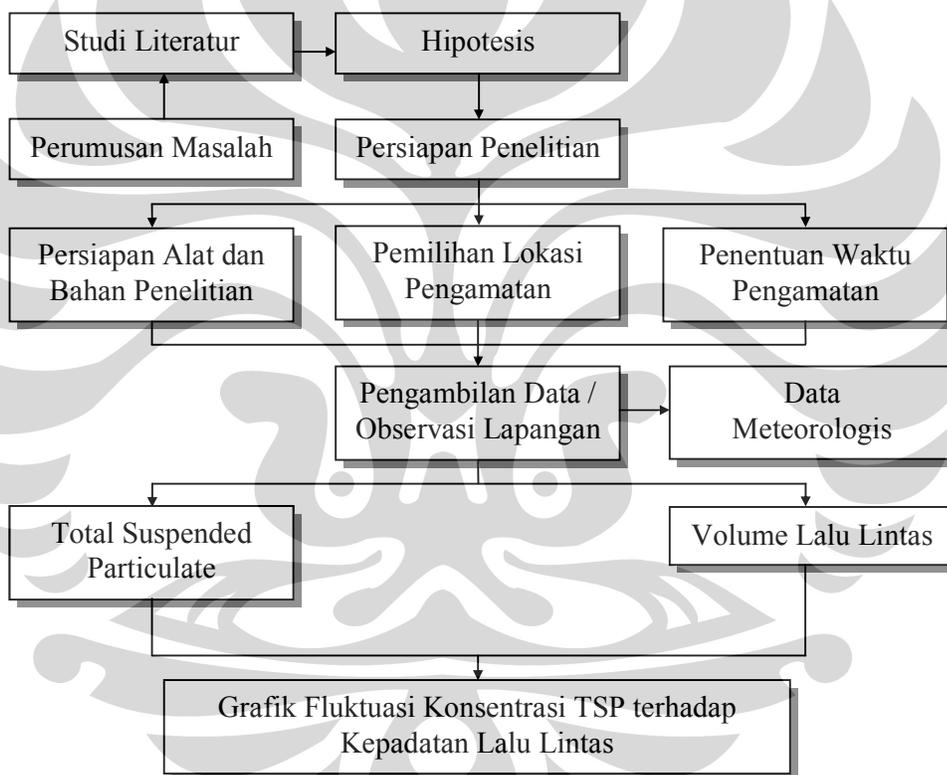
Perbedaan antara volume dan arus lalu lintas cukup penting. Perbedaan tersebut dapat diilustrasikan dengan pengamatan volume untuk empat periode waktu yaitu 15 menit secara berurutan. Dari pengamatan, didapatkan data volume sebesar 600, 700, 900, dan 800. Total volume merupakan penjumlahan volume dari empat periode tersebut, yaitu sebesar 3.000 kendaraan/jam. Sedangkan flow rate dari pengamatan tersebut didapat dari periode terjadinya arus maksimum yaitu 900 kendaraan/15 menit atau sebesar 3.600 kendaraan/jam. Jumlah 3.600 kendaraan/jam ini dikenal sebagai *peak flow rate*.



BAB III METODE DAN PROSEDUR PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara keseluruhan, penelitian yang dilakukan dimulai dari perumusan masalah di lapangan, tahap persiapan, tahap pengumpulan data dan pengolahan data, serta tahap analisa dan pembahasan. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian Secara Keseluruhan

3.2 Hipotesa Penelitian

Dalam proses pengumpulan data, diduga akan terdapat hubungan volume lalu lintas dengan konsentrasi TSP dimana:

- Meningkatnya volume lalu lintas akan diikuti dengan peningkatan konsentrasi TSP, begitu juga sebaliknya.
- Konsentrasi TSP tidak hanya dipengaruhi oleh volume lalu lintas, tetapi juga oleh faktor-faktor lain seperti suhu, cuaca, kelembaban, dll.

Kenaikan TSP diduga tidak langsung terjadi bersamaan dengan kenaikan volume lalu lintas. Hal ini disebabkan karena beberapa partikulat yang dikategorikan sebagai TSP merupakan partikulat sekunder sehingga membutuhkan waktu pembentukannya. Hal yang mungkin terjadi adalah konsentrasi TSP baru naik saat dimana volume lalu lintas menurun.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas berupa variabel transportasi dan variabel tidak bebas berupa variabel pencemaran udara, dengan parameter yang diukur adalah:

- a. Variabel bebas (variabel yang mempengaruhi) adalah volume kendaraan yang melewati titik tempat dilakukannya pengambilan data.
- b. Variabel tidak bebas (variabel yang dipengaruhi) adalah konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)*.

3.4 Jenis dan Sumber Data

Terdapat dua jenis kategori data dalam penelitian secara umum, yaitu berdasarkan sumber data, dan sifat data. Sumber data dapat berupa data primer, yaitu data yang diusahakan atau didapatkan sendiri misalnya dengan melakukan wawancara, pengukuran, atau penelitian langsung (observasi lapangan), atau data sekunder yang didapatkan dari referensi, atau instansi/lembaga. Sedangkan sifat data dapat berupa data numerik (kuantitatif) yang dinyatakan dalam besaran numerik (angka), atau data kategorik (kualitatif) yang diklasifikasikan berdasarkan kategori tertentu.

Data yang diambil dalam penelitian ini merupakan data primer yang diambil langsung dari lokasi penelitian yaitu:

a. Data kualitas udara

Parameter yang dipantau dalam pengukuran kualitas udara adalah konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)* dalam satuan $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

b. Data Transportasi

Parameter yang dipantau dalam pengambilan data adalah volume lalu lintas berdasarkan jenis kendaraan yang dibagi menjadi 3 moda, yaitu motor, mobil penumpang, dan bus.

c. Data pendukung

Data pendukung diambil untuk menunjang penelitian ini, meliputi suhu dan kelembaban udara yang diukur setiap 15 menit.

Lokasi penelitian yang dipilih adalah ruas jalan dengan kepadatan lalu lintas cukup tinggi. Dalam penelitian ini, lokasi *road side* yang dipilih adalah Jalan Raya Margonda. Alasan pemilihan *road side* ini antara lain:

- Jalan Raya Margonda merupakan akses utama menuju Kota Depok dari Jakarta. Hal ini menyebabkan sering terjadi kemacetan di Jalan Raya Margonda pada jam-jam sibuk.
- Daerah di sekitar Jalan Raya Margonda merupakan pusat kegiatan masyarakat yang menyebabkan tingginya interaksi orang dengan Jalan Raya Margonda. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana *exposure* pencemar yang diemisikan kendaraan bermotor kepada manusia yang melakukan kegiatan di pinggir Jalan Raya Margonda.

Pemantauan dilakukan mulai dari jam 06.00 s/d 21.00 (15 jam) dalam sehari sampai didapatkan dua data untuk kategori hari kerja (hari Selasa dan Rabu), dan akhir pekan (hari Sabtu dan Minggu).

3.5 Pengambilan Data

3.5.1 Pengambilan Data Kualitas Udara

Prinsip pengukuran TSP adalah penghisapan sejumlah volume udara melewati filter menggunakan pompa vakum laju alir tinggi, sehingga partikel-partikel padat dalam udara dapat terkumpul di filter. Jumlah

partikel yang terakumulasi dalam filter selama periode tertentu kemudian diukur secara gravimetrik.

Teknik pengukuran yang dilakukan disesuaikan dengan SNI 19-4840-1998 menggunakan alat *High Volume Air Sampler (HVAS)* dengan metode gravimetrik, dengan acuan ASTM D 4096-91 (2003). Prosedur pengambilan data kualitas udara dapat dilihat pada Lampiran A.

Data yang diambil untuk kualitas udara kemudian disajikan dalam tabel dengan komponen sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tabel Pengambilan Data Kualitas Udara

Jam	Kode Filter	Massa Filter (gram)		Flow (m ³ /menit)		Suhu (°C)				Kelembaban (%)				
		W ₁	W ₂	F ₁	F ₂	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	1	2	3	4	
06.00-07.00														
07.00-08.00														
08.00-09.00														
⋮														
20.00-21.00														

3.5.2 Pengambilan Data Transportasi

Pengambilan data lalu lintas dilakukan menggunakan *counter* untuk mendapatkan data volume lalu lintas. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali selama 15 jam yang disajikan dalam 4 periode (15 menit) dan dilakukan pada masing-masing jalur, yaitu jalur menuju Jakarta dan jalur menuju Depok. Jumlah kendaraan yang dihitung dibagi menjadi 3 moda, yaitu:

a. Bus

Kendaraan yang termasuk dalam klasifikasi bus adalah bus ukuran 3/4 sampai ukuran besar, truk, mobil tangki, trailer, dan kendaraan berat lainnya.

b. Mobil Penumpang

Kendaraan yang termasuk dalam klasifikasi mobil penumpang adalah mobil sedan, minibus, pickup, kendaraan umum, serta kendaraan berukuran sedang lainnya.

c. Motor

Kendaraan yang termasuk dalam klasifikasi motor adalah semua jenis kendaraan bermotor beroda dua.

Berikut ini adalah tabel pengisian data transportasi

Tabel 3.2 Tabel Pengambilan Data Transportasi

Waktu		Menuju Jakarta			Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor (buah)	Mobil Penumpang (buah)	Bus (buah)	Motor (buah)	Mobil Penumpang (buah)	Bus (buah)
06	15						
	30						
	45						
07	00						
<i>Total</i>							
	15						
	30						
	45						
08	00						
<i>Total</i>							
	∴						
	15						
	30						
	45						
21	00						
<i>Total</i>							

3.6 Pengolahan Data

3.6.1 Pengolahan Data Kualitas Udara

Pengolahan data kualitas udara yang telah diambil disesuaikan dengan SNI 19-4840-1998 yang dapat dilihat pada Lampiran A.

3.6.2 Pengolahan Data Transportasi

Jumlah kendaraan yang dihitung selama 1 jam kemudian dirubah satuannya menjadi Satuan Mobil Penumpang dengan mengalikan jenis kendaraan tertentu dengan harga SMPnya, sehingga didapatkan volume lalu lintas berdasarkan tipe kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang per

Jam (smp/jam). Nilai ekivalensi satuan mobil penumpang yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.3 Nilai Satuan Mobil Penumpang (smp) yang Digunakan

Tipe Kendaraan	Harga smp
Bus Sedang, Bus Besar, Truk, dan Kendaraan berat lainnya	2
Mobil penumpang, pick up, station wagon	1
Kendaraan Bermotor Beroda dua	0,3

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia

3.7 Analisa Data

Dari dua variabel yang didapat, yaitu volume kendaraan yang melintas di masing-masing jalur dan konsentrasi TSP, dilakukan analisa keterkaitan antara dua variabel tersebut. Teknik pengujian yang dilakukan adalah uji regresi dan korelasi linear sederhana dan berganda yang dapat dilihat pada Lampiran C.

Kekuatan korelasi antara kedua variabel diketahui dari nilai koefisien korelasi (r). Secara teori, kedua variabel berkorelasi positif yang berarti konsentrasi TSP akan naik jika volume kendaraan naik atau sebaliknya. Untuk menganalisa terjadinya korelasi negatif maka kedua variabel disajikan dalam bentuk grafik yang menggambarkan fluktuasi volume kendaraan dan konsentrasi TSP setiap jamnya.

BAB IV

KONDISI EKSISTING LOKASI STUDI

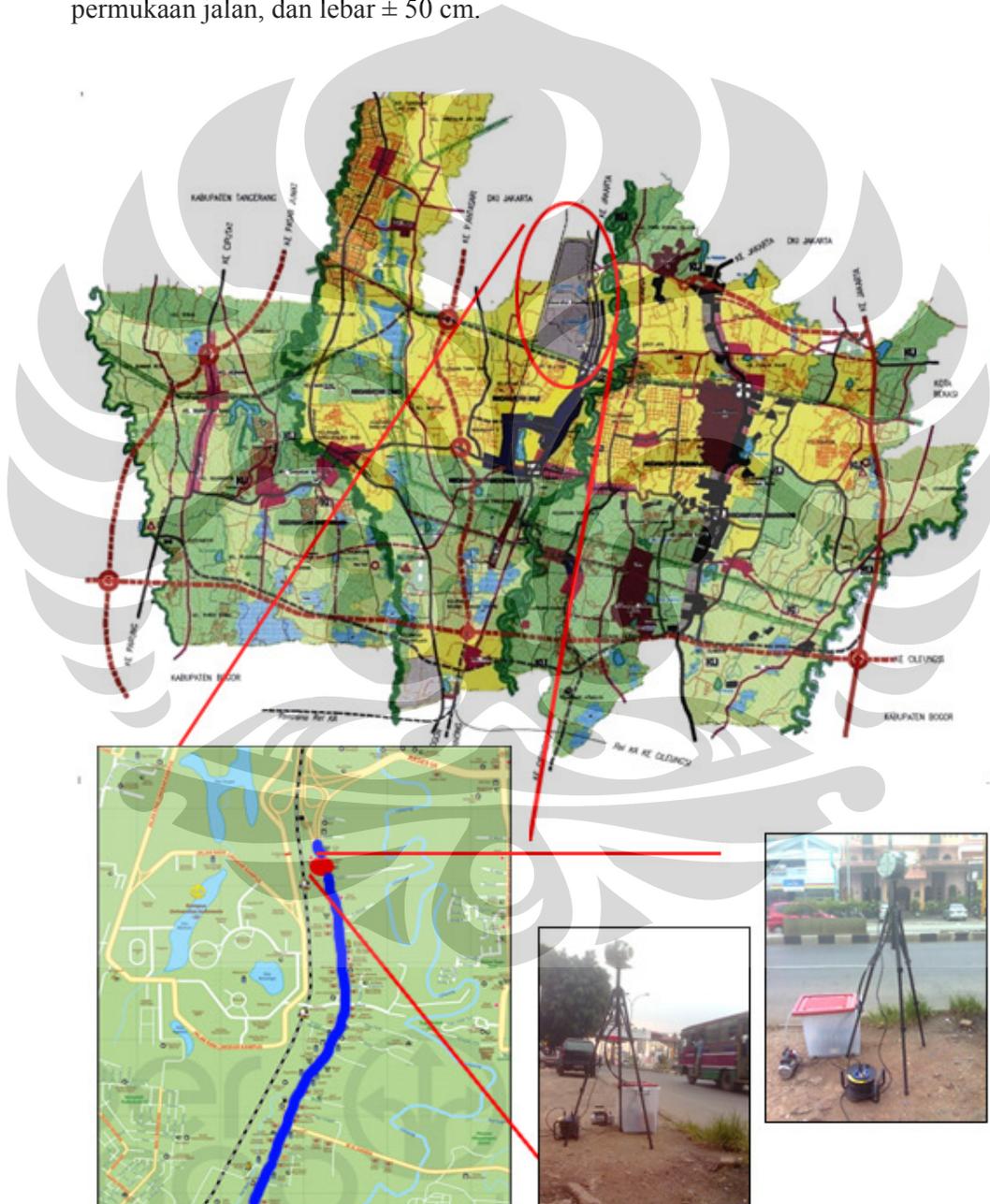
Kota Depok adalah kota yang terletak di sebelah Selatan kota DKI Jakarta. Berdasarkan Undang-Undang No. 15 Tahun 1999, kota Depok ditetapkan sebagai kotamadya daerah tingkat II dengan luas 20,029 hektar.

Seperti Tangerang, Bekasi, dan Bogor, Depok memiliki peranan penting sebagai kota penyangga (*buffer city*) kehidupan dan kegiatan ekonomi kota Jakarta atau disebut juga sebagai daerah *sub-urban*. Peningkatan jumlah penduduk dan arus urbanisasi ke Jakarta menyebabkan sebagian penduduknya lebih memilih untuk tinggal di daerah *sub-urban* dengan tetap bekerja di Jakarta.

Pemilihan lokasi yaitu Jalan Raya Margonda didasarkan pada pertimbangan bahwa jalan tersebut merupakan akses utama dari Jakarta menuju Depok yang mengakibatkan tingginya volume lalu lintas yang melintas di jalan ini, terutama pada jam-jam masuk kerja dan pulang kerja. Luas kawasan perencanaan adalah seluas $\pm 40 \text{ km}^2$ yang terdiri dari pusat perdagangan. Kawasan ini juga dilalui oleh jalur regional Jalan Raya Bogor, Jalan Jagorawi, dan sistem transportasi kereta api Jakarta-Depok-Bogor. Melihat peruntukan jalan ini, Jalan Raya Margonda memiliki lokasi cukup strategis dan aksesibilitas yang tinggi. Adapun tata guna lahan yang ada di sekitar lokasi Jalan Raya Margonda bervariasi mulai dari perdagangan, pendidikan, jasa, perkantoran, sampai dengan pedagang kaki lima. Hal ini menjadikan daerah Jalan Raya Margonda menjadi pusat orientasi pergerakan masyarakat baik dalam Kota Depok, maupun luar Kota Depok. Karena menjadi pusat orientasi dan berdekatan dengan lokasi terminal antar kota yang cukup besar, serta bersinggungan dengan pusat perdagangan (Mall) dan sarana pendidikan, Jalan Raya Margonda sering mengalami kemacetan di beberapa ruas Jalan.

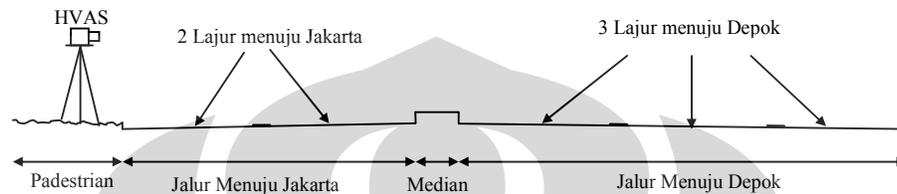
Berdasarkan Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan (1990), fungsi Jalan Raya Margonda adalah sebagai jalan arteri primer yang menghubungkan kota jenjang kesatu (DKI Jakarta), dengan kota jenjang kedua (Depok). Kondisi eksisting ruas Jalan Raya Margonda tempat dilakukannya

penelitian adalah memiliki 2 jalur, dengan 2 lajur pada jalur menuju Jakarta, dan 3 lajur pada jalur menuju Depok. Perbedaan jumlah lajur ini disebabkan karena ruas jalan menuju Depok telah dilakukan pengembangan dengan memperlebar ruas jalan, sedangkan ruas jalan menuju Jakarta masih belum dilakukan pelebaran jalan. Lebar setiap lajur sekitar 3 m dan dipisahkan oleh marka jalan. Kedua jalur dipisahkan oleh median jalan dengan beda elevasi sekitar 15 cm diukur dari permukaan jalan, dan lebar ± 50 cm.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di antara gerbang Selamat Datang di Kota Depok dan Jalan Kober, seperti dapat dilihat pada gambar 4.1. Gambar penampang melintang ruas jalan tempat dilakukannya pengukuran, serta tempat meletakkan alat dapat dilihat pada gambar berikut (tidak sesuai skala)



Gambar 4.2 Potongan Melintang Ruas Jalan Raya Margonda

Bangunan di sisi jalan tempat melakukan pengukuran memiliki tinggi sekitar 5-6 meter. Peruntukkan bangunan di sekitar lokasi pengambilan data bervariasi mulai dari warung internet, restoran, minimarket, institusi pendidikan, bengkel, toko bangunan, dan toko buku.

Pengambilan data dilakukan pada Hari Sabtu 8 Mei 2010, Minggu 9 Mei 2010, Selasa 11 Mei 2010, dan Rabu 12 Mei 2010. Cuaca mulai dari pagi hari sangat cerah, namun mulai berawan pada pukul 12.00 WIB. Pengambilan data hanya dilakukan sampai pukul 14.00 WIB karena turun hujan pada keempat hari itu. Pertimbangan dihentikannya pengambilan data adalah karena hujan turun cukup deras sehingga mempengaruhi jumlah kendaraan bermotor yang melintas dan konsentrasi TSP yang terukur.

Untuk melengkapi data, pengukuran dilanjutkan pada hari yang sama tanggal 5, 6, 8, dan 9 Juni 2010 mulai dari pukul 14.00-21.00 WIB. Kondisi udara cukup kering biarpun turun hujan dengan intensitas sangat kecil di jam-jam tertentu. Hujan dengan intensitas sedang berlangsung pada hari Selasa 8 Juni 2010 sekitar pukul 17.00-19.00. Pengukuran tetap dilanjutkan karena intensitas hujan tidak terlalu mempengaruhi jumlah kendaraan bermotor yang melintas. Untuk analisa, data tetap dianggap diambil pada hari yang sama karena diasumsikan bahwa setiap hari tertentu memiliki pola lalu lintas yang sama.

BAB V

DATA HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

Dari keseluruhan hasil penelitian yang telah dilakukan, secara garis besar data hasil penelitian dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu data kualitas udara, dan data transportasi

5.1 Data Kualitas Udara

Dari pengukuran di lapangan, didapatkan data konsentrasi TSP setiap jamnya yang tersaji pada tabel berikut (contoh perhitungan dapat dilihat di Lampiran C).

Tabel 5.1 Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Sabtu

Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
06.00-07.00	154,5139
07.00-08.00	216,8240
08.00-09.00	140,1037
09.00-10.00	163,1755
10.00-11.00	140,9626
11.00-12.00	123,6426
12.00-13.00	104,2698
13.00-14.00	117,6894
14.00-15.00	112,4822
15.00-16.00	142,1135
16.00-17.00	150,8347
17.00-18.00	190,2820
18.00-19.00	102,6202
19.00-20.00	97,5211
20.00-21.00	81,0328

Tabel 5.2 Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Minggu

Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
06.00-07.00	117,6087
07.00-08.00	146,0455
08.00-09.00	110,6755
09.00-10.00	109,0039
10.00-11.00	134,7329
11.00-12.00	130,5301
12.00-13.00	174,6687
13.00-14.00	123,7448
14.00-15.00	173,1673
15.00-16.00	133,2825
16.00-17.00	75,7665
17.00-18.00	87,2881
18.00-19.00	79,1002
19.00-20.00	117,9152
20.00-21.00	95,0447

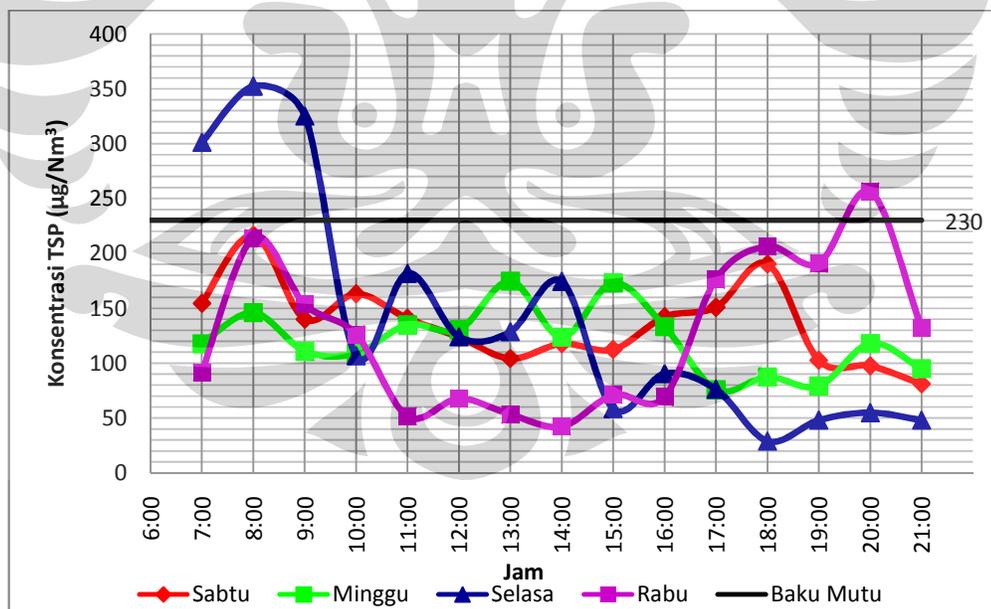
Tabel 5.3 Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Selasa

Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
06.00-07.00	301,1676
07.00-08.00	352,3566
08.00-09.00	325,2291
09.00-10.00	106,7426
10.00-11.00	181,8517
11.00-12.00	124,0439
12.00-13.00	128,6673
13.00-14.00	174,3450
14.00-15.00	58,5927
15.00-16.00	90,4455
16.00-17.00	76,0493
17.00-18.00	29,0359
18.00-19.00	48,1207
19.00-20.00	54,7670
20.00-21.00	48,0945

Tabel 5.4 Konsentrasi TSP Tiap Jam pada Hari Rabu

Waktu Pengukuran	Konsentrasi TSP ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
06.00-07.00	91,5780
07.00-08.00	213,9878
08.00-09.00	153,4600
09.00-10.00	126,1232
10.00-11.00	51,6038
11.00-12.00	67,5722
12.00-13.00	53,0851
13.00-14.00	42,3118
14.00-15.00	71,0211
15.00-16.00	69,1856
16.00-17.00	176,2561
17.00-18.00	206,3732
18.00-19.00	190,9494
19.00-20.00	256,4351
20.00-21.00	132,1142

Dari data konsentrasi TSP setiap jamnya, dapat dibuat grafik fluktuasi konsentrasi TSP harian yang dapat dilihat pada grafik berikut:



Grafik 5.1 Fluktuasi TSP Harian

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa terdapat jam-jam tertentu dimana konsentrasi TSP yang terukur melebihi baku mutu sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (sesuai dengan PP No. 41 tahun 1999). Saat dimana konsentrasi TSP melebihi baku mutu adalah pada hari kerja yaitu hari Selasa dan Rabu.

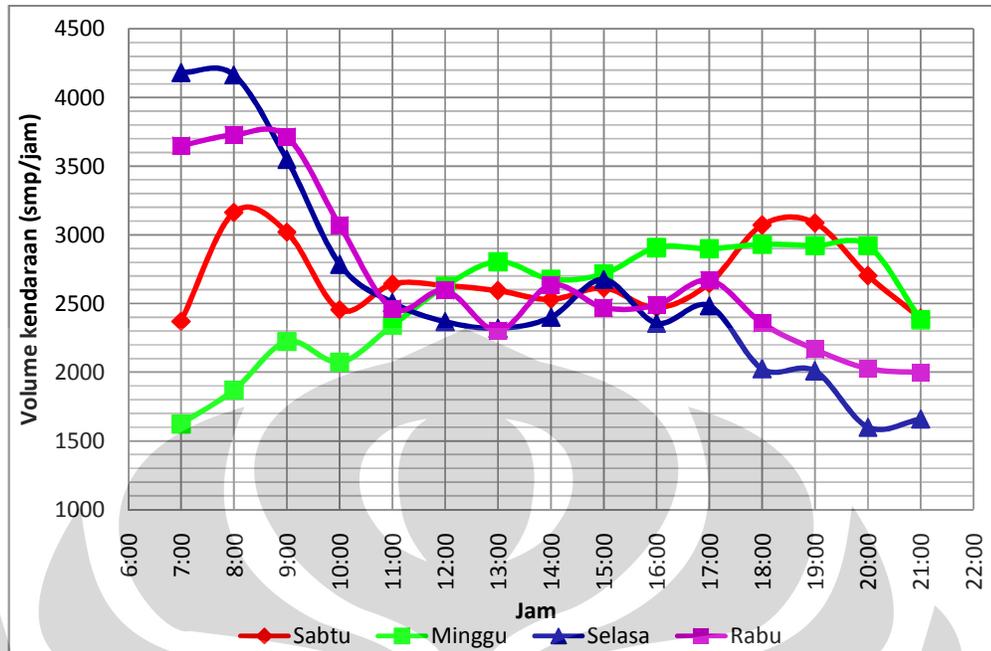
5.2 Data Transportasi

Pengambilan data dilakukan menggunakan *counter* yang dilakukan oleh 4 orang surveyor, 2 orang untuk masing-masing jalur. 1 surveyor menghitung jumlah motor, sedangkan surveyor lainnya menghitung jumlah bus dan mobil penumpang yang melintas tiap jalurnya.

Jumlah kendaraan yang melintas kemudian dikonversikan menjadi satuan smp/jam dengan mengalikan masing-masing moda dengan faktor smpnya. Berdasarkan perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran C, data volume kendaraan dengan satuan smp/jam dan grafik fluktuasi volume kendaraan untuk masing-masing hari dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 5.5 Volume Kendaraan Jalur Menuju Jakarta (smp/jam)

Jam	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu
06.00-07.00	2.370	1.623	4.183	3.651
07.00-08.00	3.163	1.870	4.165	3.728
08.00-09.00	3.020	2.225	3.550	3.716
09.00-10.00	2.456	2.074	2.786	3.069
10.00-11.00	2.643	2.342	2.507	2.463
11.00-12.00	2.632	2.628	2.368	2.596
12.00-13.00	2.594	2.806	2.320	2.303
13.00-14.00	2.531	2.677	2.401	2.637
14.00-15.00	2.614	2.716	2.676	2.470
15.00-16.00	2.470	2.908	2.358	2.490
16.00-17.00	2.647	2.899	2.484	2.670
17.00-18.00	3.071	2.931	2.025	2.358
18.00-19.00	3.087	2.922	2.010	2.167
19.00-20.00	2.703	2.922	1.601	2.027
20.00-21.00	2.393	2.383	1.658	1.997

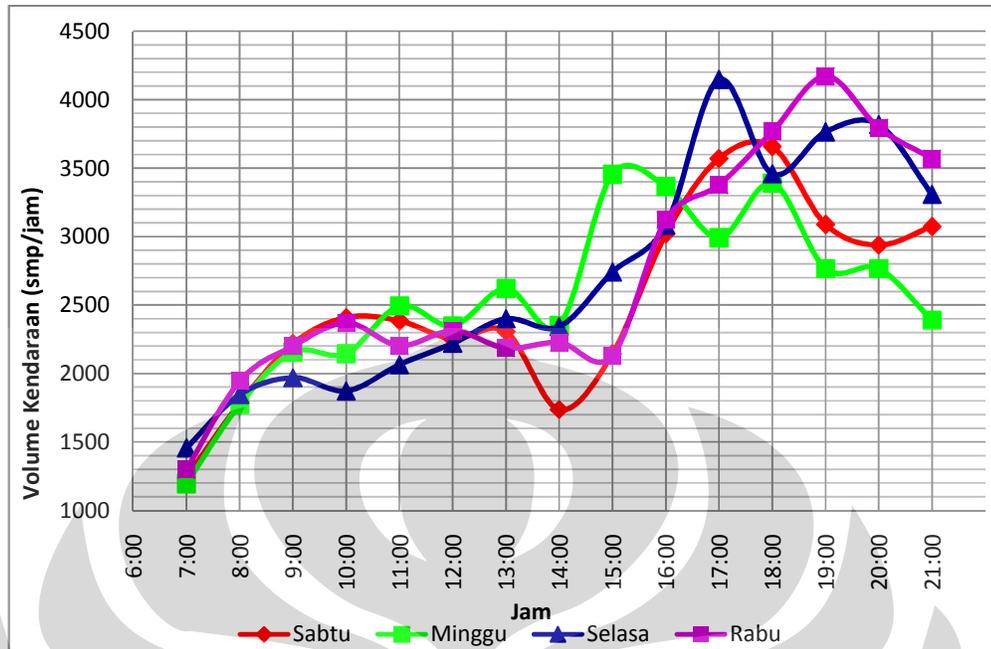


Grafik 5.2 Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Jalur Menuju Jakarta

Sedangkan untuk volume kendaraan harian jalur menuju Depok dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 5.6 Volume Kendaraan Jalur Menuju Depok (smp/jam)

Jam	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu
06.00-07.00	1.241	1.196	1.456	1.299
07.00-08.00	1.783	1.774	1.846	1.945
08.00-09.00	2.219	2.156	1.970	2.200
09.00-10.00	2.408	2.145	1.873	2.370
10.00-11.00	2.386	2.495	2.065	2.203
11.00-12.00	2.253	2.348	2.221	2.311
12.00-13.00	2.306	2.622	2.400	2.186
13.00-14.00	1.738	2.352	2.343	2.226
14.00-15.00	2.144	3.456	2.741	2.131
15.00-16.00	3.021	3.367	3.082	3.122
16.00-17.00	3.571	2.992	4.147	3.377
17.00-18.00	3.657	3.391	3.460	3.767
18.00-19.00	3.088	2.765	3.764	4.172
19.00-20.00	2.938	2.765	3.819	3.794
20.00-21.00	3.073	2.389	3.308	3.570

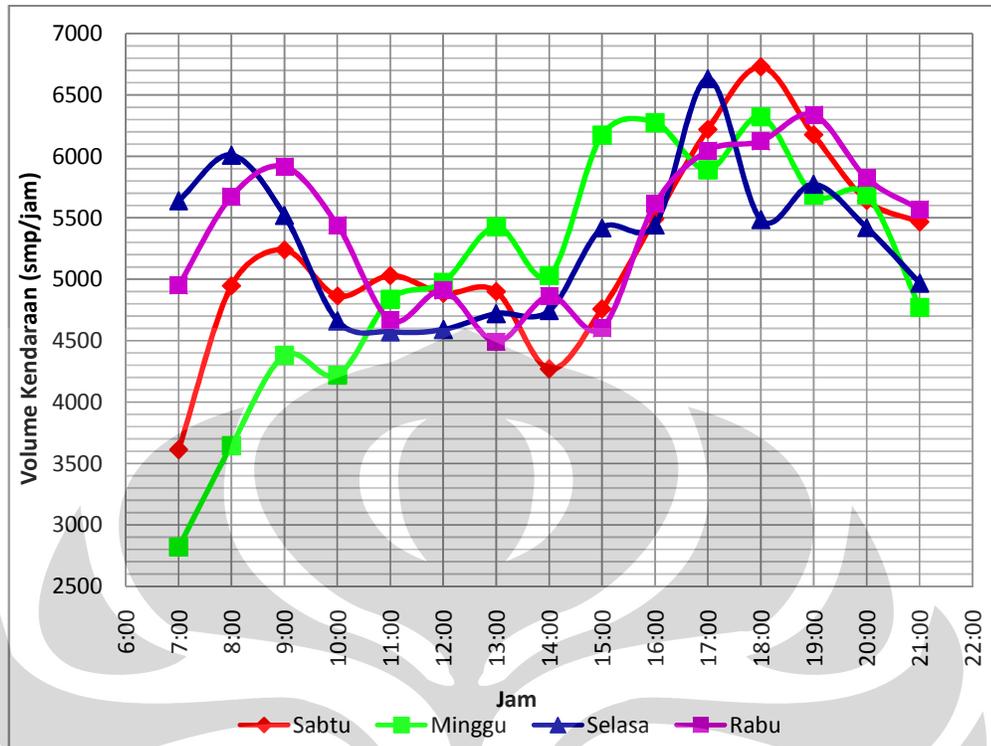


Grafik 5.3 Fluktuasi Volume Kendaraan Harian Jalur Menuju Depok

Volume kendaraan harian kedua jalur dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 5.7 Volume Kendaraan 2 Jalur (smp/jam)

Jam	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu
06.00-07.00	3.611	2.819	5.639	4.949
07.00-08.00	4.947	3.645	6.010	5.673
08.00-09.00	5.239	4.380	5.520	5.916
09.00-10.00	4.864	4.220	4.659	5.439
10.00-11.00	5.029	4.837	4.572	4.667
11.00-12.00	4.885	4.976	4.589	4.908
12.00-13.00	4.900	5.427	4.720	4.490
13.00-14.00	4.269	5.029	4.744	4.862
14.00-15.00	4.758	6.172	5.417	4.601
15.00-16.00	5.491	6.275	5.440	5.613
16.00-17.00	6.219	5.891	6.632	6.047
17.00-18.00	6.729	6.322	5.485	6.125
18.00-19.00	6.175	5.687	5.774	6.339
19.00-20.00	5.641	5.687	5.420	5.821
20.00-21.00	5.466	4.771	4.968	5.567



Grafik 5.4 Fluktuasi Volume Kendaraan Harian 2 Jalur

5.3 Pengaruh Tipe Kendaraan Terhadap Konsentrasi TSP

Untuk menganalisa tipe kendaraan serta kendaraan di jalur mana yang paling mempengaruhi konsentrasi TSP, digunakan uji regresi linear berganda dengan 3 variabel bebas yaitu volume motor (x_1), volume mobil (x_2), dan volume bus (x_3), serta variabel tak bebas yaitu konsentrasi TSP (y). Contoh perhitungan uji regresi dan korelasi linear berganda dapat dilihat di Lampiran C.

Berdasarkan perhitungan, didapatkan persamaan regresi, koefisien determinasi dan koefisien korelasi linear berganda untuk masing-masing hari dan jalur yaitu sebagai berikut:

Tabel 5.8 Persamaan Regresi, Koefisien Determinan, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda untuk 3 Moda Kendaraan di Jalur Menuju Jakarta

Hari	Jalur Menuju Jakarta		
	Persamaan Regresi	R ²	r
Sabtu	$y = -3,0383 + 0,0840x_1 + 0,0120x_2 + 0,2141x_3$	0,3497	0,5913
Minggu	$y = 134,6421 - 0,0526x_1 - 0,0095x_2 + 0,4061x_3$	0,1324	0,3639
Selasa	$y = -37,6296 + 0,1505x_1 + 0,0133x_2 - 0,0683x_3$	0,8747	0,9352
Rabu	$y = 114,6121 - 0,0166x_1 + 0,1281x_2 - 0,7361x_3$	0,2168	0,4656
	Rata-rata	0,3934	0,5890

Tabel 5.9 Persamaan Regresi, Koefisien Determinan, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda untuk 3 Moda Kendaraan di Jalur Menuju Depok

Hari	Jalur Menuju Depok		
	Persamaan Regresi	R ²	r
Sabtu	$y = 133,6897 - 0,0411x_1 + 0,0174x_2 + 0,1151x_3$	0,0297	0,1723
Minggu	$y = 135,1291 - 0,3054x_1 + 0,1260x_2 + 0,4683x_3$	0,6548	0,8092
Selasa	$y = 443,6238 + 0,0050x_1 - 0,2404x_2 + 0,1186x_3$	0,6734	0,8206
Rabu	$y = 133,1460 + 0,1803x_1 - 0,1363x_2 - 0,0305x_3$	0,6555	0,8096
	Rata-rata	0,5034	0,6529

Nilai rata-rata R² menunjukkan rata-rata persentase proporsi keragaman konsentrasi TSP yang dapat dijelaskan oleh volume motor, mobil, dan bus melalui hubungan linear. Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa pengaruh tipe kendaraan terhadap konsentrasi TSP hanya bisa dijelaskan kurang dari 60% melalui hubungan linear.

Selain itu dilihat dari semua persamaan regresi dari Tabel 5.8 dan 5.9, masih terdapat nilai koefisien negatif untuk moda kendaraan tertentu. Misalnya saja koefisien untuk motor di jalur menuju Depok pada hari sabtu dengan nilai -0,0411. Nilai negatif ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan volume motor sebesar 100 smp akan menurunkan konsentrasi TSP sebesar 4,11 µg/Nm³. Pernyataan ini tidak dapat diterima, sehingga dapat diambil kesimpulan sementara bahwa tidak dapat dijelaskan tipe kendaraan apa yang paling mempengaruhi konsentrasi TSP.

Uji analisa dengan disagregat 3 moda kendaraan masing-masing jalur kurang bisa menjelaskan bagaimana pengaruh tipe kendaraan terhadap konsentrasi TSP, karena itu perlu dilakukan uji regresi linear berganda dengan 6 variabel bebas. Variabel bebas yang digunakan adalah:

- Motor di jalur menuju Jakarta (x_1 atau R_2J)
- Mobil di jalur menuju Jakarta (x_2 atau R_4J)
- Bus di jalur menuju Jakarta (x_3 atau BJ)
- Motor di jalur menuju Depok (x_4 atau R_2D)
- Mobil di jalur menuju Depok (x_5 atau R_4D)
- Bus di jalur menuju Depok (x_6 atau BD)

Uji regresi dengan 6 variabel bebas ini mencoba menjelaskan pengaruh tipe kendaraan dengan menganalisa kendaraan di dua jalur bersamaan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.10 Persamaan Regresi, Koefisien Determinasi, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda untuk 6 Variabel Bebas

Hari	Persamaan Regresi	R^2	r
Sabtu	$y = -40,1736 + 0,0962R_2J - 0,0158R_4J + 0,1442BJ - 0,0253R_2D + 0,0453R_4D + 0,2550BD$	0,4177	0,6463
Minggu	$y = 161,6438 - 0,0161R_2J - 0,0635R_4J + 0,3376BJ - 0,3411R_2D + 0,1873R_4D + 0,3139BD$	0,8559	0,9252
Selasa	$y = 12,5303 + 0,1585R_2J - 0,0084R_4J - 0,4623BJ - 0,0751R_2D + 0,0779R_4D + 0,0359BD$	0,8978	0,9475
Rabu	$y = -251,8329 + 0,1109R_2J + 0,0193R_4J - 0,0284BJ + 0,1676R_2D - 0,0066R_4D + 0,2924BD$	0,8071	0,8984
	Rata-rata	0,7446	0,8544

Dari tabel di atas terlihat bahwa terdapat korelasi kuat antara variabel-variabel bebas dengan konsentrasi TSP. Namun, masih terdapat koefisien yang menunjukkan adanya korelasi negatif untuk variabel tertentu tertentu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak ada tipe kendaraan tertentu yang paling mempengaruhi konsentrasi TSP. Untuk pembahasan selanjutnya volume kendaraan yang dipakai adalah volume kendaraan total di kedua jalur tanpa memperhatikan jenis kendaraannya.

5.4 Pengaruh Volume Kendaraan Total Tiap Jalur Terhadap Konsentrasi TSP

Untuk menganalisa jalur manakah yang paling mempengaruhi konsentrasi TSP, dapat digunakan uji regresi dan korelasi linear sederhana

maupun berganda yang contoh perhitungannya dapat dilihat di Lampiran C.

Analisa korelasi linear sederhana antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP dibagi menjadi: Volume kendaraan menuju Jakarta vs. Konsentrasi TSP; dan Volume kendaraan menuju Depok vs. Konsentrasi TSP. Kedua analisa ini diperlukan karena pengukuran dilakukan di sisi jalan menuju Jakarta, sehingga perlu diketahui jalur manakah yang paling mempengaruhi konsentrasi TSP yang terukur.

Berdasarkan data yang telah dihitung di Lampiran C, persamaan regresi serta koefisien korelasi setiap jalur dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.11 Persamaan Regresi dan Koefisien Korelasi Linear Sederhana

Hari	Jalur Menuju Jakarta		Jalur Menuju Depok	
	Persamaan Regresi	r	Persamaan Regresi	r
Sabtu	$Y = 0,058x - 20,71$	0,422	$Y = -0,006x + 151$	0,114
Minggu	$Y = -0,008x + 141,7$	0,118	$Y = -0,0004x + 121,4$	0,007
Selasa	$Y = 0,121x - 176$	0,896	$Y = -0,097x + 402,7$	0,768
Rabu	$Y = 0,002x + 119,7$	0,022	$Y = 0,047x - 2,148$	0,579
	Rata-rata	0,365	Rata-rata	0,367

Jika dilihat pada tabel di atas, nilai koefisien korelasi rata-rata antara volume kendaraan di jalur menuju Jakarta hampir sama dengan jalur menuju Depok. Seperti pada uji korelasi linear berganda, angka tersebut menunjukkan dugaan bahwa volume kendaraan yang melintas di jalur menuju Depok ikut mempengaruhi konsentrasi TSP yang terukur. Meskipun demikian, kesimpulan belum dapat diambil karena nilai koefisien korelasi menunjukkan korelasi yang lemah.

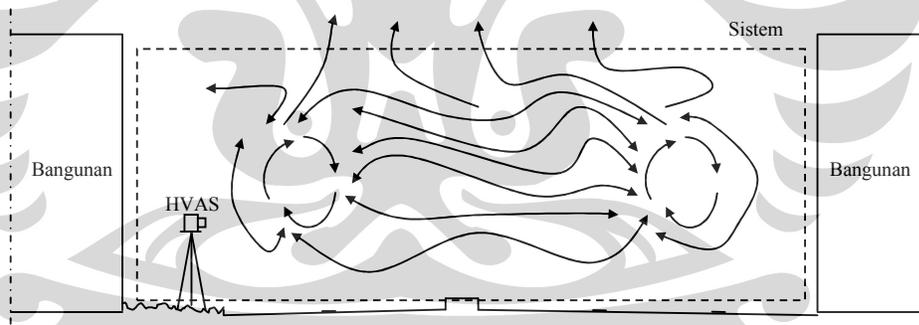
Untuk membuktikan lebih lanjut bahwa total kendaraan yang melintas di jalur menuju Depok ikut mempengaruhi konsentrasi TSP yang terukur, maka dilakukan uji regresi linear berganda dengan variabel bebas volume kendaraan total di jalur menuju Jakarta (x_1) dan volume kendaraan total di jalur menuju Depok (x_2), serta variabel tak bebas konsentrasi TSP (y). uji regresi ini menganalisa pengaruh kendaraan di dua jalur secara bersamaan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.12 Persamaan Regresi, Koefisien Determinasi, dan Koefisien Korelasi Linear Berganda Variabel Bebas Total Volume Kendaraan di Jalur Menuju Jakarta dan Total Volume Kendaraan di Jalur Menuju Depok

Hari	Persamaan Regresi	R ²	r
Sabtu	$y = -8,8339 + 0,0642x_1 - 0,0111x_2$	0,2208	0,4699
Minggu	$y = 155,0627 - 0,0334x_1 + 0,0196x_2$	0,0528	0,2299
Selasa	$y = -33,8035 + 0,0977x_1 - 0,0300x_2$	0,8288	0,9104
Rabu	$y = -392,2976 + 0,0976x_1 + 0,0946x_2$	0,6850	0,8277
Rata-rata		0,4469	0,6095

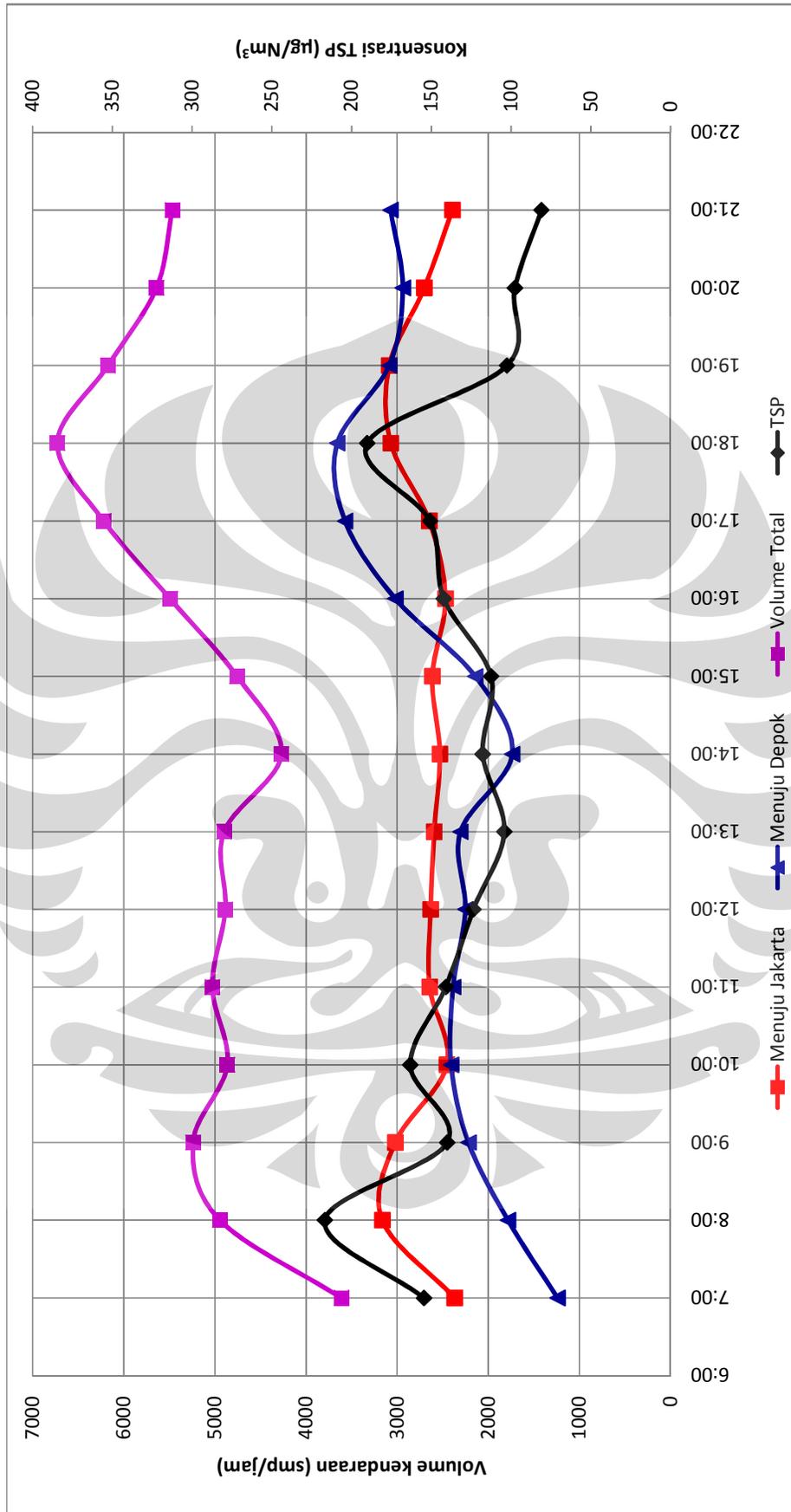
Nilai koefisien korelasi rata-rata sebesar 0,6095 menunjukkan bahwa konsentrasi TSP cukup dipengaruhi oleh variabel bebas x_1 dan x_2 . Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa konsentrasi TSP dipengaruhi oleh volume kendaraan dari kedua jalur.

Pengaruh dari kedua jalur dapat diakibatkan karena lebar Jalan Raya Margonda yang tidak terlalu besar, serta bangunan tinggi yang berderet mengakibatkan udara terperangkap serta mengalami turbulensi dan tidak langsung terdispersi ke luar sistem.

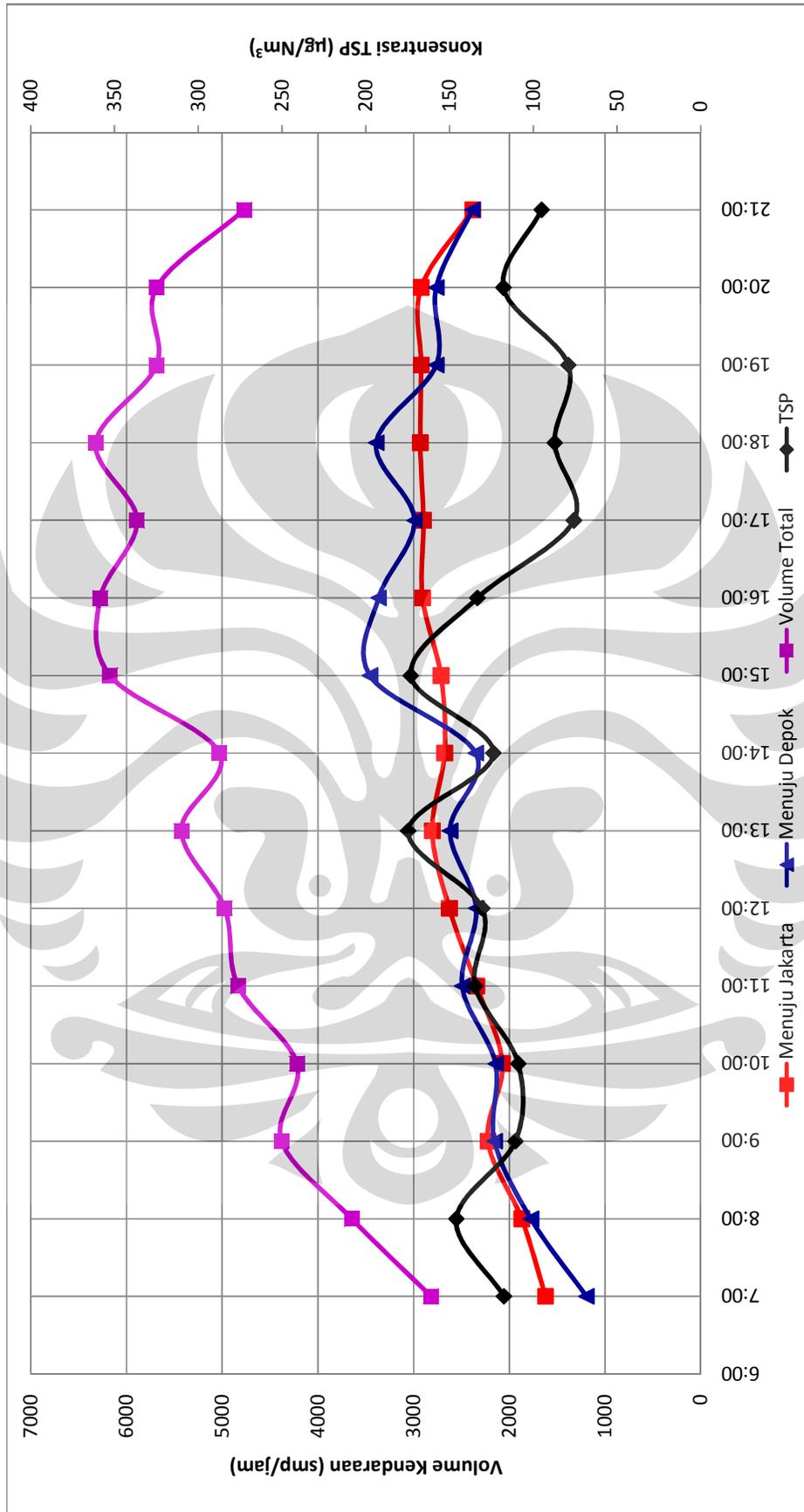


Gambar 5.1 Ilustrasi Turbulensi Udara

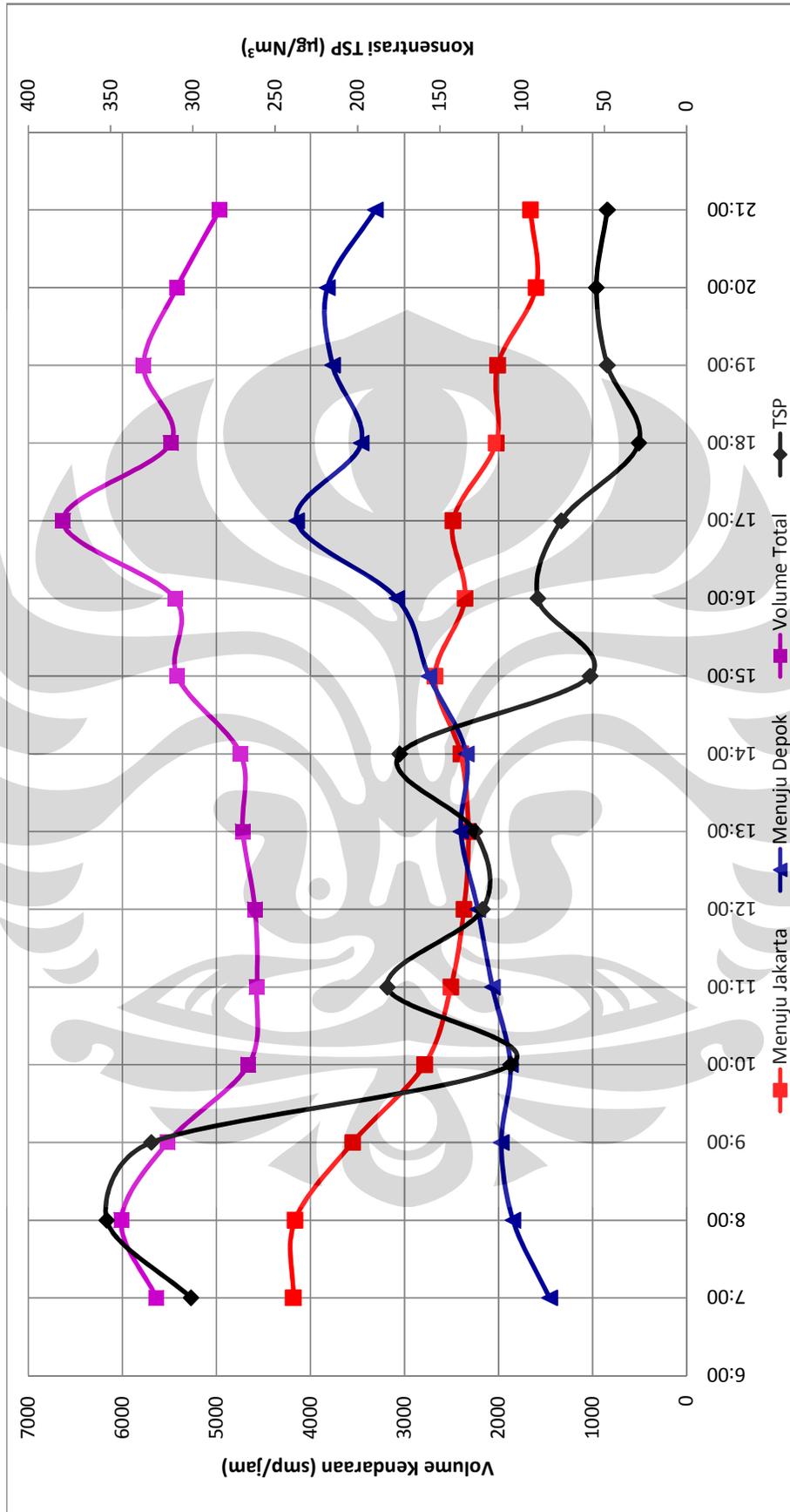
Selain itu, menurut grafik 5.5 sampai grafik 5.8, dapat dilihat bahwa fluktuasi konsentrasi TSP cenderung mirip dengan fluktuasi volume kendaraan 2 jalur. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa volume kendaraan yang melintas di jalur menuju Depok juga mempengaruhi konsentrasi TSP yang terukur. Untuk pembahasan selanjutnya, volume kendaraan yang digunakan untuk analisa adalah volume kendaraan 2 jalur (volume kendaraan total).



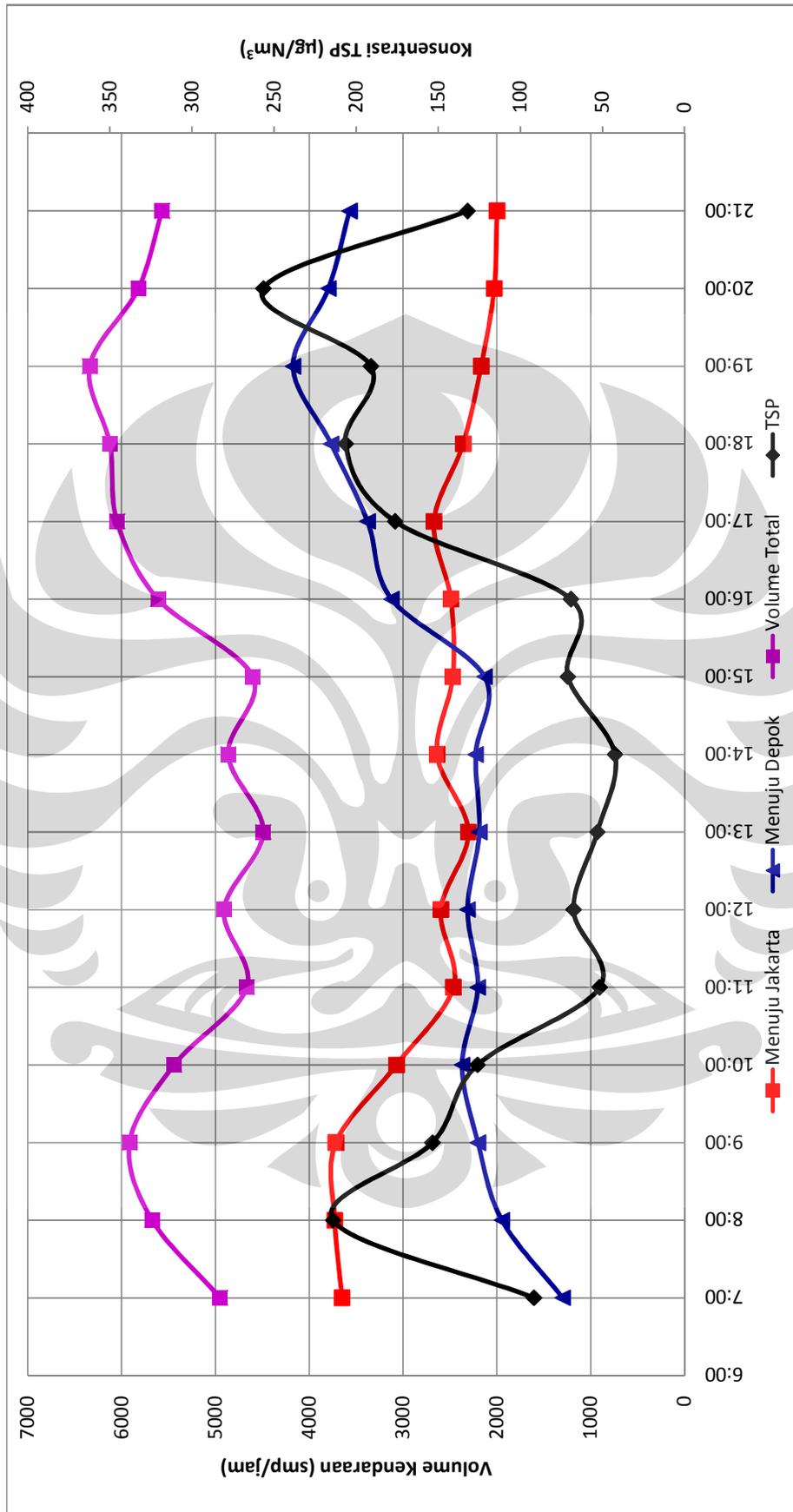
Grafik 5.5 Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Sabtu



Grafik 5.6 Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Minggu



Grafik 5.7 Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Selasa



Grafik 5.8 Fluktuasi Konsentrasi TSP dan Volume Kendaraan Hari Rabu

5.5 Hubungan Non-linear Antara Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP

Secara teori, diketahui bahwa terdapat korelasi positif antara volume kendaraan dengan konsentrasi pencemar yang dihasilkan. Yang dimaksud dengan korelasi positif disini adalah konsentrasi pencemar yang terukur (c) akan naik seiring dengan bertambahnya volume kendaraan yang melintas (V) atau sebaliknya. Namun jika dilihat lebih detail pada Grafik 5.5 sampai Grafik 5.8, terdapat waktu-waktu tertentu terjadinya korelasi negatif. Korelasi negatif tersebut dapat dijelaskan dengan teori *photochemical reaction*. Secara garis besar, korelasi negatif dan ketidak-linearitas dapat terjadi karena adanya proses pembentukan partikulat sekunder melalui reaksi yang kompleks. Reaksi tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi radikal-radikal yang ada di udara.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yang dilakukan oleh Zhang (1994), Saunders (2003), Bauer (2002), dan disimpulkan bahwa terdapat hubungan berantai antara TSP, NO_x , intensitas uv , serta kadar air di udara. Untuk membantu menjelaskan bagaimana mekanisme terjadinya korelasi negatif pada jam-jam tertentu, maka perlu digunakan beberapa data seperti data suhu yang merepresentasikan bagaimana intensitas uv pada saat pengambilan data dilakukan, data kadar air, serta data NO_x . Data NO_x diambil oleh peneliti lain bersamaan dengan data-data meteorologis lain.

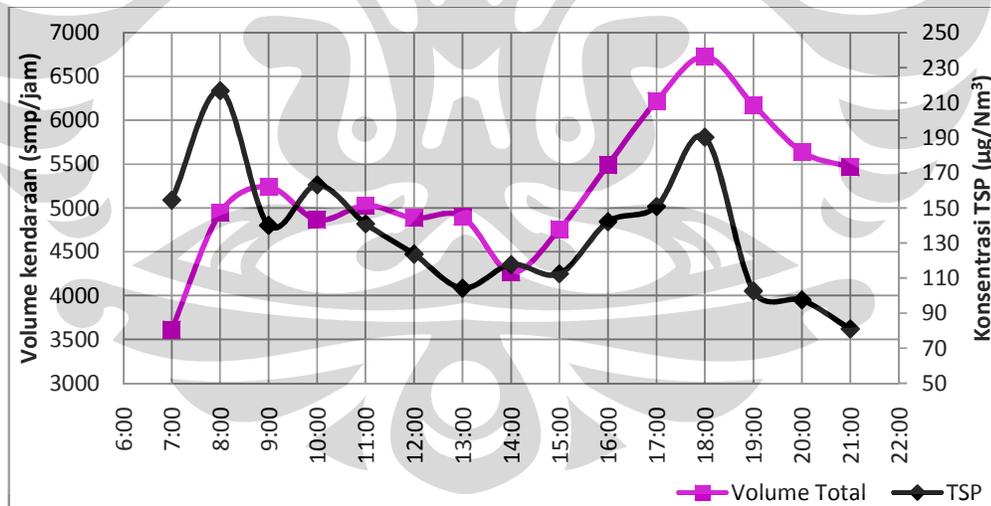
Korelasi negatif yang terjadi antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP yang terukur dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.13 Sifat Korelasi Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP

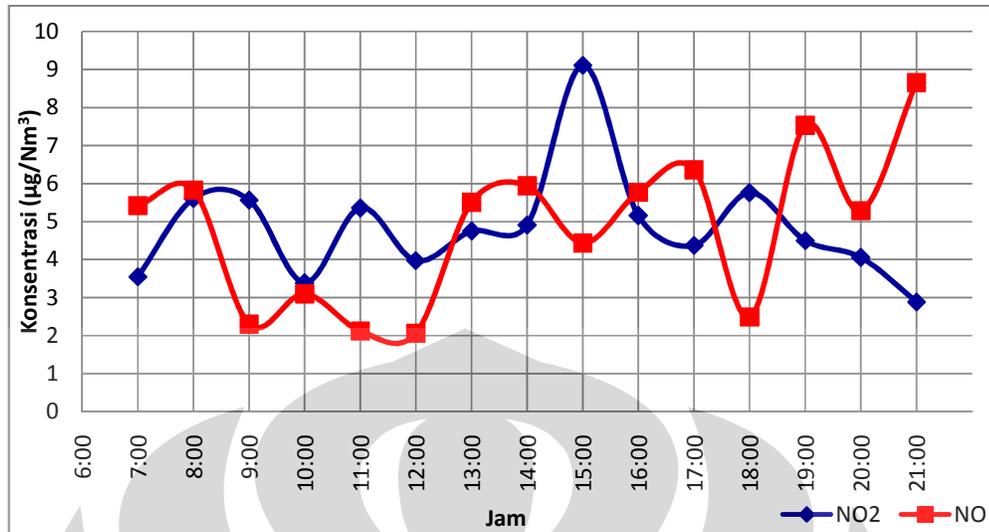
Jam	Sabtu			Minggu			Selasa			Rabu		
	V	c	korelasi	V	c	korelasi	V	c	korelasi	V	c	korelasi
07.00 - 08.00	+	+	Positif	+	+	Positif	+	+	Positif	+	+	Positif
08.00 - 09.00	+	-	Negatif	+	-	Negatif	-	-	Positif	+	-	Negatif
09.00 - 10.00	-	+	Negatif	-	+	Negatif	-	-	Positif	-	-	Positif
10.00 - 11.00	+	-	Negatif	+	+	Positif	-	+	Negatif	-	-	Positif
11.00 - 12.00	-	-	Positif	+	-	Negatif	+	-	Negatif	+	+	Positif
12.00 - 13.00	+	-	Negatif	+	+	Positif	+	+	Positif	-	-	Positif
13.00 - 14.00	-	+	Negatif	-	-	Positif	+	+	Positif	+	-	Negatif
14.00 - 15.00	+	-	Negatif	+	+	Positif	+	-	Negatif	-	+	Negatif
15.00 - 16.00	+	+	Positif	+	-	Negatif	+	+	Positif	+	-	Negatif
16.00 - 17.00	+	+	Positif	-	-	Positif	+	-	Negatif	+	+	Positif
17.00 - 18.00	+	+	Positif	+	+	Positif	-	-	Positif	+	+	Positif
18.00 - 19.00	-	-	Positif	-	-	Positif	+	+	Positif	+	-	Negatif
19.00 - 20.00	-	-	Positif	+	+	Positif	-	+	Negatif	-	+	Negatif
20.00 - 21.00	-	-	Positif	-	-	Positif	-	-	Positif	-	-	Positif

Berikut ini akan dijelaskan mekanisme terjadinya korelasi negatif pada jam-jam tertentu.

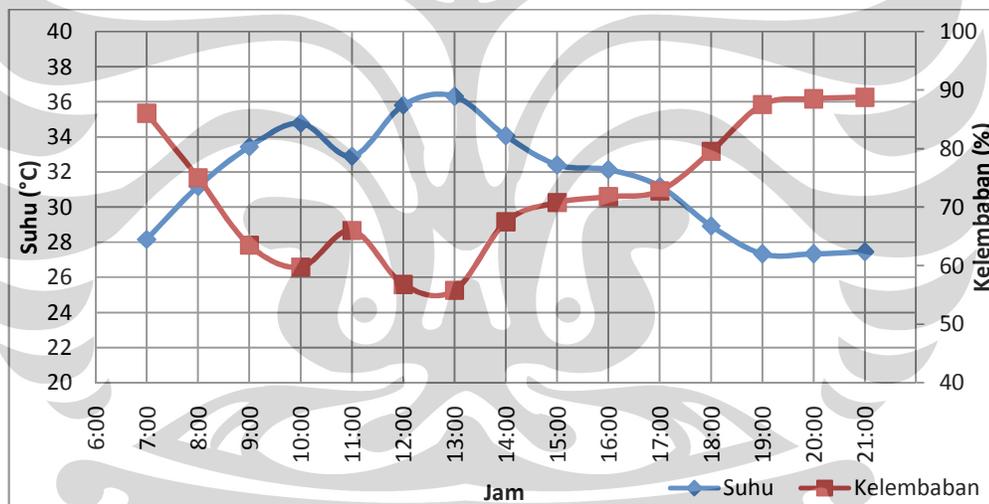
5.5.1 Korelasi Negatif pada Hari Sabtu



Tabel 5.9 Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan Total Hari Sabtu

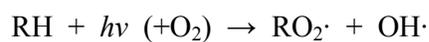


Grafik 5.10 Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO₂ Pada Hari Sabtu
(Wiyandari, 2010)



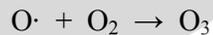
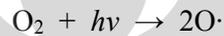
Grafik 5.11 Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Sabtu

Berdasarkan tabel 5.9, korelasi negatif terjadi pada hari Sabtu jam 08.00-09.00. Kondisi yang terjadi adalah volume kendaraan naik, namun konsentrasi TSP yang terukur cenderung turun. Hal ini dapat disebabkan karena hidrokarbon (RH) yang dapat terukur sebagai TSP yang diemisikan dari jam 08.00-09.00 dipecah oleh sinar uv menjadi radikal $RO_2\cdot$ menurut reaksi:

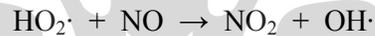


Peningkatan suhu pada jam tersebut merepresentasikan meningkatnya sinar uv yang memungkinkan terjadinya reaksi pemecahan hidrokarbon menjadi radikal $RO_2\cdot$.

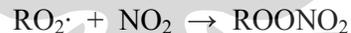
Korelasi negatif yang terjadi pada jam 09.00-10.00 adalah kondisi dimana volume kendaraan turun, namun konsentrasi TSP yang terukur meningkat. Hal ini dapat dijelaskan karena terbentuknya partikulat baru yang kemudian terukur sebagai TSP pada jam tersebut. Intensitas sinar *uv* yang mulai meningkat pada jam tersebut membantu memecah uap air yang ditandai dengan kelembaban yang tinggi menjadi radikal hidroksil ($OH\cdot$) menurut reaksi:



Radikal hidroksil yang terbentuk akibat pemecahan hidrokarbon dan uap air kemudian berubah menjadi radikal hidroperoksil ($HO_2\cdot$) yang mengoksidasi NO menjadi NO_2 menurut reaksi:

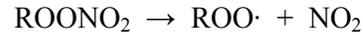


Radikal $RO_2\cdot$ kemudian berikatan dengan NO_2 yang terbentuk menjadi partikulat nitrat sekunder menurut reaksi:



Terjadinya reaksi tersebut dapat dilihat pada Grafik 5.10. Radikal $HO_2\cdot$ mengoksidasi NO menjadi NO_2 sehingga kadar NO menurun dan kadar NO_2 meningkat pada jam 08.00-09.00. NO_2 yang terbentuk kemudian langsung berikatan dengan radikal RO_2 membentuk partikulat nitrat, sehingga kadar NO_2 menurun pada jam 09.00-10.00.

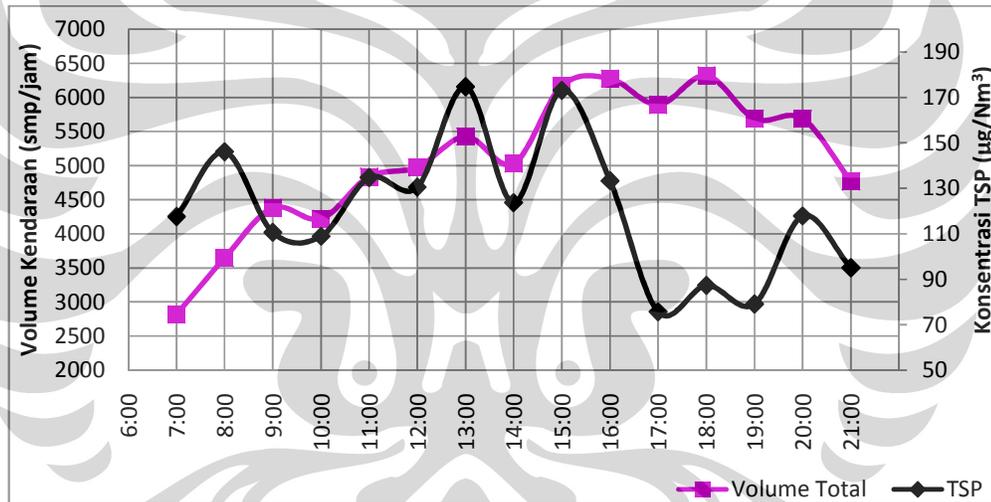
Korelasi negatif juga terjadi pada jam 10.00-11.00. Kondisi yang terjadi adalah volume kendaraan naik, namun konsentrasi TSP yang terukur turun. Penyimpangan ini dapat disebabkan karena partikulat nitrat yang terbentuk selama jam 09.00-11.00 terurai akibat panas menjadi radikal $RO_2\cdot$ dan NO_2 . Radikal tersebut kemudian mengoksidasi NO menjadi NO_2 menurut reaksi:



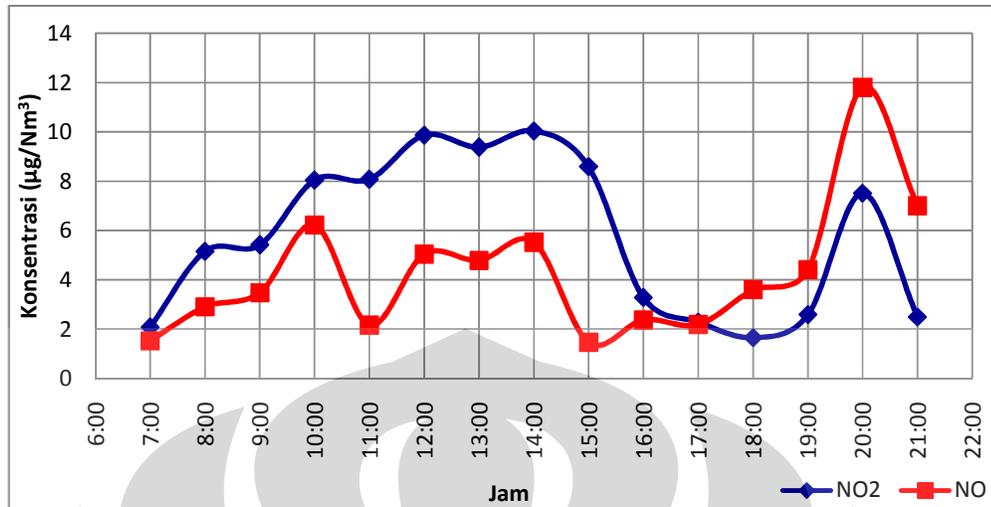
Reaksi tersebut dapat dibuktikan berdasarkan Grafik 5.10, dimana kadar NO_2 meningkat, sedangkan kadar NO menurun pada jam 10.00-11.00.

Korelasi negatif yang terjadi pada hari Sabtu jam 12.00-15.00 dapat dijelaskan seperti pada pembahasan di atas. Setelah jam 15.00, kenaikan dan penurunan volume kendaraan sebanding dengan konsentrasi TSP. Hal ini disebabkan karena pada jam tersebut, intensitas sinar uv menurun akibat tertutupnya cahaya matahari oleh awan. Menurunnya intensitas sinar uv menyebabkan reaksi fotolitik sulit terjadi.

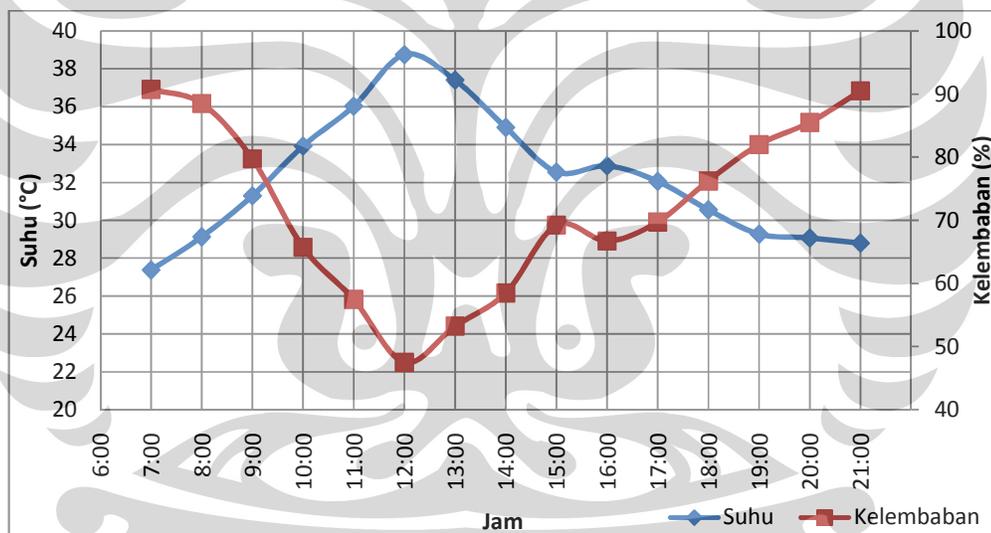
5.5.2 Korelasi Negatif pada Hari Minggu



Grafik 5.12 Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan 2 Jalur Hari Minggu



Grafik 5.13 Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO₂ Pada Hari Minggu
(Wiyandari, 2010)



Grafik 5.14 Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Minggu

Korelasi negatif pada hari Minggu juga terjadi pada jam 08.00-10.00. Penyimpangan ini dapat dijelaskan sama seperti pada penyimpangan hari Sabtu. Namun korelasi negatif baru terjadi lagi pada jam 11.00-12.00 yaitu kondisi dimana volume kendaraan naik namun konsentrasi TSP yang terukur turun.

Pada jam 08.00-09.00 hidrokarbon yang dapat terukur sebagai TSP mulai dipecah oleh sinar *uv* menjadi radikal RO₂· dan radikal OH·.

Bersamaan pada jam tersebut, uap air juga dipecah menjadi radikal hidroksil. Karena itulah konsentrasi TSP menurun walaupun volume kendaraan yang melintas bertambah.

Pada jam 09.00-10.00, konsentrasi TSP meningkat walaupun volume kendaraan menurun karena pada jam tersebut mulai terbentuk partikulat sekunder. Peningkatan TSP tidak terlalu besar karena partikulat sekunder yang terbentuk sedikit. Pembentukan partikulat sekunder yang sedikit ini disebabkan karena radikal $\text{OH}\cdot$ yang terbentuk akibat pemecahan uap air dari jam 08.00-09.00 tidak dalam jumlah besar, ditandai dengan penurunan kelembaban yang tidak sedrastis hari Sabtu. Radikal $\text{OH}\cdot$ yang jumlahnya tidak terlalu banyak ini bereaksi lambat dengan NO untuk menghasilkan NO_2 . Akibat pembentukan NO_2 yang lambat (ditandai dengan kenaikan kadar NO_2 yang lambat pada jam 08.00-09.00 pada grafik 5.13), maka radikal $\text{RO}_2\cdot$ lebih cenderung bereaksi dengan NO daripada dengan NO_2 menurut reaksi

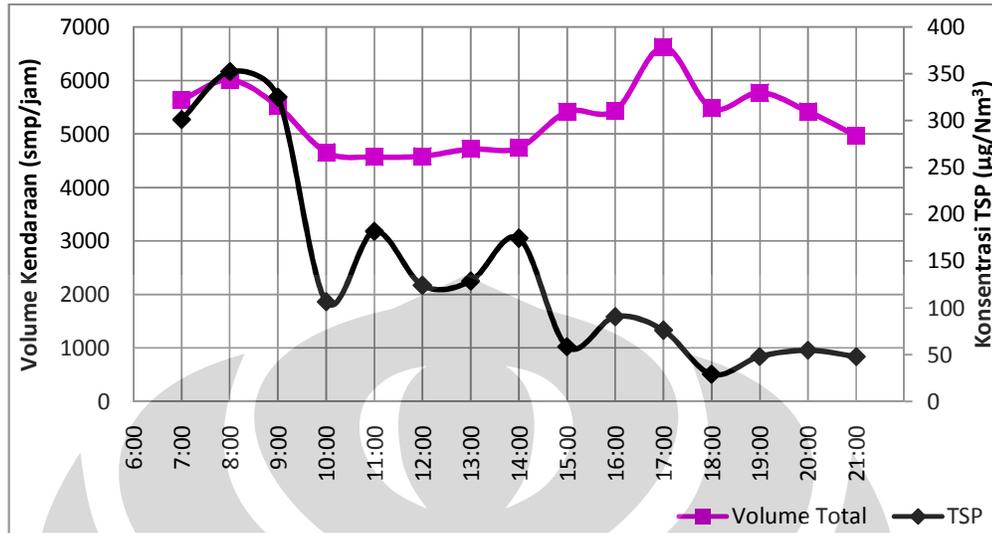


Partikulat nitrat sekunder baru mulai terbentuk bersamaan dengan diemisikannya partikulat lain pada jam 10.00-11.00. Pembentukan partikulat nitrat sekunder dapat diketahui dari menurunnya kadar NO_2

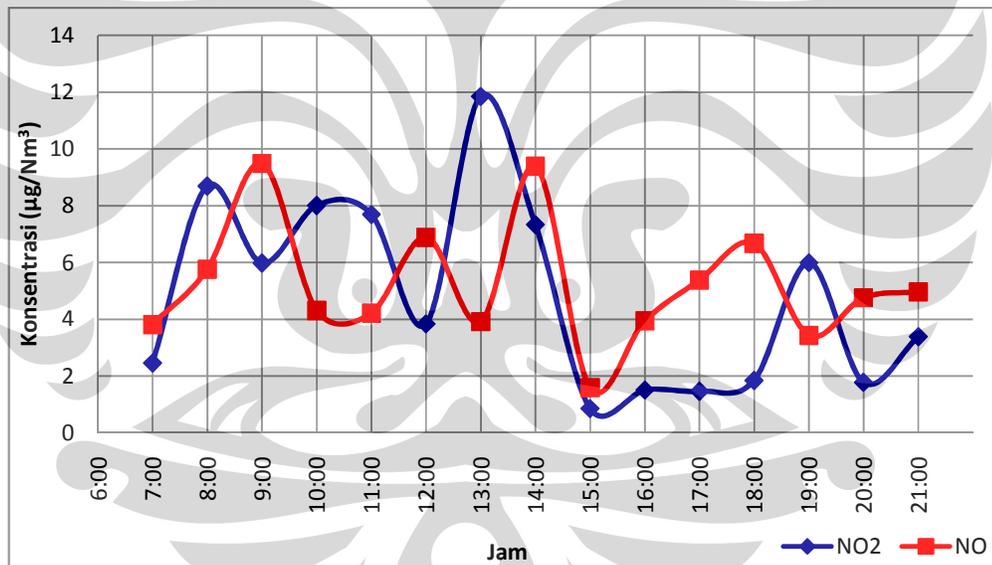
Pada jam 11.00-12.00 mulai terjadi penguraian partikulat nitrat oleh panas. Hal ini menyebabkan konsentrasi TSP menurun walaupun volume kendaraan meningkat. Penguraian partikulat nitrat dapat diketahui dari meningkatnya kadar NO_2 . Selain penguraian partikulat nitrat, menurunnya konsentrasi TSP juga dapat disebabkan akibat pemecahan hidrokarbon menjadi radikal $\text{RO}_2\cdot$.

Korelasi negatif hari Minggu juga terjadi pada jam 15.00-16.00. Jika dilihat pada grafik 5.12, terjadi penurunan drastis konsentrasi TSP mulai dari jam 15.00-17.00. Hal ini disebabkan karena turun hujan dengan intensitas rendah pada 15.00-17.00. Akibatnya, TSP yang terbentuk jatuh ke tanah sebagai droplet hujan.

5.5.3 Korelasi Negatif pada Hari Selasa

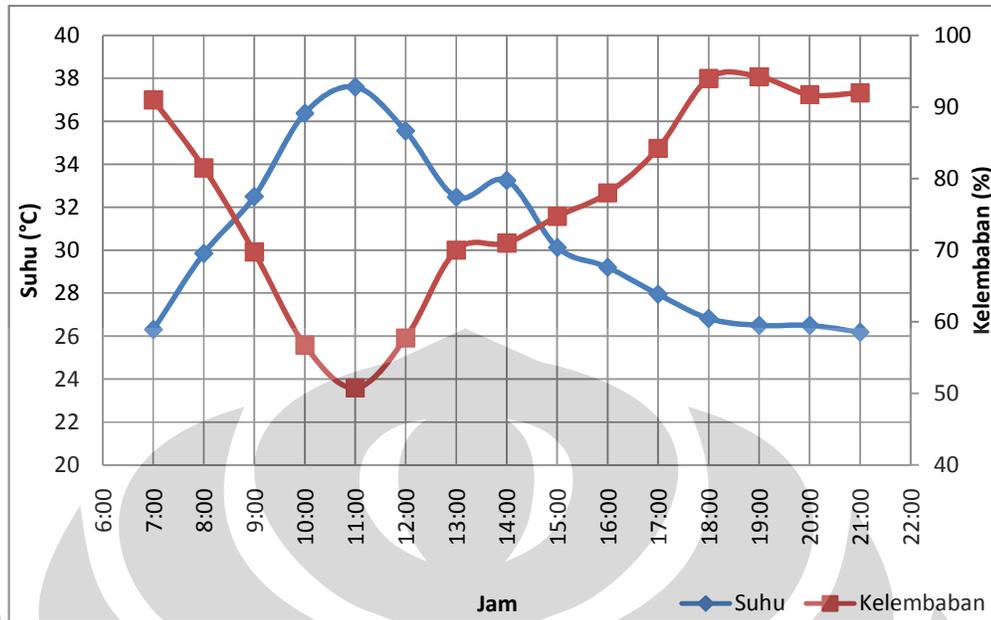


Grafik 5.15 Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan 2 Jalur Hari Selasa



Grafik 5.16 Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO₂ Pada Hari Selasa

(Wiyandari, 2010)

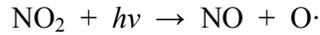


Grafik 5.17 Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Selasa

Jika dilihat pada grafik 5.1, konsentrasi TSP pada hari Selasa jam 07.00-09.00 melebihi baku mutu yaitu $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (sesuai dengan PP No. 41 Tahun 1999). Penyebab tingginya konsentrasi TSP pada jam tersebut adalah tidak beroperasinya KRL Jakarta-Bogor sampai jam 10.00. Orang yang tadinya berangkat bekerja menggunakan KRL terpaksa menggunakan kendaraan baik umum maupun pribadi untuk pergi ke Jakarta. Pada jam ini tidak terjadi korelasi negatif seperti hari-hari sebelumnya karena konsentrasi TSP yang terukur cukup tinggi, sehingga pemecahan oleh sinar uv tidak sebanding dengan partikulat yang dihasilkan.

Korelasi negatif baru terjadi pada jam 10.00-11.00. Pada jam ini, terjadi peningkatan konsentrasi TSP karena terbentuknya partikulat nitrat sekunder. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, terbentuknya partikulat nitrat sekunder dapat dilihat dari konsentrasi NO_2 yang menurun (grafik 5.16).

Partikulat nitrat ini kemudian terurai akibat panas pada jam 11.00-12.00. Penguraian tersebut tidak diikuti dengan peningkatan NO_2 karena intensitas uv yang tinggi pada jam tersebut (ditandai dengan tingginya suhu) memecah NO_2 menjadi NO menurut reaksi:



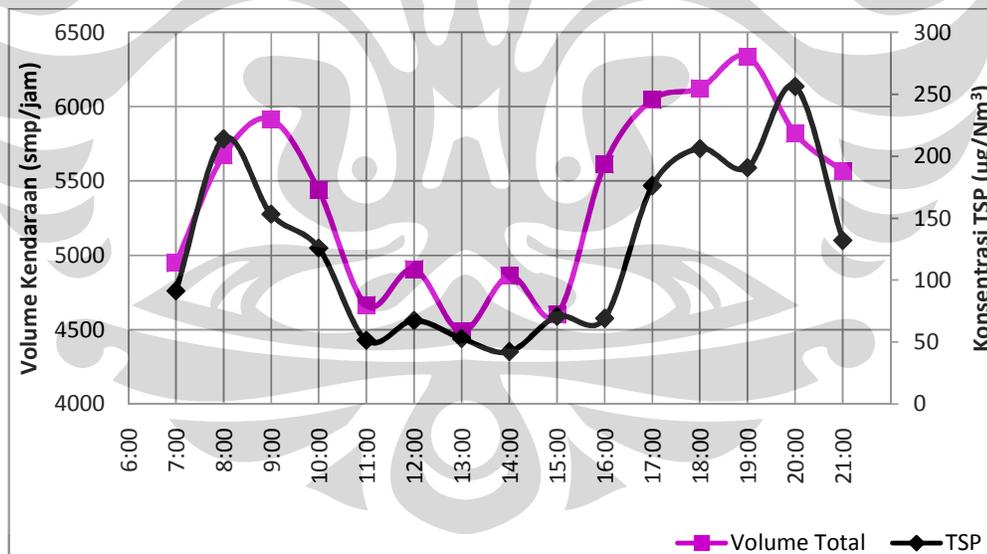
Penguraian NO_2 menjadi NO ini dapat dilihat pada grafik 5.16 dimana konsentrasi NO_2 menurun, sedangkan konsentrasi NO meningkat.

Korelasi negatif kemudian terjadi dari jam 14.00-15.00 akibat mulai terjadi hujan dengan intensitas rendah. Penguraian partikulat oleh panas diduga tidak terjadi karena kadar NO_2 dan NO yang terukur ikut turun akibat bereaksi dengan molekul hujan menjadi HNO_3 dan turun sebagai droplet asam.

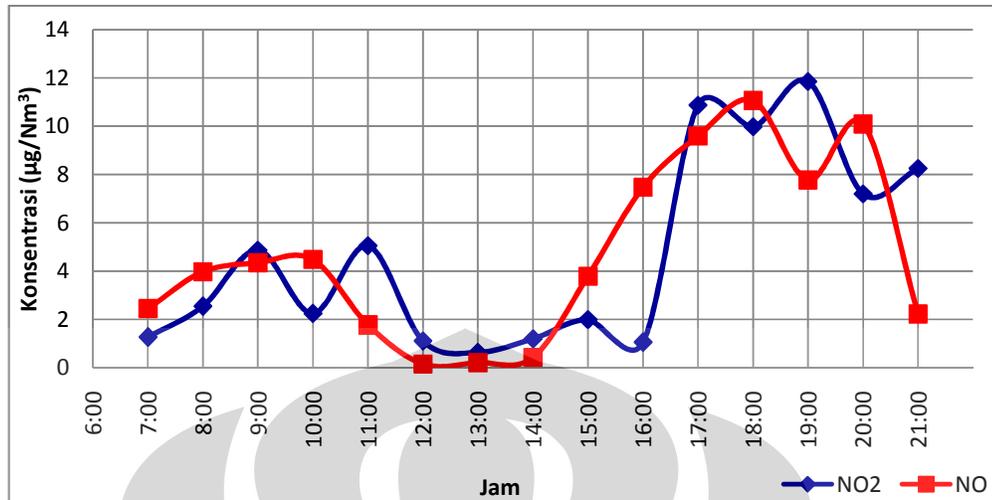
Intensitas hujan kemudian meningkat sekitar jam 17.00. Karena itu peningkatan signifikan volume kendaraan tidak meningkatkan konsentrasi TSP yang terukur.

Setelah jam 19.00 konsentrasi TSP yang terukur tetap kecil, sehingga korelasi negatif pada jam 19.00-20.00 dapat disebabkan karena partikulat terikat pada kadar molekul air (ditandai dengan kelembaban yang tinggi).

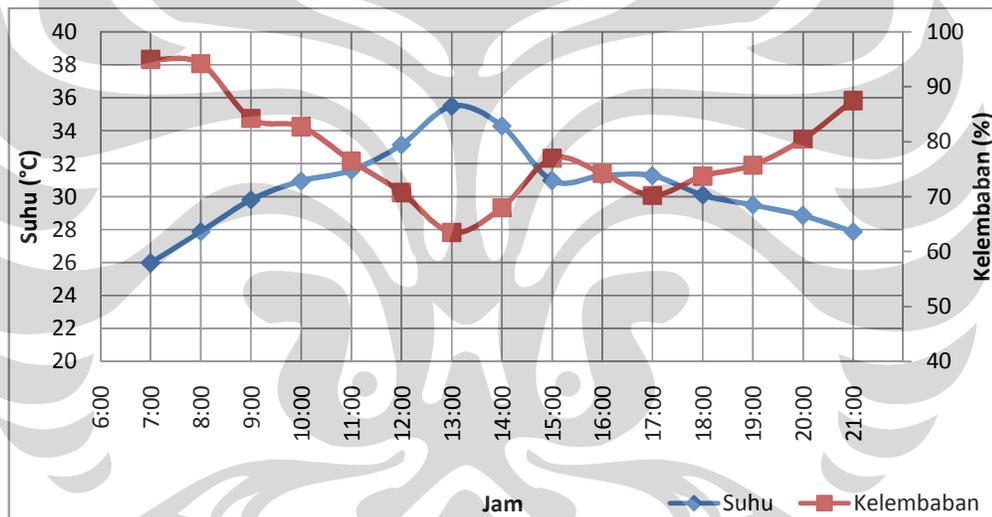
5.5.4 Korelasi Negatif pada Hari Rabu



Grafik 5.18 Fluktuasi TSP dan Volume Kendaraan 2 Jalur Hari Rabu

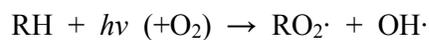
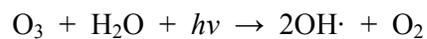


Grafik 5.19 Fluktuasi Konsentrasi Pencemar NO dan NO₂ Pada Hari Rabu



Grafik 5.20 Suhu dan Kelembaban Rata-Rata Hari Rabu

Korelasi negatif terjadi pada hari Rabu jam 08.00-09.00. Seperti penjelasan sebelumnya, penyimpangan ini dapat disebabkan akibat pemecahan hidrokarbon menjadi RO₂· dan radikal OH·, serta pemecahan molekul air menjadi radikal OH·. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Radikal hidroksil yang terbentuk kemudian bereaksi dengan CO menjadi radikal hidroperoksil ($\text{HO}_2\cdot$) yang mengoksidasi NO menjadi NO_2 . Peningkatan NO yang terjadi dapat disebabkan karena penguraian NO_2 kembali menjadi NO. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



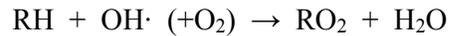
Penyimpangan pada pagi hari tidak terlalu banyak terjadi karena cuaca pada hari Rabu pagi sedikit mendung. Dapat dilihat pada grafik 5.20, peningkatan suhu tidak sedrastis hari-hari lainnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa cuaca yang mendung menyebabkan intensitas sinar *uv* rendah dan reaksi fotolitik yang terjadi tidak memberikan penyimpangan terlalu besar.

Penyimpangan terjadi pada jam 13.00-16.00. Seperti pembahasan sebelumnya, penyimpangan ini dapat terjadi karena pemecahan hidrokarbon menjadi radikal $\text{RO}_2\cdot$ oleh panas (jam 13.00 merupakan jam dengan suhu puncak pada hari Rabu), pembentukan partikulat sekunder dan penguraian partikulat tersebut.

Korelasi negatif terjadi lagi pada jam 18.00-20.00. Penyimpangan pada jam 18.00-19.00 terjadi karena penguraian partikulat oleh panas. Jika dilihat pada grafik 5.18, volume kendaraan pada jam tersebut cukup tinggi. Berbeda dengan hari Sabtu yang volumenya juga tinggi pada malam menjelang sore hari, pada hari Rabu volume kendaraan yang tinggi sering menyebabkan terjadinya antrian karena lalu lintas terganggu oleh orang-orang yang menyeberang. Antrian tidak terjadi pada hari Sabtu karena tidak ada kegiatan kampus pada hari tersebut.

Antrian ini kemudian membuat suhu udara meningkat, sehingga memungkinkan terurainya partikulat nitrat. Terurainya partikulat nitrat dapat dilihat dari konsentrasi NO_2 yang meningkat, dan konsentrasi NO yang menurun.

Penyimpangan pada jam 19.00-20.00 juga terjadi karena proses pembentukan partikulat nitrat. Walaupun tidak ada sinar *uv* pada jam tersebut, hidrokarbon yang diemisikan tetap dapat terpecah menjadi radikal $RO_2\cdot$ oleh radikal $OH\cdot$ menurut reaksi:



Radikal ini kemudian bereaksi dengan NO_2 menjadi partikulat nitrat sekunder, ditandai dengan menurunnya konsentrasi NO_2 yang dapat dilihat pada grafik 5.19

5.6 Upaya Pengendalian dan Pengelolaan Kualitas Udara

Berdasarkan Perda Provinsi DKI Jakarta Nomor 2 Tahun 2005 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, yang dimaksud dengan pengendalian pencemaran udara adalah upaya pencegahan dan/atau penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara. Dari pengertian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa upaya pengendalian bisa dilakukan secara *preventive* maupun *corrective*.

Upaya *preventive* atau pencegahan dapat dilakukan dengan cara menghindari atau mengurangi emisi yang dikeluarkan kendaraan bermotor. Sedangkan upaya *corrective* atau upaya penanggulangan adalah perbaikan kualitas udara dengan cara menangani emisi yang sudah dikeluarkan oleh kendaraan bermotor.

Berikut ini akan dibahas beberapa upaya pengendalian yang digolongkan sebagai upaya *preventive* dan *corrective*.

5.6.1 Upaya Pengendalian *Preventive*

Cara efektif yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran udara adalah dengan menangani secara langsung sumber pencemar yaitu kendaraan bermotor. Beberapa upaya yang dapat dilakukan antara lain:

a. Uji emisi kendaraan bermotor

Berdasarkan Perda Provinsi DKI Jakarta Nomor 2 Tahun 2005 Pasal 19 ayat (1), (2), dan (3), kendaraan bermotor wajib menjalani uji emisi agar memenuhi ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor. Kendaraan yang telah lulus uji emisi kemudian diberi tanda lulus uji emisi.

Tujuan dilakukannya uji emisi adalah memastikan kendaraan yang beroperasi mengeluarkan emisi sesuai dengan baku mutu emisi. Peraturan tentang wajib uji emisi ini sudah mulai diimplementasikan misalnya dengan memberlakukan larangan parkir bagi kendaraan yang tidak memiliki stiker lulus uji emisi.

Permasalahan yang timbul terkait dengan uji emisi adalah belum adanya pemeriksaan berkala kendaraan yang melintas sehingga kendaraan yang tidak lulus uji emisi tetap dapat melintas di Jalan Raya Margonda. Pemeriksaan sebaiknya diberlakukan dan dilakukan oleh pejabat penyidik POLRI dan PPNS sesuai dengan pasal 40 ayat (1)

Kendaraan yang terbukti tidak lulus uji emisi dapat dikenakan sanksi yang tercantum di pasal 39 ayat (1), yaitu berupa peringatan tertulis atau pencabutan izin beroperasi.

b. Efisiensi energi

Meningkatkan efisiensi energi memberikan keuntungan kepada lingkungan dalam beberapa hal. Misalnya menghemat bahan bakar secara langsung akan mereduksi emisi CO₂. Selain itu karena penggunaan bahan bakar berkurang, maka energi yang digunakan untuk proses produksi bahan bakar juga berkurang.

Energi yang dibutuhkan kendaraan bermotor adalah energi untuk melajukan kendaraan, energi untuk menanjak, dan energi untuk akselerasi. Melihat ketiga jenis energi ini, energi yang dapat ditingkatkan efisiensinya di Jalan Raya Margonda adalah energi untuk akselerasi. Penggunaan energi untuk akselerasi terbukti tiga kali lebih besar dari energi untuk melajukan kendaraan secara konstan (Rubin, 2001). Pengurangan akselerasi ini dapat dilakukan dengan

meningkatkan sistem transportasi yang baik agar kendaraan dapat melaju dengan kecepatan konstan.

Total emisi harian dari kendaraan bermotor di suatu daerah dapat diekspresikan secara kasar menurut persamaan berikut (de Nevers, 1995)

$$\text{Daily Emissions} = \left(\frac{\text{Vehicle miles driven}}{\text{day}} \right) \left(\frac{\text{Emissions}}{\text{vehicle mile}} \right)$$

Beberapa cara dapat dilakukan untuk mengurangi emisi dengan mengurangi emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor. Tapi dalam beberapa hal, jauh lebih mudah dan menguntungkan jika mengurangi jumlah kendaraan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi berpegian menggunakan kendaraan pribadi dan lebih memilih berpegian menggunakan kendaraan umum. Efisiensi dapat dilakukan karena kapasitas kendaraan umum lebih besar jika dibandingkan dengan kendaraan pribadi.

c. Menggunakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan

Bahan bakar alternatif yang dapat digunakan meliputi bensin yang dimodifikasi komposisi kimianya, solar, methanol, ethanol (diproduksi dari biomass), dan Bahan Bakar Gas (BBG) yang dapat mereduksi pembentukan ozon. Modifikasi komposisi kimia dilakukan untuk mereduksi kandungan kimia dari hidrokarbon yang berkontribusi terhadap pembentukan ozon. Cara yang sering dilakukan adalah dengan membatasi kandungan benzene, serta meningkatkan kandungan oksigen dalam bensin.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan pencemaran udara di Jalan Raya Margonda terkait dengan bahan bakar alternatif adalah memodifikasi semua angkutan umum agar menggunakan BBG sesuai dengan yang tercantum di Perda Provinsi DKI Jakarta Nomor 2 Tahun 2005 pasal 20 ayat (1).

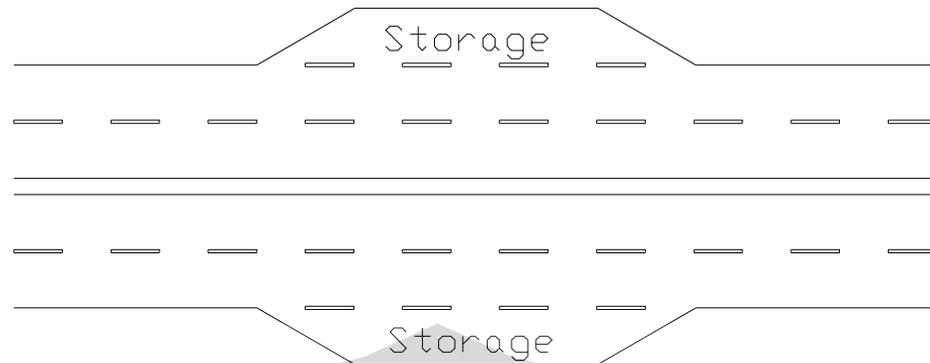
d. Memperbaiki sistem transportasi

Kemacetan (antrian) merupakan faktor utama penyebab tingginya emisi yang dikeluarkan kendaraan bermotor. Seperti telah dijelaskan

sebelumnya, energi yang dibutuhkan untuk akselerasi 3 kali lebih besar dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan untuk melajukan kendaraan dengan kecepatan konstan. Tidak hanya itu, kendaraan dengan kelajuan rendah juga mengemisikan polutan dalam jumlah lebih besar.

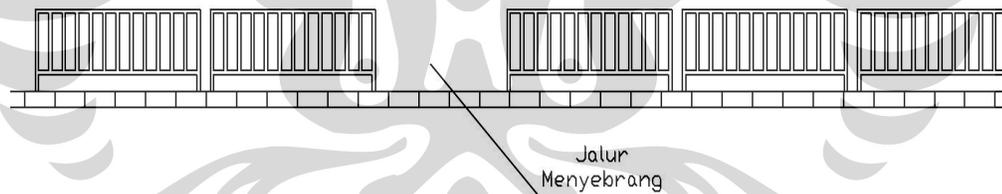
Jika dilihat, penyebab terjadinya antrian di Jalan Raya Margonda antara lain karena banyak kendaraan umum kecil yang berhenti di pinggir jalan. Berdasarkan wawancara kepada beberapa supir kendaraan umum, sistem pembayaran yang dipakai adalah sistem “kejar setoran” dimana supir harus membayar nominal tertentu kepada mandor setiap harinya. Sistem ini membuat supir harus mencapai target jumlah penumpang sehingga terpaksa harus berhenti di beberapa tempat strategis untuk menunggu penumpang. Rekomendasi yang bisa diberikan adalah Pemkot Depok bekerjasama dengan Pemkot lain yang terkait sebaiknya mengambil alih sistem transportasi umum dengan memberlakukan sistem gaji kepada supir. Dengan demikian kendaraan umum beroperasi secara teratur sesuai dengan jadwal dan tidak perlu berhenti dan membuat kemacetan.

Rekomendasi lain untuk mengatasi kemacetan akibat kendaraan umum adalah dengan menertibkan kendaraan umum agar berhenti di halte. Halte dibangun di lokasi strategis serta dibuat jalur lambat atau tempat pemberhentian kendaraan umum (*storage*). Adapun sketsa jalur lambat (*storage*) yang direkomendasikan adalah sebagai berikut (tidak sesuai skala):



Gambar 5.2 Rekomendasi Pembuatan Storage di Dekat Halte

Penyebab antrian lain adalah adanya orang yang menyeberang di sembarang tempat. Untuk mengatasi hal ini, sebaiknya dibangun jembatan penyeberangan terutama di tempat-tempat strategis yang arus penyeberangannya tinggi. Untuk mengatur orang yang menyeberang juga dapat digunakan pagar pembatas yang dipasang di median jalan. Spot penyebrangan disediakan khusus di tempat-tempat strategis. Berikut ini adalah contoh rekomendasi pemasangan pagar pembatas.



Gambar 5.3 Rekomendasi Pemasangan Pagar Pembatas

Untuk mengurangi antrian di persimpangan sebaiknya dibangun *fly over* misalnya di persimpangan Jalan Raya Margonda dengan Jalan Juanda. Pembangunan *fly over* ini juga dapat mengurangi kemacetan akibat adanya *u-turn*.

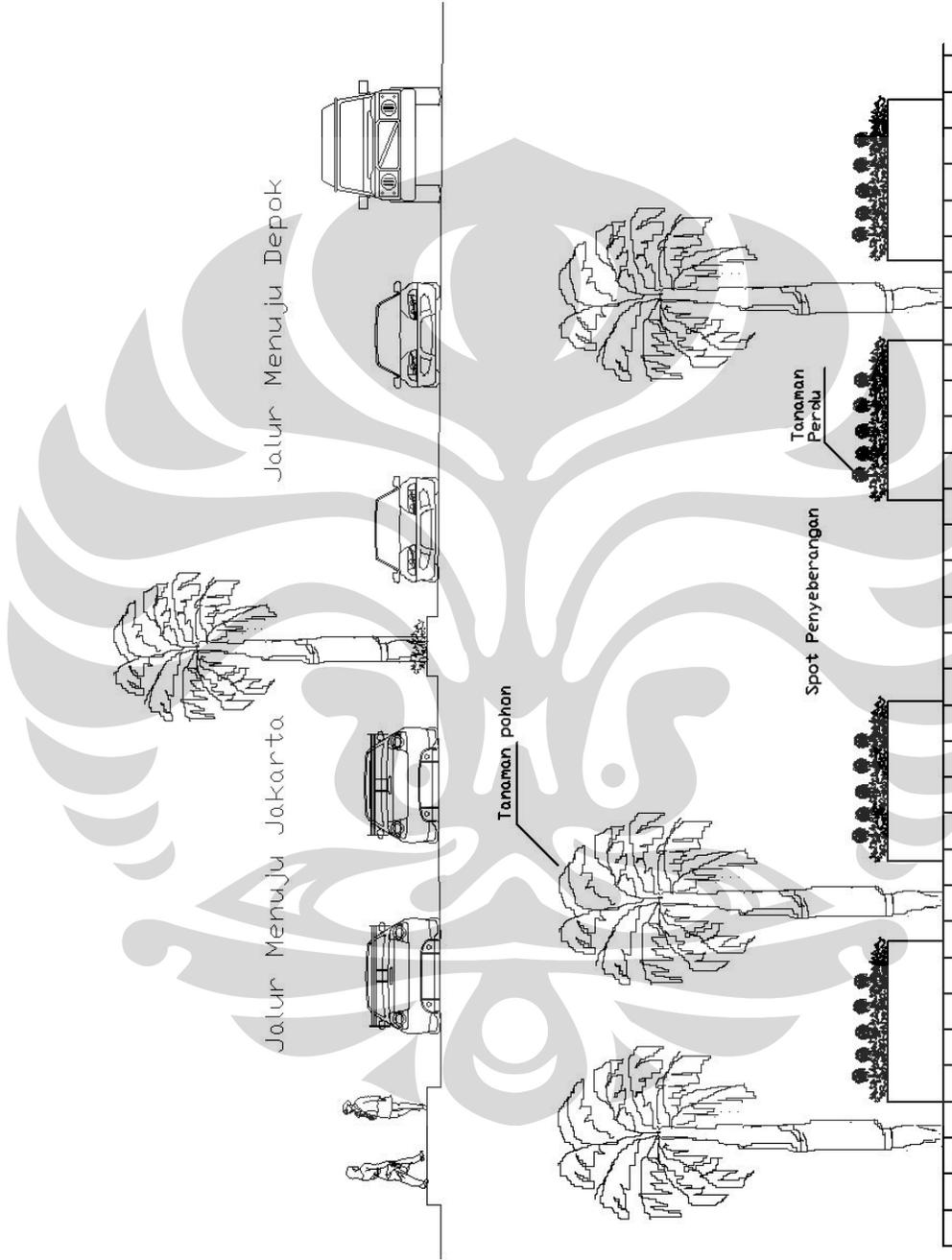
5.6.2 Upaya Pengendalian *Corrective*

Upaya *corrective* dilakukan dengan tujuan memperbaiki kualitas udara yang menurun akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. Cara yang dapat dilakukan antara lain dengan mengembangkan lahan terbuka hijau.

Berdasarkan Perda Provinsi DKI Jakarta Nomor 2 Tahun 2005 pasal 26 ayat (1), setiap orang atau penanggungjawab usaha wajib melakukan upaya dalam rangka pengembangan ruang terbuka hijau.

Berdasarkan definisinya, ruang terbuka hijau (RTH) adalah bagian dari ruang-ruang terbuka (*open spaces*) suatu wilayah perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman, dan vegetasi (endemik, introduksi) guna mendukung manfaat langsung dan/atau tidak langsung yang dihasilkan oleh RTH dalam kota tersebut yaitu keamanan, kenyamanan, kesejahteraan, dan keindahan wilayah perkotaan (Dep PU, 2005). Berdasarkan definisinya, salah satu fungsi dari RTH adalah mengurangi polusi udara terutama di daerah urban.

Berdasarkan tipenya, rekomendasi RTH yang dapat diterapkan di kawasan Jalan Raya Margonda adalah RTH tipe jalur (koridor, linear). Vegetasi ditanam di median jalan seperti pada gambar berikut



Gambar 5.4 Potongan Melintang (Atas dan Tampak Samping (Bawah) Rekomendasi RTH

Syarat pemilihan tanaman untuk RTH tipe jalur (koridor) di Jalan Raya Margonda antara lain:

- Mampu tumbuh pada lingkungan yang marginal (tanah tidak subur, udara dan air yang tercemar).
- Cepat tumbuh dan mempunyai umur yang panjang.
- Perakaran yang dalam sehingga tidak mudah tumbang.
- Tidak mempunyai akar yang besar di permukaan tanah.
- Dahan dan ranting tidak mudah patah.
- Buah tidak terlalu besar.
- Tidak gugur daun.
- Luka akibat benturan mobil mudah sembuh.
- Tahan terhadap gangguan fisik dan pencemar dari kendaraan bermotor, serta dapat menghasilkan O₂ dan meningkatkan kualitas udara.
- Ketika dewasa sesuai dengan ruang yang ada (tidak terus tumbuh).

Contoh tanaman yang dapat ditanam di RTH ini antara lain:

Tabel 5.14 Tanaman Pohon Pengisi Ruang Terbuka Hijau

No	Nama Lokal	Nama Latin
1	Saga	<i>Abrus precatorius L.</i>
2	Akasia	<i>Acacia seiberiana dc</i>
3	Damar	<i>Agathis dammara warb</i>
4	Buni	<i>Antidesma bunius (L.) spreng</i>
5	Pinang	<i>Areca catechu L.</i>
6	Jambe rende	<i>Areca pumila bl</i>
7	Druju	<i>Argemone Mexicana L.</i>
8	Bambu kuning	<i>Bambusa vuL.garis schrad</i>
9	Cernara	<i>Casuarina equisetifolia L.</i>

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2005

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- a. Konsentrasi TSP dipengaruhi oleh besar volume kendaraan yang melintas. Berdasarkan uji regresi linear sederhana, koefisien korelasi antara volume kendaraan total di jalur menuju Jakarta (KJ) terhadap konsentrasi TSP (c) yaitu sebesar 0,365 hampir sama dengan volume kendaraan total di jalur menuju Depok (KD) yaitu sebesar dan 0,367. Analisa KJ dan KD bersamaan menggunakan uji regresi linear berganda 2 variabel bebas menunjukkan nilai korelasi 0,6095. Dengan demikian dapat disimpulkan juga bahwa konsentrasi TSP dipengaruhi oleh volume kendaraan yang melintas di dua jalur (KJ dan KD).
- b. Konsentrasi TSP tidak dipengaruhi oleh jenis kendaraan yang melintas (motor, mobil, dan bus). Berdasarkan uji regresi linear berganda dengan 3 variabel bebas, nilai koefisien korelasi rata-rata kendaraan yang lewat di jalur menuju Jakarta sebesar 0,5890 dan kendaraan di jalur menuju Depok lebih besar yaitu 0,6529. Analisa pengaruh tipe kendaraan di jalur menuju Jakarta dan Depok terhadap konsentrasi TSP bersamaan menggunakan uji regresi linear berganda 6 variabel bebas menunjukkan korelasi kuat yaitu sebesar 0,8544. Meskipun demikian masih ada koefisien negatif untuk kendaraan tertentu pada hari tertentu, karena itu disimpulkan bahwa tidak ada tipe kendaraan tertentu yang paling mempengaruhi konsentrasi TSP.
- c. Kecilnya korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi TSP disebabkan karena terdapat korelasi negatif pada saat-saat tertentu. Reaksi fotokimia di udara yang melibatkan berbagai senyawa seperti VOC, NO_x, O₃, CO_x dan radikal seperti hidroksil (OH·), hidroperoksil

(HO₂·), Oksil (O·), alkil peroksil (RO₂·) menyebabkan terjadinya korelasi negatif. Penjelasan ini masih bersifat teoritis.

- d. Terdapat pengaruh langsung suhu, cuaca, kelembaban, intensitas *uv*, dan faktor meteorologis lainnya terhadap konsentrasi TSP. Faktor-faktor ini mendukung terjadinya reaksi fotokimia.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mengendalikan pencemaran udara di Jalan Raya Margonda antara lain:

- a. Melakukan pemantauan kendaraan lulus uji emisi di Jalan Raya Margonda secara berkala.
- b. Meningkatkan efisiensi penggunaan energi untuk kendaraan bermotor, misalnya dengan menggunakan kendaraan umum.
- c. Memodifikasi semua angkutan umum agar menggunakan BBG dalam upaya pengurangan emisi.
- d. Membuat storage di dekat halte untuk pemberhentian sementara kendaraan umum agar tidak mengganggu arus kendaraan yang lewat.
- e. Mengembangkan ruang terbuka hijau di tengah median.
- f. Pemkot Depok sebaiknya membuat peraturan daerah tersendiri yang mengatur tentang pengendalian pencemaran udara di kota Depok.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, masih banyak penjelasan yang bersifat teoritis. Untuk itu diperlukan beberapa saran yang dapat mendukung penelitian ini, yaitu:

- a. Pada saat pengamatan dilakukan sebaiknya parameter-parameter lain seperti ozon (O₃) juga diukur. Konsentrasi ozon yang terukur dan tersaji secara fluktuatif dapat menggambarkan bagaimana relevansi sinar *uv* terhadap konsentrasi TSP akibat adanya reaksi fotokimia. Parameter lain yang sebaiknya juga diukur adalah SO_x karena juga dapat membentuk partikulat sekunder.
- b. Kecilnya korelasi volume kendaraan terhadap konsentrasi TSP disebabkan karena pembentukan partikulat sekunder berupa partikulat organik dan anorganik. Komponen anorganik dihasilkan dalam jumlah

kecil saja berupa garam nitrat dan garam sulfat, sedangkan komponen organik dihasilkan dengan komposisi lebih besar. Untuk itu, sebaiknya juga dilakukan penelitian untuk mengukur komposisi partikulat organik dan anorganik dari debu yang tertangkap di filter. Metode yang dapat dilakukan adalah memanaskan filter dengan debu tertangkap pada suhu 600-750 °C sampai kandungan organiknya menguap dan kandungan anorganik tetap tertinggal di filter.

- c. Perlu diteliti bagaimana pengaruh antrian terhadap konsentrasi TSP. Penelitian sebaiknya dilakukan di lokasi yang pasti mengalami antrian yaitu di persimpangan yang dilengkapi dengan lampu lalu lintas.
- d. Untuk merencanakan solusi teknis yang lebih memadai, sebaiknya perlu diidentifikasi penyebab terjadinya antrian selain lampu lalu lintas. Perlu diteliti juga bagaimana hubungan jumlah kendaraan umum dengan penggunaannya. Karena bisa jadi penyebab tingginya volume kendaraan di Jalan Raya Margonda adalah kendaraan umum yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan penggunaannya.
- e. Permodelan kualitas udara dengan *Gaussian Dispersion Model* akan membantu menganalisa bagaimana konsentrasi TSP di suatu titik reseptor berdasarkan jumlah emisi yang dikeluarkan oleh sumber emisi. Dalam hal ini, sumber emisi diasumsikan sebagai sumber garis dalam hal ini adalah Jalan Raya Margonda. Hasil dari perhitungan menggunakan permodelan ini merupakan data teoritis yang dapat dibandingkan dengan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusgindo, H., dan Budi Hari. (2007). Pengukuran Partikel Udara Ambien (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}) di Sekitar Calon Lokasi PLTN Semenanjung Lemahabang. *Jurnal Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi-RISTEK*, ISSN, 221-227
- Anonym. (____). *Particulate Matter – Total Suspended Particulate*. [online]. (<http://www.hcdoes.org/airquality/Monitoring/tsp.htm>, diakses tanggal 10 november 2009)
- Anonym. (2000). *Highway Capacity Manual 2000*. United States: Transportation Research Board.
- Anonym. (2003). *Parameter Pencemaran Udara dan Dampaknya terhadap Kesehatan*. [pdf], (<http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>, diakses tanggal 3 november 2009)
- Anonym. (2009). *5 Macam Penyakit Akibat Pencemaran Partikel Debu di Udara*. [online]. (<http://www.smallcrab.com/kesehatan/25-healthy/520-5-macam-penyakit-akibat-pencemaran-partikel-debu-di-udara>, diakses tanggal 9 Desember 2009)
- Badan Pusat Statistik Kota Depok, *Kota Depok Dalam Angka 2007*
- Bauer, S. E., dan Langmann, B.. (2002). Analysis of a Summer Smog Episode in the Berlin-Brandenburg Region With a Nested Atmosphere – Chemistry Model. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 2, 259-270
- Calvert, J. G., dan J. R. Stockwell. (1984). Mechanism and Rates of Gas-phase oxidations of Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide in the Atmosphere. Series Editor, Ann Arbor Press

Chahaya, Indra. (2003). *Pengendalian Pencemaran Udara Melalui Penanganan Emisi Gas Buang Kendaraan bermotor*. Paper, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara

Connel, Des W. & Miller, Gregory J.. (1995). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: UI-Press

Cooper, David C., dan Alley, F. C.. (1990). *Air Pollution Control: A Design Approach I*. Illinois: Press, Inc

De Nevers, Noel. (1995). *Air Pollution Control Engineering*. New York: McGraw Hill Inc.

Departemen Kesehatan RI. (1997), *Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Ruang Terbuka Hijau (RTH) Wilayah Perkotaan*. Jakarta

Direktorat Pembinaan Jalan Kota. (1990). *Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan*.

Ebenezer L.T. (2006). *Pengaruh Bahan Bakar Transportasi terhadap Pencemaran Udara dan Solusinya*, Jogjakarta

Fauzianti, Vidya. (2007). *Pengendalian dan Pengelolaan Kualitas Udara di Kota Depok : Studi Kasus Pencemaran Debu (TSP) dan Kebisingan di Kecamatan Cimanggis dan Terminal Terpadu Kota Depok*, Skripsi, Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia

- Fuadbahsin. (2009). *Kebijakan Pemerintah dan Masalah Pencemaran Udara*. [online]. (<http://fuadbahsin.wordpress.com/2009/01/26/kebijakan-pemerintah-dan-masalah-pencemaran-udara/>, diakses tanggal 3 november 2009)
- IUPAC. (1997). *Composition of Pure Air (In Atmospheric Chemistry)*. 2nd edition
- Jenkin, M. E., et al. (2003). Protocol for the Development of the Master Chemical Mechanism, MCM v3 (Part B): Tropospheric Degradation of Aromatic Volatile Organic Compounds. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 3, 181-193
- Laaksonen, A. et al. (2008). SO_2 Oxidation Products other than H_2SO_4 as a trigger of New Particle Formation. Part 2: Comparison of Ambient and Laboratory Measurements, and Atmospheric Implications. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 7255-7264
- LaFranchi, B. W., et al. (2009). Closing the Peroxy Acetyl Nitrate Budget: Observations of Acyl Peroxy Nitrates (PAN, PPN, and MPAN) During BEARPEX 2007, *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 7623-7641
- Legget, J. (1990). *Global Warming – The Greenpeace Report*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Miro, Fidel. (2005). *Perencanaan Transportasi Untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi*. Jakarta: Erlangga
- Nahdalina. (2006). *Sistem Transportasi – Arus Lalu Lintas*. [ppt]. (<http://nahdalina.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/2342/ARUS+LALU+LINTAS.ppt>, diakses tanggal 24 November 2009)

Ondrus, J. Chem. (1979). *Sampling of NO_x (NO + NO₂) and Particulates*. [pdf].
(www.uwstout.edu/faculty/ondrusm/manual/pdf/experiment20.pdf, diakses tanggal 18 Juni 2010)

Peraturan Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 2 Tahun 2005
Tentang Pengendalian Pencemaran Udara

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen
dan Rekayasa Lalu lintas di jalan

Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana Lalu Lintas Jalan

Rubin, Edward S.. (2001). *Introduction to Engineering and the Environment*.
Boston: McGrawHill

Ryadi, Soedomo. (1982). *Pencemaran Udara*. Surabaya: Usaha Nasional
Surabaya

Saputra, Yoky Edy. (2008). *Waspadai Bahan-bahan Kimia Berbahaya di Sekitar
Kita (Bagian II)*. [online]. (http://www.chemistry.org/artikel_kimia/kimia_lingkungan/waspadai-bahan-bahan-kimia-berbahaya-di-sekitar-kita-bagian-ii/, diakses tanggal 10 november 2009)

Saputra, Yoky Edy. (2009). *Karbonmonoksida dan Dampaknya terhadap
Kesehatan*. [online]. (http://www.chemistry.org/artikel_kimia/kimia_lingkungan/karbonmonoksida-dan-dampaknya-terhadap-kesehatan/, diakses tanggal 5 november 2009)

Sastrawijaya, A. Tresna. (1991). *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta

Saunders, S. M., et al. (2003). Protocol for the Development of the Master
Chemical Mechanism, MCM v3 (Part A): Tropospheric Degradation of non-

Aromatic Volatile Organic Compounds. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 3, 161-180

SNI 19-4840-1998

Soemarwoto, Otto. (1983). *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan

Soetrisno. (2008). *Oksigen*. [online]. (http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/oksigen/, diakses tanggal 10 november 2009)

Soetrisno. (2008). *Peringatan Polusi Ozon Global*. [online]. (http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_lingkungan/peringatan-polusi-ozon-global/, diakses tanggal 10 november 2009)

Takekawa, Hideto. (2003). *Secondary Organic Aerosol Formation from Photochemical Reaction of Aromatic Hydrocarbons*. [pdf]. (www.tytlabs.co.jp/english/review/rev381epdf/e381_057takekawa.pdf, diakses tanggal 13 Juni 2010)

Tofan, M. Nur. (2005). *Evaluasi Beban Pencemaran Akibat Kendaraan Bermotor di Jakarta : Studi Kasus Bundaran Hotel Indonesia*, Skripsi, Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia

Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Underwood, A. L. & R. A., Day. (1986). *Quantitative Analysis*. 5th edition. Atlanta: Prentice Hall

- Vione, Davide., et al. (2006). Photochemical Reactions in the Tropospheric Aqueous Phase and on Particulate Matter. *Journal of Royal Society of Chemistry*, 35, 441-453
- Wagner, V., et al. (2003). Modelling of the Photooxidation of Toluene: Conceptual Ideas for Validating Detailed Mechanisms. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 3, 89-106
- Warneck, Peter. (1999). The Relative Importance of Various Pathways for The Oxidation of Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide in Sunlit Continental Fair Weather Clouds. *Journal of Physical Chemistry – Chemical Physics*, 1, 5471-5483
- Wiyandari, Miranti. (2010). *Hubungan Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi Polutan NO_x di Udara (Studi Kasus: Jalan Margonda Raya Depok)*. Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- World Health Organization. (2005). *Particulate Matter Air Pollution : How It Harms Health*. Berlin : Factsheet EURO
- Zhang, Yang., et al. (1994). Photochemical Oxidant Processes in the Presence of Dust: An Evaluation of the Impact of Dust on Particulate Nitrate and Ozone Formation. *Journal of Applied Meteorology* Vol 33, No7.
- Zhang, X., et al. (2010). Peroxyacetic Acid in Urban and Rural Atmosphere: Concentration Feedback on PAN-NO_x Cycle and Implication on Radical Chemistry. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 737-748



LAMPIRAN A
PROSEDUR PENGAMBILAN DATA
KONSENTRASI TOTAL SUSPENDED
PARTICULATE

Ruang lingkup dalam pengukuran kualitas udara ini adalah pengukuran parameter *Total Suspended Particulate (TSP)* menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler (HVAS)* dengan metode gravimetrik, dengan acuan ASTM D 4096-91(2003). Lingkup pengujian meliputi:

- a. Cara pengambilan contoh uji dalam jumlah volume udara yang besar di atmosfer, dengan nilai rata-rata laju alir pompa vakum 1,13 s/d 1,80 m³/menit. Dengan laju alir ini maka diperoleh partikel tersuspensi kurang dari 100 µm (diameter ekivalen) yang dapat dikumpulkan. Adapun untuk efisiensi partikel berukuran lebih besar dari 20 µm akan berkurang sesuai dengan kenaikan ukuran partikel, sudut dari angin, dan kenaikan kecepatan
- b. Penggunaan filter serat kaca (*fiber glass*) dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter 100 µm s/d 0,1 µm (efisiensi 99,95% untuk ukuran partikel 0,3 µm).
- c. Jumlah minimum partikel yang terdeteksi oleh metode ini adalah 3 mg (tingkat kepercayaan 95%). Pada saat alat dioperasikan dengan laju alir rata-rata 1,7 m³/menit selama 24 jam, maka berat massa yang didapatkan antara 1 s/d 2 µg/m³.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengukuran TSP antara lain:

- a. Peralatan:
 - Peralatan HVAS dilengkapi dengan skala/meter.
 - Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
 - Barometer yang mampu mengukur hingga 0,1 kPa (1mmHg)
 - Manometer diferensial yang mampu mengukur hingga 4 kPa (40 mmHg)
 - Pencatat waktu
 - Pencatat laju alir yang mampu membaca laju alir dengan ketelitian 0,03 m³/menit
 - Termometer
 - Desikator
 - Pinset
 - Sarung tangan plastic

b. Bahan

- Filter *Fiber Glass*
- *Aluminium Foil*
- Plastik

Persiapan yang harus dilakukan sebelum mengukur TSP adalah:

- a. Menandai filter untuk identifikasi
- b. Mengondisikan filter pada desikator (kelembaban 50%) selama 24 jam
- c. Menimbang massa filter dengan timbangan analitik (W_1)
- d. Membungkus filter yang telah ditimbang dengan Aluminium foil untuk menghindari peningkatan kelembaban dalam filter

Teknik pengukuran TSP dengan metode gravimetrik disesuaikan dengan SNI 19-4840-1998 melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Tempatkan filter pada *filter holder*
- b. Tempatkan alat uji di posisi dan lokasi pengukuran menurut metoda penentuan lokasi titik ambient
- c. Nyalakan alat uji dan catat waktu, baca indikator laju alir dan catat pula laju alirnya (Q_1). Catat temperatur dan tekanan udara saat pengambilan data dilakukan (T_o , P_o)
- d. Lakukan pengambilan contoh uji selama 1 jam setiap pengukuran.
- e. Catat hasil pembacaan laju alir akhir (Q_2).
- f. Lepas filter dari filter holder, jaga agar tidak ada partikel yang terlepas, lipat filter dengan partikulat tertangkap di dalamnya, lalu tempatkan filter ke dalam aluminium foil, dan masukkan ke dalam plastik, lalu tandai untuk identifikasi.
- g. Timbang massa filter dengan partikulat tertangkap di dalamnya (W_2)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengambilan data TSP antara lain:

- a. Obyek seperti serangga yang tertangkap dalam filter akan menambah berat filter. Sehingga sebelum penimbangan dilakukan, pisahkan obyek menggunakan pinset terlebih dahulu.
- b. Aerosol cair, seperti minyak dan partikel sisa pembakaran yang tertinggal di filter dapat menyebabkan filter yang digunakan menjadi basah dan menyebabkan filter rusak dan filtrasi tidak terjadi dengan baik.

- c. Senyawa dari gas atau uap yang bersifat reaktif dan terserap pada filter akan tertimbang sebagai senyawa partikulat.
- d. Bila filter sudah penuh dengan debu (ditandai dengan turunnya laju alir lebih dari 50%), maka filter diganti.
- e. Kemungkinan terjadinya kegagalan voltase atau padamnya listrik pada saat pengambilan akan menyebabkan kesalahan, maka diharapkan pencatatan kontinu dari laju alir.





LAMPIRAN B

DATA PENELITIAN

Data Kualitas Udara Hari Sabtu, 8 Mei 2010 (jam 06.00 – 14.00) dan 5 Juni 2010 (jam 14.00 – 21.00)

Waktu	Massa Filter		Flow		Suhu				Kelembaban					
	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	Q _{s1} (m ³ /menit)	Q _{s2} (m ³ /menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T̄ (°C)	Wet ₁ (%)	Wet ₂ (%)	Wet ₃ (%)	Wet ₄ (%)	Wet̄ (%)
06,00-07,00	0,4994	0,5160	1,80	1,80	28,6	27,7	27,8	28,5	28,2	84	84	88	88	86
07,00-08,00	0,4997	0,5232	1,85	1,80	30	30,5	31,8	32,4	31,2	82	70	76	72	75
08,00-09,00	0,4999	0,5142	1,80	1,65	32,8	33	33,6	34,3	33,4	68	65	62	59	64
09,00-10,00	0,4999	0,5170	1,80	1,75	34,6	36	34	34,5	34,8	60	54	63	62	60
10,00-11,00	0,5040	0,5184	1,75	1,70	32,6	32,3	32,8	33,9	32,9	65	68	67	64	66
11,00-12,00	0,5035	0,5168	1,85	1,80	34,6	35,8	36,3	36,5	35,8	61	58	54	54	57
12,00-13,00	0,4985	0,5094	1,80	1,75	36,8	36	36,1	36,3	36,3	54	57	56	56	56
13,00-14,00	0,4981	0,5101	1,75	1,70	36,9	34,3	33	32	34,1	55	69	71	75	68
14,00-15,00	0,5067	0,5187	1,80	1,80	33,5	32	32,1	32	32,4	65	69	75	74	71
15,00-16,00	0,5020	0,5178	1,90	1,85	32,2	32,2	32,1	32	32,1	74	72	70	71	72
16,00-17,00	0,5083	0,5242	1,80	1,75	32	31,6	30,9	30,2	31,2	70	69	74	78	73
17,00-18,00	0,5030	0,5237	1,85	1,80	29,6	29,3	28,9	27,9	28,9	81	78	79	80	80
18,00-19,00	0,5053	0,5168	1,90	1,85	27	27,6	27,4	27,3	27,3	85	89	88	88	88
19,00-20,00	0,5062	0,5164	1,75	1,75	27,4	27,2	27,4	27,3	27,3	88	88	89	89	89
20,00-21,00	0,5056	0,5148	1,90	1,90	27,3	27,4	27,6	27,5	27,5	89	89	89	88	89

Data Kualitas Udara Hari Minggu. 9 Mei 2010 (jam 06.00 – 14.00) dan 6 Juni 2010 (jam 14.00 – 21.00)

Waktu	Massa Filter		Flow		Suhu					Kelembaban				
	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	Q _{s1} (m ³ /menit)	Q _{s2} (m ³ /menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T̄ (°C)	Wet ₁ (%)	Wet ₂ (%)	Wet ₃ (%)	Wet ₄ (%)	Wet̄ (%)
06.00-07.00	0,5009	0,5132	1,75	1,75	27,8	26,5	27,4	27,8	27,4	81	94	95	93	91
07.00-08.00	0,4999	0,5160	1,85	1,85	28	29	29,7	29,8	29,1	91	87	87	89	89
08.00-09.00	0,4989	0,5104	1,80	1,70	30	30,3	31,8	33,1	31,3	88	84	79	68	80
09.00-10.00	0,5046	0,5162	1,85	1,75	33,1	33,8	34,5	34,3	33,9	70	68	64	61	66
10.00-11.00	0,5061	0,5190	1,65	1,60	34,7	35,4	35,3	38,7	36,0	65	57	58	50	58
11.00-12.00	0,5034	0,5168	1,80	1,70	40,4	38,7	37,6	38,3	38,8	42	46	50	52	48
12.00-13.00	0,5012	0,5184	1,75	1,60	39,4	37,3	35,4	37,5	37,4	54	48	58	53	53
13.00-14.00	0,5054	0,5180	1,75	1,70	35,9	35,4	34,7	33,6	34,9	53	54	62	65	59
14.00-15.00	0,5006	0,5183	1,75	1,70	31,4	31,7	33,8	33,3	32,6	72	72	66	67	69
15.00-16.00	0,5012	0,5160	1,90	1,85	32,9	32,8	33,1	32,7	32,9	67	67	66	67	67
16.00-17.00	0,5009	0,5091	1,85	1,80	32,5	32,7	31,6	31,4	32,1	67	68	72	72	70
17.00-18.00	0,4968	0,5064	1,85	1,85	31	30,6	30,3	30,3	30,6	74	76	78	77	76
18.00-19.00	0,5032	0,5118	1,85	1,80	29,7	29,1	29,2	29,1	29,3	80	83	82	83	82
19.00-20.00	0,4978	0,5108	1,90	1,80	29,1	29,2	29	29	29,1	84	84	87	87	86
20.00-21.00	0,4987	0,5089	1,80	1,80	28,8	29	28,7	28,7	28,8	91	89	91	91	91

Data Kualitas Udara Hari Selasa. 11 Mei 2010 (jam 06.00 – 14.00) dan 8 Juni 2010 (jam 14.00 – 21.00)

Waktu	Massa Filter		Flow		Suhu					Kelembaban					
	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	Q _{s1} (m ³ /menit)	Q _{s2} (m ³ /menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T̄ (°C)	Wet ₁ (%)	Wet ₂ (%)	Wet ₃ (%)	Wet ₄ (%)	Wet̄ (%)	
06.00-07.00	0,5072	0,5365	1,70	1,55	26,4	26	26,4	26,4	26,3	26,3	95	92	90	87	91
07.00-08.00	0,4986	0,5353	1,80	1,70	29	30	30,1	30,3	29,9	29,9	85	82	80	79	82
08.00-09.00	0,4995	0,5313	1,70	1,60	31,3	33,9	32,2	32,6	32,5	32,5	74	65	71	69	70
09.00-10.00	0,5021	0,5131	1,80	1,70	34,1	37,8	38,7	34,9	36,4	36,4	65	55	48	59	57
10.00-11.00	0,5000	0,5171	1,65	1,55	35,3	41	37,2	36,9	37,6	37,6	59	41	50	53	51
11.00-12.00	0,4957	0,5085	1,80	1,70	34,8	36	37,8	33,6	35,6	35,6	59	55	53	64	58
12.00-13.00	0,4981	0,5103	1,65	1,55	32,5	32,7	32,4	32,3	32,5	32,5	70	71	68	71	70
13.00-14.00	0,4977	0,5155	1,75	1,70	32,1	37,5	33,1	30,3	33,3	33,3	71	75	70	68	71
14.00-15.00	0,4997	0,5058	1,75	1,75	30,1	30,7	29,9	29,8	30,1	30,1	78	72	74	75	75
15.00-16.00	0,5004	0,5101	1,80	1,80	29,4	29,3	29,2	28,9	29,2	29,2	76	77	77	82	78
16.00-17.00	0,4999	0,5083	1,85	1,85	28,5	28	27,7	27,6	28,0	28,0	82	84	85	86	84
17.00-18.00	0,5011	0,5044	1,90	1,90	27,2	26,8	26,7	26,6	26,8	26,8	93	95	94	94	94
18.00-19.00	0,4999	0,5053	1,90	1,85	26,3	26,4	26,7	26,6	26,5	26,5	94	95	94	94	94
19.00-20.00	0,5012	0,5071	1,80	1,80	26,5	26,6	26,4	26,5	26,5	26,5	92	92	91	92	92
20.00-21.00	0,5001	0,5055	1,90	1,85	26,3	26,2	26,1	26,1	26,2	26,2	93	91	91	93	92

Data Kualitas Udara Hari Rabu. 12 Mei 2010 (jam 06.00 – 15.00) dan 9 Juni 2010 (jam 15.00 – 21.00)

Waktu	Massa Filter		Flow		Suhu					Kelembaban				
	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	Q _{s1} (m ³ /menit)	Q _{s2} (m ³ /menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T̄ (°C)	Wet ₁ (%)	Wet ₂ (%)	Wet ₃ (%)	Wet ₄ (%)	Wet̄ (%)
06.00-07.00	0,4974	0,5070	1,75	1,75	26,2	25,8	25,8	26,1	26,0	95	95	95	95	95
07.00-08.00	0,4999	0,5229	1,85	1,75	27	27,7	28,1	28,7	27,9	95	95	94	93	94
08.00-09.00	0,4988	0,5141	1,70	1,65	29,3	29,9	30	30	29,8	85	84	85	83	84
09.00-10.00	0,5012	0,5145	1,80	1,75	30,4	30,9	31	31,5	31,0	86	82	82	81	83
10.00-11.00	0,5016	0,5065	1,65	1,55	31,7	31,5	31,7	31,5	31,6	78	81	71	76	77
11.00-12.00	0,5018	0,5090	1,80	1,80	31,4	32	33,9	35,3	33,2	79	70	67	67	71
12.00-13.00	0,4973	0,5027	1,75	1,70	35,2	36,5	35,3	35	35,5	64	62	63	65	64
13.00-14.00	0,4975	0,5020	1,80	1,80	36	35,1	34	32,1	34,3	66	67	66	73	68
14.00-15.00	0,4978	0,5055	1,85	1,80	31,8	30,3	30	31,8	31,0	75	75	78	80	77
15.00-16.00	0,4975	0,5051	1,85	1,85	30,8	30,7	31,8	31,8	31,3	78	79	72	68	74
16.00-17.00	0,4959	0,5150	1,85	1,80	31,9	31,7	31,2	30,3	31,3	68	71	69	73	70
17.00-18.00	0,4999	0,5220	1,80	1,80	30,1	30	30,3	30	30,1	75	73	73	74	74
18.00-19.00	0,4999	0,5198	1,80	1,70	29,8	29,4	29,4	29,4	29,5	73	76	77	77	76
19.00-20.00	0,5061	0,5340	1,85	1,80	29,3	29,3	28,8	28	28,9	80	79	81	82	81
20.00-21.00	0,5062	0,5204	1,80	1,80	28	27,9	27,9	27,7	27,9	83	88	89	90	88

Data Transportasi Hari Sabtu. 8 Mei 2010 jam 06.00-14.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
06	15	989	239	21	240	143	9
	30	1.076	233	12	328	156	16
	45	1.227	210	22	433	185	4
07	00	1.131	233	9	442	228	19
	Total	4.423	915	64	1.443	712	48
	15	1.302	304	18	468	208	9
	30	1.429	294	20	564	263	18
	45	1.844	346	25	581	227	19
	08	00	1.179	343	12	618	288
Total		5.754	1.287	75	2.431	986	58
15		1.535	314	13	642	217	22
	30	1.191	294	16	793	384	25
	45	1.130	417	18	621	300	22
	09	00	1.085	363	28	676	328
Total		4.941	1.388	75	2.732	1.229	85
15		916	408	34	683	288	17
	30	770	328	4	707	346	20
	45	785	348	13	765	366	25
	10	00	724	283	14	696	379
Total		3.195	1.367	65	2.851	1.379	87
15		715	301	12	672	363	30
	30	859	302	13	861	421	26
	45	1.087	477	24	701	253	18
	11	00	817	396	13	701	288
Total		3.478	1.476	62	2.935	1.325	90
15		881	358	16	656	339	16
	30	1.023	458	15	658	332	20
	45	845	374	15	772	294	16
	12	00	539	338	13	694	308
Total		3.288	1.528	59	2.780	1.273	73
15		846	434	15	863	395	36
	30	820	374	26	522	204	13
	45	767	270	16	800	310	20
	13	00	931	359	17	827	313
Total		3.364	1.437	148	3.012	1.222	90
15		851	340	18	673	279	19
	30	691	277	29	580	183	27
	45	798	353	27	587	133	11
	14	00	871	412	19	713	217
Total		3.211	1.382	75	2.533	812	80

Data Transportasi Hari Sabtu. 5 Juni 2010 jam 14.00-21.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
	15	663	414	27	581	213	11
	30	570	386	19	608	419	21
	45	629	401	21	533	300	15
15	00	697	453	29	714	329	29
Total		2.559	1.654	96	2.436	1.261	76
	15	593	370	23	896	463	28
	30	603	395	27	814	498	18
	45	637	413	17	1.025	403	19
16	00	598	387	21	831	423	17
Total		2.431	1.565	88	3.566	1.787	82
	15	693	383	24	1.170	534	18
	30	786	375	33	1.320	513	15
	45	753	369	29	1.008	510	19
17	00	776	384	31	1.113	483	22
Total		3.008	1.511	117	4.611	2.040	74
	15	636	462	33	1.389	615	12
	30	675	516	12	1.039	553	16
	45	867	510	23	1.063	451	13
18	00	849	497	21	1.237	502	18
Total		3.027	1.985	89	4.728	2.121	59
	15	1113	426	20	729	363	11
	30	797	447	16	1.125	536	17
	45	873	475	21	1.217	417	9
19	00	896	483	19	813	511	11
Total		3.679	1.831	76	3.884	1.827	48
	15	749	420	30	1.172	513	18
	30	761	397	28	893	411	19
	45	753	401	23	768	483	11
20	00	711	393	19	613	387	7
Total		2.974	1.611	100	3.446	1.794	55
	15	769	367	21	997	538	17
	30	719	427	15	1.093	439	18
	45	607	367	8	969	399	3
21	00	529	347	5	1.087	361	8
Total		2.624	1.508	49	4.146	1.737	46

Data Transportasi Hari Minggu. 9 Mei 2010 jam 06.00-14.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
06	15	619	185	11	297	158	6
	30	610	203	12	385	192	8
	45	678	147	9	402	153	9
07	00	641	228	16	428	183	5
	Total	2.548	763	48	1.512	686	28
	15	619	224	29	462	225	12
	30	639	244	14	484	225	13
	45	718	235	10	640	263	20
	08	00	642	248	14	582	289
Total		2.618	951	67	2.168	1.002	61
15		731	314	13	674	268	29
	30	662	290	26	636	293	12
	45	670	345	14	709	372	17
	09	00	606	347	11	583	302
Total		2.669	1.296	64	2.602	1.235	70
15		578	311	14	768	347	14
	30	622	325	11	496	258	12
	45	726	321	9	713	337	14
	10	00	542	295	7	600	320
Total		2.468	1.252	41	2.577	1.262	55
15		640	334	12	744	403	21
	30	743	312	12	570	312	13
	45	622	417	8	717	332	16
	11	00	761	363	11	722	476
Total		2.766	1.426	43	2.753	1.523	73
15		830	444	11	734	399	23
	30	622	437	14	767	437	12
	45	600	402	14	524	283	11
	12	00	630	432	15	646	312
Total		2682	1.715	54	2.671	1.431	58
15		704	392	18	613	362	17
	30	933	442	22	596	435	21
	45	752	491	13	679	558	16
	13	00	666	420	19	727	348
Total		3055	1.745	72	2.615	1.703	67
15		750	455	13	672	310	10
	30	706	356	16	679	291	19
	45	825	434	10	713	400	16
	14	00	756	423	10	453	470
Total		3037	1.668	49	2.517	1.471	63

Data Transportasi Hari Minggu. 6 Juni 2010 jam 14.00-21.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
	15	773	357	21	823	513	19
	30	827	397	19	880	576	19
	45	759	423	20	1.013	518	10
15	00	773	457	11	1.018	597	18
	Total	3.132	1.634	71	3.734	2.204	66
	15	729	503	13	983	513	24
	30	713	549	12	877	562	15
	45	549	479	19	842	517	21
16	00	552	486	20	914	538	16
	Total	2.543	2.017	64	3.616	2.130	76
	15	900	438	12	1.008	498	15
	30	726	413	23	945	437	19
	45	792	480	19	895	402	21
17	00	778	467	17	813	421	13
	Total	3.196	1.798	71	3.661	1.758	68
	15	739	455	27	1.082	550	12
	30	718	528	15	958	494	21
	45	779	438	17	946	498	16
18	00	751	468	14	1.003	538	8
	Total	2.987	1.889	73	3.989	2.080	57
	15	829	493	13	869	473	9
	30	937	465	11	813	453	12
	45	993	497	13	722	446	11
19	00	1.010	501	17	837	489	16
	Total	3.425	1.798	48	3.118	1.752	39
	15	957	486	9	731	443	6
	30	889	459	15	913	497	12
	45	792	443	13	781	413	8
20	00	787	410	11	693	399	13
	Total	3.425	1.798	48	3.118	1.752	39
	15	756	379	9	831	376	18
	30	709	361	11	639	389	9
	45	699	352	13	710	291	11
21	00	691	348	10	613	413	3
	Total	2.855	1.440	43	2.793	1.469	41

Data Transportasi Hari Selasa. 11 Mei 2010 jam 06.00-14.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
06	15	1.953	333	29	279	133	5
	30	2.043	373	27	449	174	17
	45	2.188	363	28	594	211	13
07	00	2.275	366	21	624	256	14
	Total	8.459	1.435	105	1.946	774	49
	15	2.054	309	18	512	243	13
	30	2.336	372	19	649	280	18
	45	2.109	413	17	773	188	16
	08	00	1.790	454	11	625	227
Total		8.289	1.548	65	2.559	938	70
15		1.924	408	18	710	308	25
	30	1.583	439	17	693	200	22
	45	1.532	374	12	598	221	25
	09	00	1.168	341	16	625	257
Total		6.207	1.562	63	2.626	986	98
15		1.018	309	18	597	234	20
	30	1.137	363	19	662	159	19
	45	1.508	242	11	531	233	28
	10	00	707	439	13	678	333
Total		4.370	1.353	61	2.468	959	87
15		1.098	306	23	554	264	27
	30	950	299	16	566	303	37
	45	852	304	25	638	308	31
	11	00	943	277	20	621	210
Total		3.843	1.186	84	2.379	1.085	133
15		793	288	20	595	280	28
	30	843	252	16	727	359	35
	45	892	327	22	635	306	30
	12	00	893	313	23	568	266
Total		3.421	1.180	81	2.525	1.211	126
15		982	298	21	666	349	45
	30	701	223	25	470	304	45
	45	829	305	21	719	376	37
	13	00	1.064	237	25	608	334
Total		3.576	1.063	92	2.463	1.363	149
15		1.075	353	21	638	348	24
	30	868	387	48	687	358	35
	45	540	271	12	592	302	26
	14	00	770	212	20	613	314
Total		3.253	1.223	101	2.530	1.322	131

Data Transportasi Hari Selasa. 8 Juni 2010 jam 14.00-21.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
	15	740	379	27	788	336	2
	30	699	343	35	793	401	17
	45	594	376	21	829	463	28
15	00	657	557	24	846	408	31
Total		2.690	1.655	107	3.256	1.608	78
	15	653	347	19	902	466	34
	30	527	372	20	1.032	382	20
	45	561	390	32	910	434	32
16	00	558	343	37	1.004	454	10
Total		2.299	1.452	108	3.848	1.736	96
	15	624	398	39	1.076	501	37
	30	503	382	31	1.102	511	336
	45	678	379	29	1.130	545	17
17	00	596	357	25	1.003	481	18
Total		2.401	1.516	124	4.311	2.038	408
	15	339	333	23	958	501	10
	30	465	349	27	1.236	448	29
	45	546	273	26	1.487	385	13
18	00	624	296	15	1.492	434	18
Total		1.974	1.251	91	5.173	1.768	70
	15	386	287	15	1.512	453	21
	30	792	293	26	1.725	467	27
	45	676	287	19	1.672	349	23
19	00	615	250	16	1.515	390	18
Total		2.469	1.117	76	6.424	1.659	89
	15	570	215	18	1.384	486	14
	30	498	210	21	1.287	445	21
	45	477	198	17	1.319	456	13
20	00	501	210	21	1.816	548	23
Total		2.046	833	77	5.806	1.935	71
	15	477	222	20	1.494	388	24
	30	457	237	13	1.385	412	10
	45	445	264	14	1.217	412	8
21	00	540	249	9	1.282	377	11
Total		1.919	972	56	5.378	1.589	53

Data Transportasi Hari Rabu. 12 Mei 2010 jam 06.00-14.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok			
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus	
06	15	1.781	313	28	310	115	10	
	30	1.800	329	31	342	139	13	
	45	1.647	265	16	537	207	12	
07	00	1.897	434	11	600	195	18	
	Total		7.125	1.341	86	1.789	656	53
	15	1.741	345	22	537	234	13	
	30	2.043	382	14	663	251	12	
	45	1.510	392	19	721	270	22	
	08	00	1.538	425	12	756	261	16
Total		6.832	1.544	67	2.677	1.016	63	
15		1.498	391	17	663	225	18	
	30	1.650	442	26	895	265	23	
	45	1.620	396	62	699	302	23	
	09	00	1.415	392	15	729	342	21
Total		6.183	1.621	120	2.986	1.134	85	
15		1.499	350	21	597	345	28	
	30	1.003	344	24	632	355	22	
	45	1.315	388	14	594	352	31	
	10	00	1.020	366	26	561	361	40
Total		4.837	1.448	85	2.384	1.413	121	
15		1.042	345	16	550	337	24	
	30	905	299	22	587	324	37	
	45	652	331	24	566	261	40	
	11	00	625	347	25	565	311	44
Total		3.224	1.322	87	2.268	1.233	145	
15		832	319	22	555	347	40	
	30	922	343	38	584	350	42	
	45	936	348	32	589	343	39	
	12	00	681	323	34	510	292	33
Total		3.371	1.333	126	2.238	1.332	154	
15		706	284	28	533	322	31	
	30	680	281	20	604	258	37	
	45	761	319	29	602	264	36	
	13	00	701	363	24	592	355	40
Total		2.848	1.247	101	2.331	1.199	144	
15		810	340	33	444	330	24	
	30	853	343	29	507	344	33	
	45	1.098	322	18	558	354	36	
	14	00	884	306	36	904	250	19
Total		3.645	1.311	116	2.413	1.278	112	

Data Transportasi Hari Rabu. 9 Juni 2010 jam 14.00-21.00

Waktu		Jalur Menuju Jakarta			Jalur Menuju Depok		
Jam	Menit	Motor	Mobil Penumpang	Bus	Motor	Mobil Penumpang	Bus
	15	819	297	37	494	344	22
	30	734	350	23	436	313	28
	45	767	332	38	630	304	37
15	00	756	314	29	601	300	24
Total		3.076	1.293	127	2.161	1.261	111
	15	693	379	27	853	421	22
	30	725	362	23	972	453	18
	45	701	381	29	997	538	10
16	00	682	314	28	1.036	411	21
Total		2.801	1.436	107	3.858	1.823	71
	15	559	333	30	1.090	398	28
	30	858	359	33	1.229	438	30
	45	837	414	27	1.237	457	33
17	00	829	397	31	1.188	431	24
Total		3.083	1.503	121	4.744	1.724	115
	15	793	338	30	1.251	441	21
	30	786	331	36	1.464	514	29
	45	688	294	27	1.439	447	18
18	00	659	297	17	1.613	433	33
Total		2.926	1.260	110	5.767	1.835	101
	15	654	261	15	1.461	445	26
	30	629	335	18	1.765	577	24
	45	864	396	9	1.891	509	11
19	00	618	225	18	1.697	421	27
Total		2.765	1.217	60	6.814	1.952	88
	15	651	323	27	1.679	435	24
	30	657	297	24	1.531	483	11
	45	633	276	11	1.483	463	19
20	00	597	228	9	1.426	413	28
Total		2.538	1.124	71	6.119	1.794	82
	15	531	294	18	1.401	450	15
	30	578	273	13	1.283	438	17
	45	621	309	12	1.613	519	19
21	00	678	295	9	1.178	402	8
Total		2.408	1.171	52	5.475	1.809	59



LAMPIRAN C
CONTOH PERHITUNGAN

1. Perhitungan Konsentrasi TSP

Langkah untuk mengukur konsentrasi TSP dalam udara ambien telah dituliskan pada lampiran A. Berikut ini akan dituliskan contoh perhitungan konsentrasi TSP yang hasilnya dapat dilihat di bab 5. Langkah-langkah perhitungan:

a. Koreksi laju alir pada kondisi standar

Koreksi laju alir diperlukan karena terdapat kemungkinan laju alir saat penelitian dilakukan tidak dalam keadaan normal/standar (dipengaruhi tekanan dan suhu saat pengambilan data dilakukan). Koreksi laju alir yang digunakan dalam perhitungan konsentrasi TSP dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q_s = Q_o \times \left[\frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dimana:

Q_s = laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (m^3 /menit)

Q_o = laju alir volume uji (m^3 /menit)

T_s = temperatur standar (298 K)

T_o = temperatur absolut (K) dimana Q_o °C ditentukan

P_s = tekanan barometrik standar (101,3 kPa / 760 mmHg)

P_o = tekanan barometrik dimana Q_o ditentukan

b. Menghitung volume udara yang diambil.

Volume contoh uji udara dihitung menggunakan rumus:

$$V = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} \times T$$

Dimana:

V = volume udara yang diambil (m^3)

Q_{s1} = laju alir awal terkoreksi pada awal pengukuran (m^3 /menit)

Q_{s2} = laju alir akhir terkoreksi pada akhir pengukuran (m^3 /menit)

T = durasi pengambilan contoh uji (menit)

c. Menghitung konsentrasi Total Suspended Particulate dalam udara ambient

Rumus yang digunakan untuk mencari konsentrasi TSP dalam contoh uji adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V}$$

Dimana:

C = konsentrasi Total Suspended Particulate ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

W_1 = berat filter awal (g)

W_2 = berat filter akhir (g)

V = volume contoh uji udara (m^3)

10^6 = konversi g ke μg

Berikut ini adalah contoh perhitungan menggunakan data kualitas udara pada hari Sabtu 8 Mei 2010 pada jam 06.00-07.00. Dari pengukuran di lapangan, didapatkan data-data sebagai berikut:

No	Parameter	Besar
1	Massa Filter (gr)	
	Awal. W_1	0,4994
	Akhir. W_2	0,5160
2	Flow (m^3/menit)	
	Awal. Q_{o1}	1,80
	Akhir. Q_{o2}	1,80
3	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	
	T_1	28,6
	T_2	27,7
	T_3	27,8
	T_4	28,5
	\bar{T}	28,2
4	Kelembaban (%)	
	Wet_1	82
	Wet_2	84
	Wet_3	88
	Wet_4	88
	\bar{Wet}	86
5	Durasi pengukuran (menit)	
	T	60
6	Tekanan (atm)	
	P_o	1

Nilai TSP pada jam tersebut adalah:

a. Koreksi laju alir

$$Q_{s1} = 1,80 \times \left[\frac{298 \times 1}{301,2 \times 1} \right]^{\frac{1}{2}} = 1,791 \text{ Nm}^3/\text{menit}$$

b. Volume udara yang diambil

$$V = \frac{1,791 + 1,791}{2} \times 60 = 107,46 \text{ Nm}^3$$

c. Konsentrasi TSP

$$C = \frac{(0,5160 - 0,4994) \times 10^6}{107,4} = 154,5139 \mu\text{g/Nm}^3$$

2. Perhitungan Volume Kendaraan

Berikut ini akan dituliskan volume kendaraan yang dicari dengan menghitung jumlah kendaraan per moda yang lewat selama 1 jam. kemudian mengalikannya dengan faktor smp. Hasil perhitungan dapat dilihat di bab 5. Besar faktor smp untuk tiap moda kendaraan adalah:

Moda Kendaraan	Nilai smp
Motor	0,3
Mobil Penumpang	1
Bus	2

Contoh perhitungan volume kendaraan hari Sabtu 8 Mei 2010 pada jam 06.00-07.00:

a. Kendaraan di jalur menuju Jakarta

- $Volume\ motor = 4.423 \times 0,3 = 1.327 \text{ smp/jam}$
- $Volume\ mobil = 915 \times 1 = 915 \text{ smp/jam}$
- $Volume\ Bus = 64 \times 2 = 128 \text{ smp/jam}$
- **Volume total kendaraan jalur menuju Jakarta pada jam 06.00-07.00 = 2.370 smp/jam**

b. Kendaraan di jalur menuju Depok

- $Volume\ motor = 1.443 \times 0,3 = 433 \text{ smp/jam}$
- $Volume\ mobil = 712 \times 1 = 712 \text{ smp/jam}$
- $Volume\ Bus = 48 \times 2 = 96 \text{ smp/jam}$
- **Volume total kendaraan jalur menuju Depok pada jam 06.00-07.00 = 1.241 smp/jam**

c. Volume kendaraan total 2 jalur = $2.370 + 1.241 = 3.611 \text{ smp/jam}$

3. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 3 Variabel Bebas

Analisa regresi linear berganda yang akan dibahas meliputi 3 variabel bebas yaitu motor (x_1), mobil (x_2), dan bus (x_3), serta 1 variabel tak bebas yaitu konsentrasi TSP (y).

Bentuk umum persamaan regresi linear berganda untuk tiga variabel bebas adalah:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

Dimana:

y = Konsentrasi TSP	a = Konstanta
x_1 = Volume motor	b_1 = gradien ke-1
x_2 = Volume mobil	b_2 = gradien ke-2
x_3 = Volume bus	b_3 = gradient ke-3

Nilai a , b_1 , b_2 , dan b_3 didapatkan dengan menyelesaikan 4 persamaan berikut:

$$n a + b_1 \Sigma x_1 + b_2 \Sigma x_2 + b_3 \Sigma x_3 = \Sigma y$$

$$a \Sigma x_1 + b_1 \Sigma x_1^2 + b_2 \Sigma x_1 x_2 + b_3 \Sigma x_1 x_3 = \Sigma x_1 y$$

$$a \Sigma x_2 + b_1 \Sigma x_1 x_2 + b_2 \Sigma x_2^2 + b_3 \Sigma x_2 x_3 = \Sigma x_2 y$$

$$a \Sigma x_3 + b_1 \Sigma x_1 x_3 + b_2 \Sigma x_2 x_3 + b_3 \Sigma x_3^2 = \Sigma x_3 y$$

Sedangkan nilai koefisien determinasi (R^2) dari sampel untuk regresi linear berganda dicari dengan rumus:

$$R^2 = 1 - \frac{JKG}{(n-1)s^2_y}$$

Dimana:

$$s^2_y = \frac{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}{n(n-1)}$$

$$JKG = \Sigma y^2 - a \Sigma y - b_1 \Sigma x_1 y - b_2 \Sigma x_2 y - b_3 \Sigma x_3 y$$

Nilai koefisien korelasi adalah akar positif dari koefisien determinasi, yaitu:

$$r = \sqrt{R^2}$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan regresi dan koefisien korelasi linear berganda dengan variabel motor (x_1), mobil (x_2), bus (x_3), dan konsentrasi TSP (y) di jalur menuju Jakarta pada hari Sabtu.

x_1	x_2	x_3	y	x_1^2	x_1x_2	x_1x_3	x_2^2	x_2x_3	x_3^2	x_1y	x_2y	x_3y	y^2
1.327	915	128	154,5139	1.760.664	1.214.114	169.843	837.225	117.120	16.384	205.025	141.380	19.778	23.875
1.726	1.287	150	216,8240	2.979.766	2.221.619	258.930	1.656.369	193.050	22.500	374.282	279.052	32.524	47.013
1.482	1.388	150	140,1037	2.197.213	2.057.432	222.345	1.926.544	208.200	22.500	207.676	194.464	21.016	19.629
959	1.367	130	163,1755	918.722	1.310.270	124.605	1.868.689	177.710	16.900	156.404	223.061	21.213	26.626
1.043	1.476	124	140,9626	1.088.684	1.540.058	129.382	2.178.576	183.024	15.376	147.080	208.061	17.479	19.870
986	1.528	118	123,6426	972.985	1.507.219	116.395	2.334.784	180.304	13.924	121.961	188.926	14.590	15.287
1.009	1.437	148	104,2698	1.018.485	1.450.220	149.362	2.064.969	212.676	21.904	105.229	149.836	15.432	10.872
963	1.382	186	117,6894	927.947	1.331.281	179.174	1.909.924	257.052	34.596	113.370	162.647	21.890	13.851
768	1.654	192	112,4822	589.363	1.269.776	147.398	2.735.716	317.568	36.864	86.353	186.046	21.597	12.652
729	1.565	176	142,1135	531.878	1.141.355	128.357	2.449.225	275.440	30.976	103.643	222.408	25.012	20.196
902	1.511	234	150,8347	814.326	1.363.526	211.162	2.283.121	353.574	54.756	136.113	227.911	35.295	22.751
908	1.985	178	190,2820	824.646	1.802.579	161.642	3.940.225	353.330	31.684	172.795	377.710	33.870	36.207
1.104	1.831	152	102,6202	1.218.154	2.020.875	167.762	3.352.561	278.312	23.104	113.262	187.898	15.598	10.531
892	1.611	200	97,5211	796.021	1.437.334	178.440	2.595.321	322.200	40.000	87.008	157.106	19.504	9.510
787	1.508	98	81,0328	619.684	1.187.098	77.146	2.274.064	147.784	9.604	63.789	122.197	7.941	6.566
$\sum x_1 =$ 15.587	$\sum x_2 =$ 22.445	$\sum x_3 =$ 2.364	$\sum y =$ 2.038,0680	$\sum x_1^2 =$ 17.258.537	$\sum x_1x_2 =$ 22.854.755	$\sum x_1x_3 =$ 2.421.942	$\sum x_2^2 =$ 34.407.313	$\sum x_2x_3 =$ 3.577.344	$\sum x_3^2 =$ 391.072	$\sum x_1y =$ 2.193.990	$\sum x_2y =$ 3.028.702	$\sum x_3y =$ 322.739	$\sum y^2 =$ 295.438

Persamaan yang didapatkan dari tabel di atas adalah:

$$15a + 15.587b_1 + 22.445b_2 + 2.364b_3 = 2.038,068$$

$$15.587a + 17.258.537b_1 + 22.854.755b_2 + 2.421.942b_3 = 2.193.990$$

$$22.445a + 22.854.755b_1 + 34.407.313b_2 + 3.577.344b_3 = 3.028.702$$

$$2.364a + 2.421.942b_1 + 3.577.344b_2 + 391.072b_3 = 322.739$$

Untuk menyelesaikan keempat persamaan di atas. digunakan persamaan matriks $[A][b]=[g]$. dimana nilai $[b]=[A^{-1}][g]$. Bentuk matriks dari persamaan di atas adalah:

$$\begin{bmatrix} 15 & 15.587 & 22.445 & 2.364 \\ 15.587 & 17.258.537 & 22.854.755 & 2.421.942 \\ 22.445 & 22.854.755 & 34.407.313 & 3.577.344 \\ 2.364 & 2.421.942 & 3.577.344 & 391.072 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.038,068 \\ 2.193.990 \\ 3.028.702 \\ 322.739 \end{bmatrix}$$

Perhitungan menggunakan inverse matriks mendapatkan nilai:

$$\begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3,0383 \\ 0,0840 \\ 0,0120 \\ 0,2141 \end{bmatrix}$$

Dengan demikian. persamaan regresi berganda untuk contoh kendaraan di jalur menuju Jakarta pada hari Sabtu adalah:

$$y = -3,0383 + 0,0840x_1 + 0,0120x_2 + 0,2141x_3$$

Nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r) dari persamaan tersebut adalah:

$$s^2_y = \frac{15(295.438) - (2.038,068)^2}{15(15 - 1)} = 1.323,1$$

$$JKG = 295.438 + 3,0383(2.038,068) - 0,0840(2.193.990) - 0,0120(3.028.702) - 0,2141(322.739) = 11.892,3$$

$$R^2 = 1 - \frac{11.892,3}{(15 - 1)1.323,1} = 0,3497$$

$$r = \sqrt{0,3497} = 0,5914$$

4. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 6 Variabel Bebas

Analisa regresi linear berganda yang akan dibahas meliputi 6 variabel bebas yaitu:

- Motor di jalur menuju Jakarta (x_1 atau R₂J)
- Mobil di jalur menuju Jakarta (x_2 atau R₄J)
- Bus di jalur menuju Jakarta (x_3 atau BJ)
- Motor di jalur menuju Depok (x_4 atau R₂D)
- Mobil di jalur menuju Depok (x_5 atau R₄D)
- Bust di jalur menuju Depok (x_6 atau BD)

Bentuk umum persamaan regresi linear berganda untuk 6 variabel bebas adalah:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6$$

Dimana:

y = Konsentrasi TSP

a = Konstanta

b_{1-6} = gradient

x_{1-6} = Variabel bebas

Nilai a dan b_1 sampai b_6 didapatkan dengan menyelesaikan 7 persamaan normal berikut:

$$\begin{aligned}na + b_1\Sigma x_1 + b_2\Sigma x_2 + b_3\Sigma x_3 + b_4\Sigma x_4 + b_5\Sigma x_5 + b_6\Sigma x_6 &= \Sigma y \\a\Sigma x_1 + b_1\Sigma x_1^2 + b_2\Sigma x_1x_2 + b_3\Sigma x_1x_3 + b_4\Sigma x_1x_4 + b_5\Sigma x_1x_5 + b_6\Sigma x_1x_6 &= \Sigma x_1y \\a\Sigma x_2 + b_1\Sigma x_1x_2 + b_2\Sigma x_2^2 + b_3\Sigma x_2x_3 + b_4\Sigma x_2x_4 + b_5\Sigma x_2x_5 + b_6\Sigma x_2x_6 &= \Sigma x_2y \\a\Sigma x_3 + b_1\Sigma x_1x_3 + b_2\Sigma x_2x_3 + b_3\Sigma x_3^2 + b_4\Sigma x_3x_4 + b_5\Sigma x_3x_5 + b_6\Sigma x_3x_6 &= \Sigma x_3y \\a\Sigma x_4 + b_1\Sigma x_1x_4 + b_2\Sigma x_2x_4 + b_3\Sigma x_3x_4 + b_4\Sigma x_4^2 + b_5\Sigma x_4x_5 + b_6\Sigma x_4x_6 &= \Sigma x_4y \\a\Sigma x_5 + b_1\Sigma x_1x_5 + b_2\Sigma x_2x_5 + b_3\Sigma x_3x_5 + b_4\Sigma x_4x_5 + b_5\Sigma x_5^2 + b_6\Sigma x_5x_6 &= \Sigma x_5y \\a\Sigma x_6 + b_1\Sigma x_1x_6 + b_2\Sigma x_2x_6 + b_3\Sigma x_3x_6 + b_4\Sigma x_4x_6 + b_5\Sigma x_5x_6 + b_6\Sigma x_6^2 &= \Sigma x_6y\end{aligned}$$

Sedangkan nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi dari sampel untuk regresi linear berganda 6 variabel dicari menggunakan rumus yang sama seperti contoh perhitungan pada poin 3 dengan:

$$JKG = \Sigma y^2 - a\Sigma y - b_1\Sigma x_1y - b_2\Sigma x_2y - b_3\Sigma x_3y - b_4\Sigma x_4y - b_5\Sigma x_5y - b_6\Sigma x_6y$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan regresi dan koefisien korelasi linear berganda dengan 6 variabel bebas pada hari Sabtu

Σ	I	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Y
I	-	15.587	22.445	2.364	14.206	21.505	2.114	2.038
x_1	15.587	17.258.537	22.854.755	2.421.942	14.220.621	21.466.676	2.188.243	2.193.990
x_2	22.445	22.854.755	34.407.313	3.577.344	21.958.463	33.320.190	3.152.590	3.028.702
x_3	2.364	2.421.942	3.577.344	391.072	2.284.248	3.467.310	334.848	322.739
x_4	14.206	14.220.621	21.958.463	2.284.248	14.489.969	21.916.924	1.979.464	1.911.954
x_5	21.505	21.466.676	33.320.190	3.467.310	21.916.924	33.437.269	2.987.148	2.898.444
x_6	2.114	2.188.243	3.152.590	334.848	1.979.464	2.987.148	312.100	289.036
Y	2.038	2.193.990	3.028.702	322.739	1.911.954	2.898.444	289.036	295.438

*Contoh cara membaca variabel dari tabel di atas:

- $\Sigma x_1 = 15.587$
- $\Sigma x_1 x_2 = 22.854.755$
- $\Sigma x_1 y = 2.193.990$
- dst

Persamaan yang didapatkan dari tabel di atas adalah:

$$\begin{aligned}
 15a + 15587b_1 + 22445b_2 + 2364b_3 + 14206b_4 + 21505b_5 + 2114b_6 &= 2038 \\
 15587a + 17258537b_1 + 22854755b_2 + 2421942b_3 + 14220621b_4 + 21466676b_5 + 2188243b_6 &= 2193990 \\
 22445a + 22854755b_1 + 34407313b_2 + 3577344b_3 + 21958463b_4 + 33320190b_5 + 3152590b_6 &= 3028702 \\
 2364a + 2421942b_1 + 3577344b_2 + 391072b_3 + 2284248b_4 + 3467310b_5 + 334848b_6 &= 322739 \\
 14206a + 14220621b_1 + 21958463b_2 + 2284248b_3 + 14489969b_4 + 21916924b_5 + 1979464b_6 &= 1911954 \\
 21505a + 21466676b_1 + 33320190b_2 + 3467310b_3 + 21916924b_4 + 33437269b_5 + 2987148b_6 &= 2898444 \\
 2114a + 2193990b_1 + 3152590b_2 + 334848b_3 + 1979464b_4 + 2987148b_5 + 312100b_6 &= 289036
 \end{aligned}$$

Untuk menyelesaikan persamaan di atas. digunakan persamaan matriks $[A][b]=[g]$. dimana nilai $[b]=[A^{-1}][g]$. Bentuk matriks dari persamaan di atas adalah:

15	15.587	22.445	2.364	14.206	21.505	2.114	a	2.038
15.587	17.258.537	2.285.4755	2.421.942	14.220.621	21.466.676	2.188.243	b ₁	2.193.990
22.445	22.854.755	34.407.313	3.577.344	21.958.463	33.320.190	3.152.590	b ₂	3.028.702
2.364	2.421.942	3.577.344	391.072	2.284.248	3.467.310	334.848	b ₃	= 322.739
14.206	14.220.621	21.958.463	2.284.248	14.489.969	21.916.924	1.979.464	b ₄	1.911.954
21.505	21.466.676	33.320.190	3.467.310	21.916.924	33.437.269	2.987.148	b ₅	2.898.444
2.114	2.188.243	3.152.590	334.848	1.979.464	2.987.148	312.100	b ₆	289.036

Perhitungan menggunakan inverse matriks mendapatkan nilai:

a	-40,1736
b ₁	0,0962
b ₂	-0,0158
b ₃	0,1442
b ₄	-0,0253
b ₅	0,0453
b ₆	0,2550

Dengan demikian. persamaan regresi berganda 6 variabel untuk contoh pada hari Sabtu adalah:

$$y = -40.1736 + 0.0962x_1 - 0.0158x_2 + 0.1442x_3 - 0.0253x_4 + 0.0453x_5 + 0.2550x_6$$

Nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r) dari persamaan tersebut adalah:

$$s^2_y = \frac{15(295.438) - (2.038)^2}{15(15 - 1)} = 1.324,4095$$

$$JKG = 295.438 + 40,1736(2.038) - 0,0962(2.193.990) + 0,0158(3.028.702) - 0,1442(322.739) + 0,0253(1.911.954) - 0,0453(2.898.444) - 0,2550(289.036) = 10.933,2296$$

$$R^2 = 1 - \frac{10.933,2296}{(15 - 1)1.324,4095} = 0,4177$$

$$r = \sqrt{0,4177} = 0,6463$$

5. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda Dengan 2 Variabel Bebas

Analisa regresi linear berganda yang akan dibahas meliputi 2 variabel bebas yaitu volume kendaraan total tanpa memperhatikan jenis kendaraan yang melintas di jalur menuju Jakarta (x_1) dan jalur menuju Depok (x_2). serta 1 variabel tak bebas yaitu konsentrasi TSP (y).

Bentuk umum persamaan regresi linear berganda untuk tiga variabel bebas adalah:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

Dimana:

y = Konsentrasi TSP

a = Konstanta

x_1 = Volume kendaraan di jalur menuju Jakarta

x_2 = Volume kendaraan di jalur menuju Depok

Nilai a , b_1 , dan b_2 didapatkan dengan menyelesaikan 3 persamaan normal berikut:

$$n a + b_1 \Sigma x_1 + b_2 \Sigma x_2 = \Sigma y$$

$$a \Sigma x_1 + b_1 \Sigma x_1^2 + b_2 \Sigma x_1 x_2 = \Sigma x_1 y$$

$$a \Sigma x_2 + b_1 \Sigma x_1 x_2 + b_2 \Sigma x_2^2 = \Sigma x_2 y$$

Sedangkan nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi dari sampel untuk regresi linear berganda 6 variabel dicari menggunakan rumus yang sama seperti contoh perhitungan pada poin 3 dengan:

$$JKG = \Sigma y^2 - a \Sigma y - b_1 \Sigma x_1 y - b_2 \Sigma x_2 y - b_3 \Sigma x_3 y - b_4 \Sigma x_4 y - b_5 \Sigma x_5 y - b_6 \Sigma x_6 y$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan regresi dan koefisien korelasi linear berganda dengan 2 variabel bebas pada hari Sabtu

Σ	1	x_1	x_2	y
1	-	40.396	37.825	2.038
x_1	40.396	109.765.004	102.393.189	5.545.431
x_2	37.825	102.393.189	102.006.411	5.099.434
y	2.038	5.545.431	5.099.434	295.438

Bentuk matriks untuk menyelesaikan solusi tersebut adalah:

$$\begin{bmatrix} 15 & 40.396 & 37.825 \\ 40.396 & 109.765.004 & 102.393.189 \\ 37.825 & 102.393.189 & 102.006.411 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.038 \\ 5.545.431 \\ 5.099.434 \end{bmatrix}$$

Perhitungan menggunakan inverse matriks mendapatkan nilai

$$\begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -8,8339 \\ 0,0642 \\ -0,0111 \end{bmatrix}$$

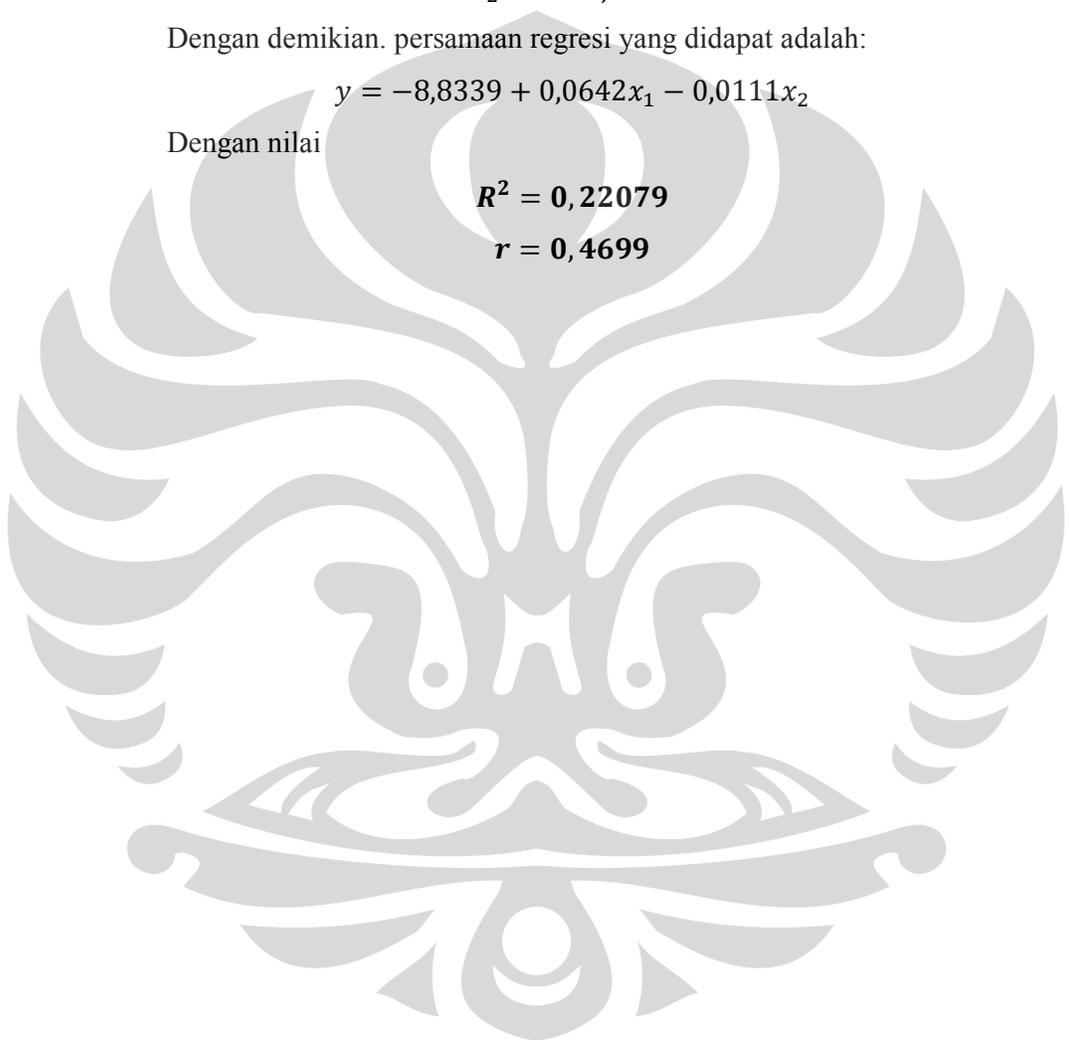
Dengan demikian, persamaan regresi yang didapat adalah:

$$y = -8,8339 + 0,0642x_1 - 0,0111x_2$$

Dengan nilai

$$R^2 = 0,22079$$

$$r = 0,4699$$



6. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Sederhana

Bentuk umum dari persamaan regresi linear sederhana adalah:

$$Y = a + bX$$

Dimana:

X = Volume kendaraan

Y = Konsentrasi TSP

a = Konstanta

b = gradient (kemiringan)

Nilai a dan b dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

Sedangkan kekuatan hubungan (korelasi. r) antar kedua variabel ditentukan dengan nilai:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Dimana jika:

- $r = 1$. menunjukkan korelasi sempurna
- $-1 < r \leq -0,5$ atau $0,5 \leq r < 1$. menunjukkan korelasi yang kuat
- $-0,5 < r < 0,5$. $r \neq 0$ menunjukkan korelasi yang lemah
- $r = 0$. tidak menunjukkan korelasi sama sekali

Berikut ini adalah contoh perhitungan regresi dan korelasi linear sederhana dengan variabel volume kendaraan total di jalur menuju Jakarta (x) dan konsentrasi TSP (y) pada hari Sabtu.

Jam	Volume Kendaraan (x)	Konsentrasi TSP (y)	xy	x ²	y ²
06.00-07.00	2.370	154,5139	366.182,6	5.616.426	23.874,5541
07.00-08.00	3.163	216,8240	685.857,7	10.005.834	47.012,6507
08.00-09.00	3.020	140,1037	423.155,3	9.122.212	19.629,0511
09.00-10.00	2.456	163,1755	400.677,5	6.029.480	26.626,2546
10.00-11.00	2.643	140,9626	372.620,4	6.987.564	19.870,4406
11.00-12.00	2.632	123,6426	325.476,7	6.929.530	15.287,4860
12.00-13.00	2.594	104,2698	270.496,8	6.729.874	10.872,2001
13.00-14.00	2.531	117,6894	297.907,2	6.407.480	13.850,7927
14.00-15.00	2.614	112,4822	293.994,8	6.831.428	12.652,2496
15.00-16.00	2.470	142,1135	351.063	6.102.382	20.196,2463
16.00-17.00	2.647	150,8347	399.319,7	7.008.727	22.751,0940
17.00-18.00	3.071	190,2820	584.374,9	9.431.655	36.207,2269
18.00-19.00	3.087	102,6202	316.757,8	9.527.717	10.530,9089
19.00-20.00	2.703	97,5211	263.619	7.307.290	9.510,3602
20.00-21.00	2.393	81,0328	193.927,7	5.727.406	6.566,3178
Σ	40.396	2.038,0680	5.545.431	1,1 x 10 ⁸	295.437,834

$$b = \frac{(15 \times 5.545.431) - (40.395,8 \times 2.038,0680)}{(15 \times 1,1 \times 10^8) - (4.0395,8^2)} = 0,058$$

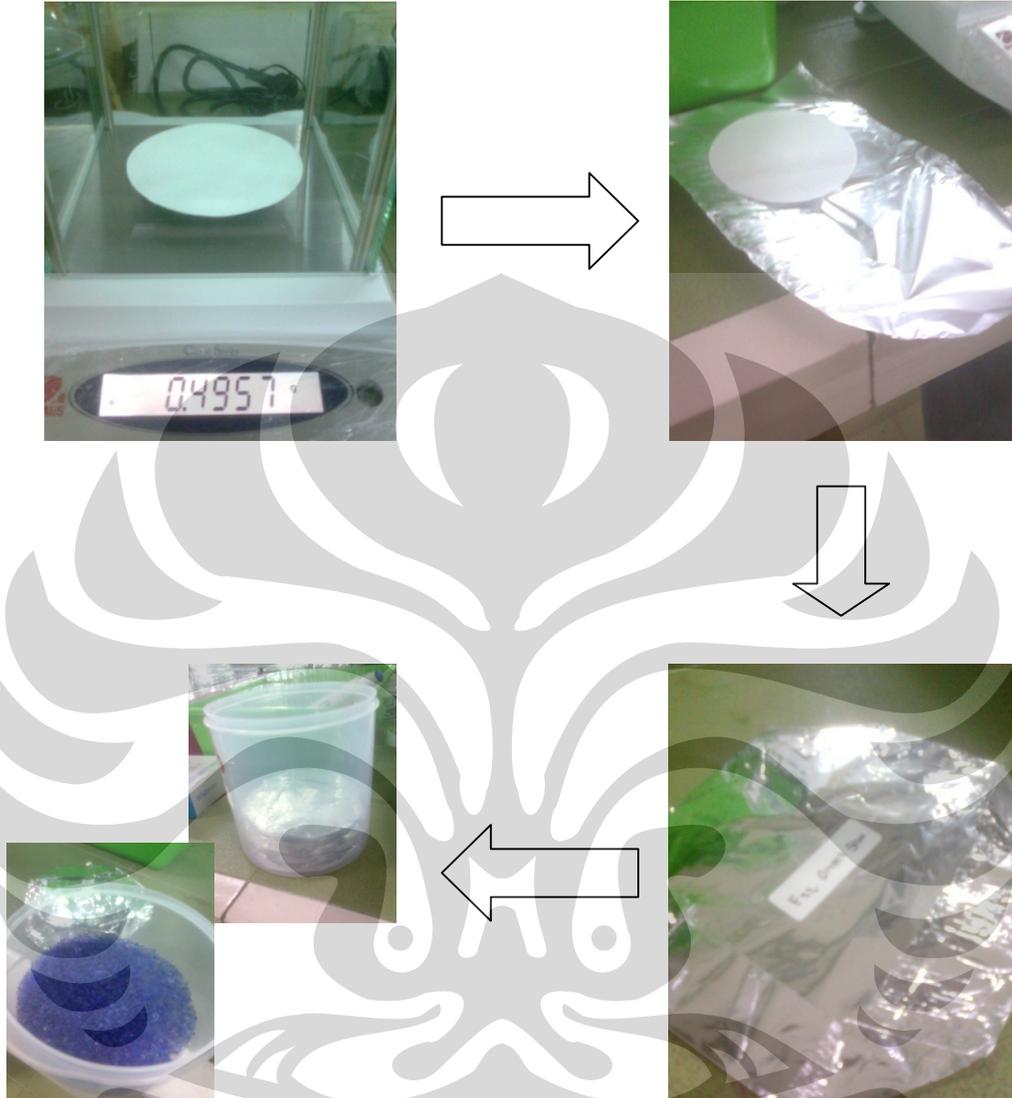
$$a = \frac{2.038,0680}{15} - \left(0,058 \times \frac{40.395,8}{15}\right) = -20,716$$

$$r = \frac{(15 \times 5.545.431) - (40.395,8 \times 2.038,0680)}{\sqrt{[(15 \times 1,1 \times 10^8) - (4.0395,8^2)][(15 \times 295.437,834) - (2.038,0680^2)]}}$$

$$= 0,4223$$



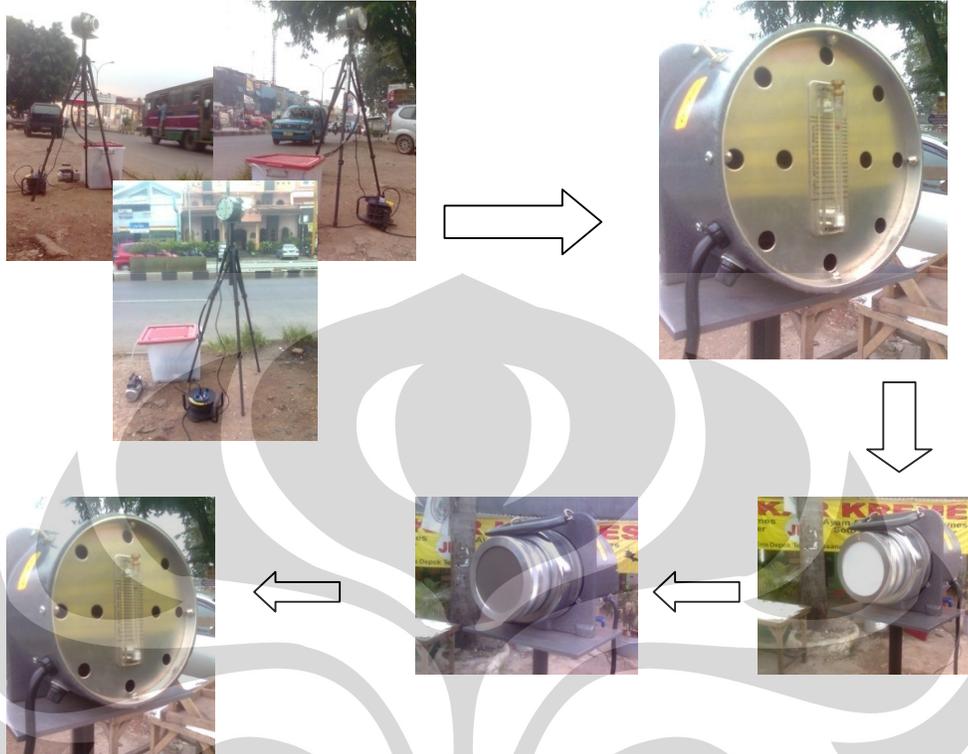
Persiapan Penelitian



Langkah persiapan penelitian antara lain:

1. Menimbang massa filter awal
2. Membungkus filter dengan aluminium foil
3. Identifikasi filter
4. Menaruh filter ke dalam wadah berisi *silica gel*

Pengambilan Data



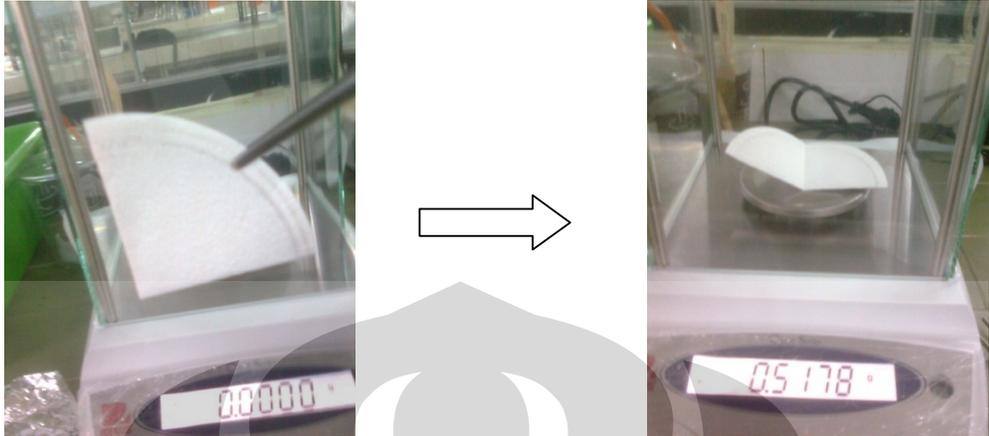
Langkah pengambilan data antara lain:

1. Meletakkan alat di posisinya
2. Menyalakan alat dan mencatat *flow meter* awal
3. Biarkan alat menghisap udara selama satu jam
4. Mencatat *flow meter* akhir
5. Melipat filter dengan bagian debu tertangkap di bagian dalam. kemudian memasukkan filter ke dalam aluminium foil

Jika terjadi hujan dalam pengambilan data. maka alat dipindahkan sesuai dengan gambar berikut:



Pengukuran Data



Langkah pengukuran data antara lain:

1. Mengeluarkan filter menggunakan pinset
2. Menimbang massa filter dengan debu tertangkap