



UNIVERSITAS INDONESIA

**HUBUNGAN VOLUME KENDARAAN TERHADAP
KONSENTRASI POLUTAN NO_x DI UDARA
(STUDI KASUS : JALAN MARGONDA RAYA DEPOK)**

SKRIPSI

MIRANTI WIYANDARI

0606078102

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

DEPOK

JULI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**HUBUNGAN VOLUME KENDARAAN TERHADAP
KONSENTRASI POLUTAN NO_x DI UDARA
(STUDI KASUS : JALAN MARGONDA RAYA DEPOK)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Strata Satu**

MIRANTI WIYANDARI

0606078102

**FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK LINGKUNGAN
KEKHUSUSAN UDARA DAN BISING
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Miranti Wiyandari

NPM : 0606078102

Tanda Tangan :



Tanggal : 8 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Miranti Wiyandari
NPM : 0606078102
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi :

HUBUNGAN VOLUME KENDARAAN TERHADAP KONSENTRASI
POLUTAN NO_x DI UDARA (STUDI KASUS : JALAN MARGONDA RAYA
DEPOK)

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA

Pembimbing : Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng., Ph.D

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

Penguji : Andyka Kusuma, ST., MSc.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 9 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penyusun panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat dan kekuatan yang diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul "Hubungan Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi Polutan NO_x di Udara (Studi Kasus : Jalan Margonda Raya, Depok)" dengan baik.

Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis dalam menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir Setyo Sarwanto Moersidik, DEA dan Ibu Dr. Ir Gabriel Andari Kristanto, M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan ini.
2. Ibu Elizabeth sebagai pemilik tempat yang telah bersedia menyediakan sarana tempat dan listrik selama penelitian berlangsung di lapangan.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan UI yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan berupa dukungan material dan moral.
5. Laboran Teknik Penyehatan Lingkungan UI yang selalu membantu dalam melakukan penelitian di laboratorium dan juga Seluruh karyawan Departemen Teknik Sipil UI yang telah banyak membantu dalam melakukan administrasi di kampus; dan
6. Sugondo Suryadarma yang selalu mendukung dan memberikan semangat selama penelitian hingga menyelesaikan skripsi ini,
7. Andrea Halim sebagai partner dalam melakukan penelitian di lapangan dan di laboratorium,

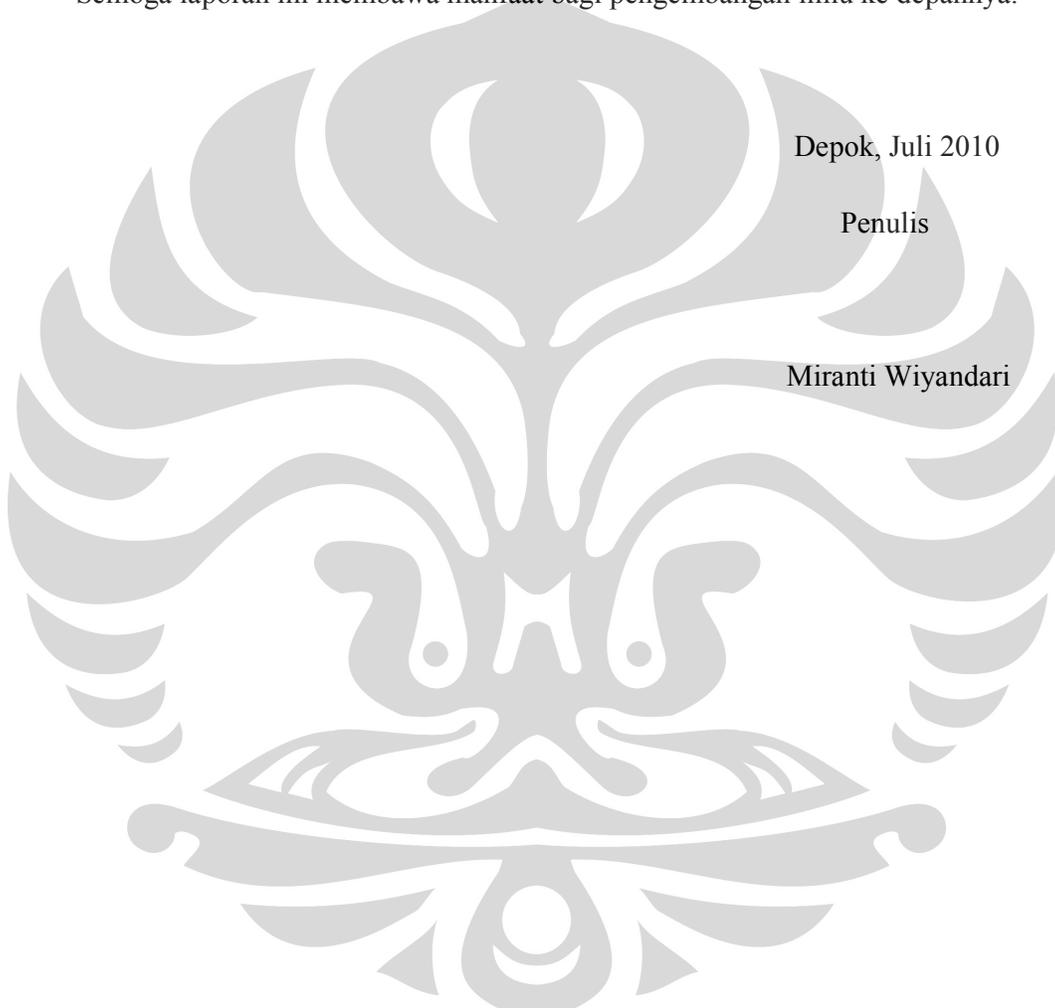
8. Sahabat-sahabat Teknik Lingkungan dan Teknik Sipil UI angkatan 2006, serta sahabat lainnya, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan laporan ini. Semoga laporan ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu ke depannya.

Depok, Juli 2010

Penulis

Miranti Wiyandari



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

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

Nama : Miranti Wiyandari
NPM : 0606078102
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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:

HUBUNGAN VOLUME KENDARAAN TERHADAP KONSENTRASI
POLUTAN NO_x DI UDARA
(STUDI KASUS : JALAN MARGONDA RAYA, DEPOK)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola 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 : 7 Juli 2010

Yang menyatakan

(Miranti Wiyandari)

ABSTRAK

Nama : Miranti Wiyandari
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Hubungan Volume Kendaraan Terhadap Konsentrasi Polutan
NO_x di Udara (Studi Kasus : Jalan Margonda Raya Depok)

Kota Depok sebagai kota penyangga DKI Jakarta memiliki peningkatan volume kendaraan yang pesat. Di samping itu, NO_x merupakan salah satu polutan utama yang lebih dari 80% berasal dari gas buang kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola fluktuasi antara polutan NO_x (NO dan NO₂) yang diakibatkan volume kendaraan yang melintas. Penelitian dilakukan pada bulan Mei dan Juni 2010 pada 4 hari pengamatan. Metode pengumpulan data menggunakan metode penelitian deskriptif. Pengambilan data dengan pengukuran parameter konsentrasi NO dan NO₂, suhu, kelembaban, serta volume kendaraan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO₂ mengikuti waktu dilakukannya jam sampling. Pada waktu pagi hari kecenderungan yang terjadi yaitu konsentrasi polutan NO₂ meningkat, sedangkan pada waktu sore hingga malam hari kecenderungan yang terjadi yaitu konsentrasi polutan NO meningkat. Konsentrasi polutan NO dan NO₂ tertinggi yang terukur pada Jalan Raya Margonda Raya Depok yaitu 11,852 µg/Nm³ dan 11,812 µg/Nm³. Nilai konsentrasi ini masih memnuhi baku mutu udara ambien menurut PP No.41 Tahun 1999. Volume kendaraan maksimum terjadi pada pagi hari (06.00 – 09.00) dan sore hari (16.00 – 20.00). Dikarenakan peningkatan volume kendaraan akan terus terjadi, maka dilakukan alternatif pengendalian peningkatan konsentrasi polutan NO_x.

Kata Kunci : NO, NO₂, Pencemaran Udara, Volume Kendaraan

ABSTRACT

Name : Miranti Wiyandari
Study Program : Environmental Engineering
Title : Relationship Of Volume Vehicle with NO_x Concentration in Air
Pollutants (Case Study: Margonda Road Depok)

Depok City as a buffer city of Jakarta has a rapidly increasing volume of vehicles. In addition, NO_x is one of the main pollutants of more than 80% comes from motor vehicle exhaust gas. This study aims to determine the pattern of fluctuations between the pollutant NO_x (NO and NO₂), which caused the volume of vehicles pass. Research conducted in May and June 2010 on four days of observation. Methods of data collection using descriptive research method. Collect data by measuring the parameters NO and NO₂ concentrations, temperature, humidity, and volume of vehicles.

The results showed that the pattern of fluctuations in pollutant concentrations of NO and NO₂ to follow when doing sampling clock. At the time of the morning trend occurred, concentration of NO₂ pollutant increase, while during the afternoon till night trend occurred, concentration of NO pollutant decrease. Pollutant concentrations of NO and NO₂ measured highest on Jalan Raya Raya Depok Margonda are 11,852 µg/Nm³ and 11,812 µg/Nm³. The value of this concentration still under ambient air quality standard by PP No.41 Year 1999. The maximum volume of vehicles going in the morning (6:00 to 09:00) and afternoon (16:00 to 20:00). Due to the increasing volume of vehicles will continue to happen, so the alternative to control increasing the concentration of NO_x pollutants.

Keywords: NO, NO₂, Air Pollution, Volume Vehicle

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 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
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	6
2.1. Gambaran Umum Pencemaran Udara	6
2.1.1 Pengertian Udara dan Pencemaran Udara	6
2.1.2 Jenis-jenis Sumber Pencemaran Udara	7
2.1.3 Parameter Nitrogen Oksida sebagai Pencemar Udara.....	9
2.1.4 Dampak Pencemar NO _x Pada Kesehatan	13
2.2 Transportasi dan Pencemaran Udara	15
2.2.1 Kualitas Udara Kota Depok	15
2.2.2 Transportasi	17
2.2.2.1 Pengertian Transportasi	17
2.2.2.2 Pengertian Jalan Raya.....	18
2.2.2.3 Hubungan Kecepatan, Kepadatan, dan Arus Lalu Lintas	18
2.2.3 Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor.....	20
2.3 Pengendalian Pencemaran Udara	22
2.4 Hipotesis Penelitian	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Populasi	25
3.2 Lokasi Penelitian	25
3.3 Sampel dan Teknik Sampling.....	25
3.4 Variabel Penelitian	26
3.5 Rancangan Penelitian	26

3.6 Kerangka Berpikir	26
3.7 Teknik Pengambilan Data	28
3.8 Analisis Data	29

BAB 4 GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN.....34

4.1 Letak, Luas, dan Batas Wilayah	34
4.2 Iklim dan Curah Hujan.....	34
4.3 Jalan Raya Margonda Raya Depok.....	35

BAB 5 PEMBAHASAN37

5.1 Penentuan Kurva kalibrasi	37
5.2 Pemeriksaan Background Konsentrasi NO dan NO ₂	38
5.3 Pemeriksaan NO dan NO ₂ di Jalan Raya Margonda Raya Depok.....	39
5.4 Data Lalu Lintas.....	53
5.5 Analisis Hubungan Konsentrasi Polutan NO dan NO ₂ terhadap Volume Kendaraan	58

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....66

6.1 Kesimpulan	66
6.2 Saran	67

DAFTAR PUSTAKA.....68

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan antara kecepatan, kepadatan, dan arus lalu lintas	20
Gambar 3.1	Metode Kerja Penelitian	27
Gambar 5.1	Kurva Kalibrasi.....	38
Gambar 5.2	Fluktuasi konsentrasi pencemar NO dan NO ₂ pada hari sabtu.....	40
Gambar 5.3	Fluktuasi konsentrasi pencemar NO dan NO ₂ pada hari minggu ...	43
Gambar 5.4	Fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO ₂ pada hari selasa	45
Gambar 5.5	Fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO ₂ pada hari rabu	47
Gambar 5.6	Rekapitulasi fluktuasi NO ₂	51
Gambar 5.7	Rekapitulasi fluktuasi NO	52
Gambar 5.8	Volume Total Kendaraan Menuju Jakarta	54
Gambar 5.9	Volume Total Kendaraan Menuju Depok	55
Gambar 5.10	Volume total Kendaraan (2 jalur).....	57
Gambar 5.11	Fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO ₂ dengan volume lalu lintas pada hari sabtu	59
Gambar 5.12	Fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO ₂ dengan volume lalu lintas pada hari minggu	59
Gambar 5.13	Fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO ₂ dengan volume lalu lintas pada hari selasa	60
Gambar 5.14	Fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO ₂ dengan volume lalu lintas pada hari rabu	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi volume lalu lintas Kota Depok	16
Tabel 2.2	Perkiraan Penurunan Emisi dan Kebijakan Pengendalian	24
Tabel 3.1	Nilai Satuan Mobil Penumpang (smp) Berbagai Jenis Kendaraan	30
Tabel 5.1	Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO ₂ di Kawasan Kampus Baru UI Depok	39
Tabel 5.2	Perhitungan konsentrasi polutan NO dan NO ₂ pada hari Sabtu	40
Tabel 5.3	Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO ₂ Pada Hari Minggu	42
Tabel 5.4	Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO ₂ Pada Hari Selasa	44
Tabel 5.5	Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO ₂ Pada Hari Rabu	47
Tabel 5.6	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO ₂	50
Tabel 5.7	Volume Kendaraan Total perjalur	53
Tabel 5.8	Volume Kendaraan Total (2 jalur)	57
Tabel 5.9	Persamaan Regresi Untuk Masing-masing Hari dengan Volume Kendaraan Menuju Jakarta	62
Tabel 5.10	Persamaan Regresi Untuk Masing-masing Hari dengan Volume Kendaraan Menuju Depok	62
Tabel 5.11	Persamaan Regresi Untuk Masing-masing Hari dengan Volume Kendaraan Total	63

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pengukuran konsentrasi NO₂ dilakukan dengan metode *Griess Saltzman* sesuai dengan SNI19-7119.2-2005
- Lampiran 2. Perhitungan Konsentrasi NO_x
- Lampiran 3. Perhitungan Volume Kendaraan
- Lampiran 4. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 2 Variabel Bebas
- Lampiran 5. Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 4 Variabel Bebas
- Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain (UU No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).

Manusia merupakan satu-satunya komponen lingkungan hidup biotik yang mempunyai kemampuan untuk dapat merubah keadaan lingkungan hidup. Dalam usaha mengubah lingkungan hidupnya ini dengan bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya dapat menimbulkan masalah yang disebut pencemaran. Manusia juga dapat merubah keadaan lingkungan yang tercemar akibat perbuatannya menjadi keadaan lingkungan yang lebih baik, menjadi keadaan seimbang, dapat mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan, dan bahkan diharapkan dapat mencegah terjadinya pencemaran.

Kemajuan teknologi yang dicapai oleh manusia dalam upaya untuk meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidupnya memberi dampak yang positif dan negatif. Sebagai contoh, di kota-kota besar terjadi pertambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi mengakibatkan terjadinya peningkatan kebutuhan akan pemukiman, transportasi, dan perindustrian baik berupa sarana dan prasarana.

Selain itu dampak negatif lain dapat terjadi pada keseimbangan lingkungan hidup. Pertumbuhan jumlah transportasi memberikan kontribusi terutama di daerah perkotaan. Salah satu dampak negatif akibat transportasi adalah timbulnya masalah pencemaran udara. Pencemaran udara dapat membahayakan kesehatan manusia, kelestarian tanaman dan hewan, dapat merusak bahan-bahan, menurunkan daya penglihatan, serta menghasilkan bau yang tidak menyenangkan (BAPEDAL, 1999).

Berdasarkan UU No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan

Sektor transportasi mempunyai kontribusi terbesar pada pencemaran udara didaerah perkotaan yaitu sebesar 70% (Cooper & Alley 1994, PCI report 1997, World Bank 1999). Sampai dengan saat ini jumlah kendaraan bermotor di seluruh Indonesia telah mencapai lebih dari 20 juta yang 60% adalah sepeda motor, sedangkan pertumbuhan populasi untuk mobil sekitar 3-4% dan sepeda motor lebih dari 4% per tahun. Konsekuensi dari hal tersebut adalah semakin besarnya polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan di jalan, terlebih apabila terjadi kemacetan yang menyebabkan durasi kendaraan di jalan lebih lama dari semestinya. Polutan utama hasil pembakaran kendaraan bermotor meliputi CO, hidrokarbon terutama CH₄, SO₂, NO_x, dan partikel terutama timbal. Akan tetapi menurut, Jansen dan Fenger (1994), untuk daerah perkotaan lebih dari 80% polutan NO₂ berasal dari kendaraan lalu lintas.

Kota Depok merupakan kota yang terus mengalami peningkatan jumlah penduduk. Jumlah penduduk yang terus meningkat menyebabkan semakin banyaknya aktivitas yang terjadi, salah satunya aktivitas transportasi. Ruas Jalan Raya Margonda Depok merupakan ruas jalan yang sangat padat pada jam-jam tertentu. Sebagai salah satu pencemar utama dari emisi kendaraan bermotor, NO_x merupakan pencemar yang cukup memberikan pengaruh terhadap kualitas udara. Selain itu pencemar NO_x juga dapat memberikan dampak kesehatan yang negatif bagi lingkungan. Oleh karena peneliti tertarik untuk mengetahui kualitas udara akibat khususnya polutan NO_x yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor yang terjadi pada Ruas Jalan Raya Margonda Depok. Selain itu dikarenakan pencemaran udara yang semakin meningkat, perlu dilakukan usaha-usaha yang mengarah kepada pencegahan atau berkurangnya pencemaran udara.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan antara lain:

- Mengevaluasi kondisi eksisting kualitas udara dengan parameter pencemar udara NO_x terhadap volume kendaraan.
- Mengevaluasi kondisi eksisting arus lalu lintas dan menghitung volume kendaraan berdasarkan jenis bahan bakar kendaraan.
- Menganalisa hubungan karakteristik antara volume kendaraan bermotor dengan polutan NO_x yang dihasilkan.

1.3 Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah

Penelitian ini dilakukan di Jalan Raya Margonda, Depok. Hal ini dikarenakan jalan Raya Margonda merupakan satu-satunya jalan utama yang digunakan bagi warga Depok untuk menuju Jakarta, sehingga Jalan Raya Margonda akan relatif padat pada waktu tertentu. Parameter kualitas udara yang diteliti adalah NO_x yang diukur menggunakan metode standard WHO.

Parameter arus lalu lintas yang diteliti adalah volume kendaraan berdasarkan jenis bahan bakarnya yang diukur berdasarkan kategori kendaraan yang berbahan bakar bensin dan diesel. Kendaraan yang termasuk kategori berbahan bakar bensin yaitu mobil sedan, minibus, pickup dan motor. Sedangkan kendaraan yang termasuk dalam kategori berbahan bakar diesel yaitu bus dan truk. Selanjutnya jumlah kendaraan akan dikalikan dengan harga satuan mobil penumpangnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, antara lain:

- Dapat memberikan sumbangan bagi instansi terkait yaitu DKLH Kota Depok sebagai masukan informasi tentang kualitas udara yang terjadi pada daerah penelitian.

- Bagi peneliti yaitu dapat memperdalam ilmu mengenai pencemaran udara khususnya dengan pengalaman dalam aplikasi ilmu yang dapat diterapkan kemudian dalam dunia kerja.
- Bagi institusi pendidikan yaitu dapat memberikan masukan data dan informasi serta alternatif usulan strategi dalam pengendalian pencemaran udara dan pengelolaan kualitas udara

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut .

- **BAB I : Pendahuluan**
Membahas mengenai latar belakang penelitian, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
- **BAB II : Kajian Pustaka**
Membahas mengenai teori-teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian. Studi literatur diambil dari berbagai sumber yaitu buku-buku terkait penelitian, bahan-bahan kuliah, jurnal dan juga sumber- sumber online.
- **BAB III : Metodologi Penelitian**
Berisi tentang model penelitian yang dilakukan, teknik dalam pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder, serta perancangan penelitian yang dilakukan.
- **BAB IV : Gambaran Umum Lokasi Penelitian**
Memberikan gambaran umum lokasi penelitian yang mencakup data fisik , meteorologis, geografis.
- **BAB V : Pembahasan**
Berisi mengenai data-data primer yang didapat dari pengukuran langsung di lapangan, pengolahan data, serta membahas mengenai analisis yang terjadi pada hasil penelitian yang dilakukan baik dalam bentuk grafik dan juga regresi linear dalam hubungan antara volume kendaraan dengan pencemaran NO_x yang dihasilkan.

- BAB VI : Kesimpulan dan Saran

Berisi mengenai kesimpulan dari keseluruhan bagian penelitian. Selain itu berisi pula tentang saran-saran yang diberikan untuk penelitian ini berdasarkan kesimpulan yang ada.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Pencemaran Udara

2.1.1 Pengertian Udara dan Pencemaran Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan dan selalu berubah dari waktu ke waktu. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air yang berupa uap air dan karbon dioksida. Jumlah air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu (Fardiaz, 1992). Wallace and Hobbs (1977) dan Barry (1976), menyatakan bahwa udara dalam istilah meteorologi disebut dengan atmosfer. Atmosfer merupakan campuran gas-gas yang tidak bereaksi satu dengan yang lainnya, atau dalam kata lain bersifat *innert*.

Terdapat beberapa istilah pencemaran udara. Berdasarkan PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara 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. Selain itu, BAPEDAL (1999) mendefinisikan bahwa pencemaran udara adalah adanya kontaminasi atmosfer oleh gas, cairan atau limbah padat serta produk samping dalam konsentrasi dan waktu sedemikian rupa yang mengakibatkan gangguan, kerugian atau memiliki potensi merugikan terhadap kesehatan dan kehidupan manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan dan benda serta menciptakan ketidaknyamanan. Selain itu, dapat membahayakan daya penglihatan dan menghasilkan bau yang tidak menyenangkan. Pengertian lain dari KLH (1987), World Bank (1978), dan Canter (1977) menyatakan bahwa pencemaran udara adalah adanya atau masuknya satu atau lebih zat pencemar atau

kombinasinya di atmosfer dalam jumlah dan waktu tertentu baik yang masuk ke udara secara alami maupun aktivitas manusia, yang dapat menimbulkan gangguan pada manusia, hewan, tumbuhan, dan terhadap harta benda atau terganggunya kenyamanan dan kenikmatan hidup dan harta benda.

2.1.2 Jenis-jenis 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 (Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999). Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Sumber pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, gas alam beracun, dan sebagainya.

Pencemaran udara berdasarkan bentuk pencemarnya dapat dibedakan atas gas dan partikulat.

- a. Pencemaran udara berbentuk gas dapat dibedakan menjadi :
 - Golongan belerang terdiri dari sulfur dioksida (SO_2), hydrogen sulfide (H_2S) dan sulfat aerosol.
 - Golongan nitrogen terdiri dari nitrogen oksida (N_2O), nitrogen monoksida (NO), amoniak (NH_3) dan nitrogen dioksida (NO_2).
 - Golongan karbon terdiri dari karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), hidrokarbon .
 - Golongan gas yang berbahaya terdiri dari benzen, vinyl klorida.
- b. Pencemaran udara berbentuk partikulat dibedakan menjadi :
 - Mineral (anorganik) dapat berupa racun seperti air raksa dan timah.
 - Bahan organik terdiri dari ikatan *hidrokarbon, klorinasi alkan, Benzen*.
 - Makhluk hidup terdiri dari bakteri, virus, telur cacing.

Pencemaran udara berdasarkan letak ada dua macam:

- a. Pencemaran udara bebas (*Out door air pollution*),
- b. Pencemaran udara ruangan (*In door air pollution*), berupa pencemaran udara didalam ruangan yang berasal dari pemukiman, perkantoran ataupun gedung tinggi.

Pencemaran udara dapat pula dikelompokkan ke dalam :

- a. Pencemar primer. Pencemar primer merupakan semua pencemar yang berada di udara dalam bentuk yang hampir tidak berubah, sama dengan saat pencemar tersebut dibebaskan dari sumber awal sebagai hasil dari suatu proses tertentu, seperti proses pembakaran tidak sempurna. Pada umumnya pencemar ini berasal dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh aktivitas manusia seperti kegiatan industri, emisi kendaraan bermotor, dan sebagainya. Contoh dari pencemar primer antara lain CO, CO₂, hidrokarbon, SO, nitrogen oksida, ozon serta berbagai partikel.
- b. Pencemar sekunder. Pencemar sekunder adalah semua pencemr di udara yang telah mengalami perubahan baik bentuk maupun sifatnya, dikarenakan hasil reaksi antara dua atau lebih kontaminan. Pada umumnya pencemar sekunder dihasilkan dari reaksi antara pencemar primer dengan kontaminan lain dalam udara. Berbagai bahan pencemar kadangkala bereaksi satu sama lain menghasilkan jenis pencemar baru, yang justru lebih membahayakan kehidupan. Reaksi yang dimaksud dalam munculnya pencemar sekunder yaitu reaksi oksida katalitis dan reaksi foto-kimia. Contoh pencemar sekunder ozon (O₃) sebagai hasil reaksi foto-kimia antara senyawa-senyawa hidrokarbon dengan nitrogen oksida (NO_x) dengan bantuan sinar ultraviolet yang terkandung dalam sinar matahari.

Sumber pencemar udara berdasarkan asal-usulnya terdiri dari :

- a. Sumber Pencemar Alamiah. Sumber pencemar ini timbul dengan sendirinya dari alam tanpa ada pengaruh dari aktivitas manusia. Sumber ini tidak dapat dikendalikan oleh manusia. Contoh dari sumber alamiah yaitu meletusnya gunung berapi yang mengeluarkan emisi SO_2 , H_2S , CH_4 , dan partikulat. Contoh sumber alamiah lainnya yaitu kebakaran hutan yang mengeluarkan emisi HC, CO, dan partikulat berupa asap.
- b. Sumber pencemar antropogenik. Sumber pencemar ini merupakan sumber pencemar yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. yang pada umumnya tanpa disadari dan merupakan produk sampinga, berupa gas-gas beracun, asap, partikel-partikel halus, senyawa belerang, senyawa kimia, buangan panas dan buangan nuklir. Sumber antropogenik terdiri dari sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sumber bergerak merupakan sumber pencemar yang mengalami pergerakan saat mengeluarkan emisinya, seperti aktivitas lalu lintas kendaraan. Sedangkan sumber tidak bergerak merupakan sumber pencemar yang stationer (diam) atau tidak mengalami pergerakan saat mengeluarkan emisi, seperti cerobong asap industri.

2.1.3 Parameter Nitrogen Oksida sebagai Pencemar Udara

Jenis parameter pencemar udara didasarkan pada baku mutu udara ambien menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 meliputi sulfur dioksida (SO_2) , Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO_2) , Ozon (O_3), Hidro karbon (HC), PM_{10} , Partikel debu ($\text{PM}_{2,5}$), TSP (debu), Pb (Timah Hitam).

Gas nitrogen oksida (NO_x) terdiri dari dua macam yaitu gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO_2). Kedua macam gas tersebut memiliki sifat yang sangat berbeda, akan tetapi keduanya merupakan gas yang sangat berbahaya bagi kesehatan.

Oksida Nitrogen (NO_x) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2). Walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi kedua gas tersebut merupakan gas yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam.

Udara terdiri dari 80% volume nitrogen dan 20% volume oksigen. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan nitrogen dan oksigen untuk bereaksi satu sama lainnya. Pada suhu yang lebih tinggi (diatas 1.210°C) keduanya dapat bereaksi membentuk NO dalam jumlah banyak sehingga mengakibatkan pencemaran udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai $1.210 - 1.765^\circ\text{C}$, oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting. Jadi reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dari proses pembakaran.

Dari seluruh jumlah oksida nitrogen (NO_x) yang dibebaskan ke udara, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Akan tetapi pencemaran NO dari sumber alami ini tidak merupakan masalah karena tersebar secara merata sehingga jumlahnya menjadi kecil. Yang menjadi masalah adalah pencemaran NO yang diproduksi oleh kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat pada tempat-tempat tertentu.

Kadar NO_x diudara daerah perkotaan yang berpenduduk padat akan lebih tinggi dari daerah pedesaan yang berpenduduk sedikit. Kadar NO_x diudara perkotaan biasanya 10 - 100 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Kadar NO_x diudara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm. Hal ini disebabkan karena berbagai macam kegiatan yang menunjang kehidupan manusia akan menambah kadar NO_x diudara, seperti transportasi, generator pembangkit listrik, pembuangan sampah, dan lain-lain.

Pencemaran gas NO_x diudara terutama berasal dari gas buangan hasil pembakaran yang keluar dari generator pembangkit listrik stasioner atau mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar gas alami.

Kadar NO_x di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor.

Nitrogen monoksida terdapat diudara dalam jumlah lebih besar daripada NO_2 . Pembentukan NO dan NO_2 merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO , yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO_2 . Kendaraan bermotor menghasilkan gas buang yang mengandung oksida nitrogen seperti nitrogen dioksida (NO_2) dan nitrogen monoksida (NO). Pada suhu tinggi ruang bakar mobil (silinder), nitrogen dan oksigen dari udara bereaksi membentuk NO (Suhadi, 2005).



Dari reaksi tersebut, sejumlah NO akan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk NO_2 .



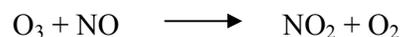
Keberadaan NO_x diudara dapat dipengaruhi oleh sinar matahari yang mengikuti daur reaksi fotolitik NO_2 sebagai berikut :



Atom oksigen tersebut dapat bereaksi dengan molekul oksigen di udara sehingga membentuk O_3 .



Selanjutnya NO dapat mengurangi konsentrasi O_3 dengan bereaksi dengan O_3 itu sendiri dan membentuk NO_2 dan O_2 .



Perubahan kadar NO_x berlangsung sebagai berikut :

- a. Sebelum matahari terbit, kadar NO dan NO_2 tetap stabil dengan kadar sedikit lebih tinggi dari kadar minimum sehari-hari.

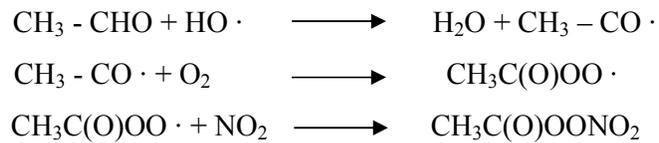
- b. Setelah aktifitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu kendaraan bermotor. Kadar NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm.
- c. Dengan terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultra violet, kadar NO₂ pada saat ini dapat mencapai 0,5 ppm.
- d. Kadar ozon (O₃) meningkat dengan menurunnya kadar NO hingga dapat mencapai 0,1 ppm.
- e. Jika intensitas sinar matahari menurun pada sore hari (jam 5-8 malam) kadar NO meningkat kembali.
- f. Energi matahari tidak mengubah NO menjadi NO₂ (melalui reaksi hidrokarbon) tetapi O₃, yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO. Akibatnya terjadi kenaikan kadar NO₂ dan penurunan kadar O₃.
- g. Produk akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garam-garam nitrat didalam air hujan atau debu. Salah satu reaksi dibawah ini diduga juga terjadi diudara tetapi peranannya mungkin sangat kecil dalam menentukan jumlah asam nitrat di udara.
- h. Kemungkinan lain pembentukan HNO₃ didalam udara tercemar adalah adanya reaksi dengan ozon pada kadar NO₂ maksimum. O₃ memegang peranan penting dan kemungkinan terjadi tahapan reaksi sebagai berikut :



Reaksi tersebut diatas menunjukkan bahwa proses-proses diudara mengakibatkan perubahan NO_x menjadi HNO₃ yang kemudian bereaksi membentuk partikel-partikel.

Selain itu, reaksi akibat adanya nitrogen oksida di udara juga dapat menyebabkan timbulnya *Peroxy Acetil Nitrates* (PAN). Reaksi

pembentukan PAN dapat berlangsung sebagai berikut (Cuciereanu, 2006).



2.1.4 Dampak Pencemar NO_x Pada Kesehatan

Setiap manusia dapat terkena oleh sejumlah kecil nitrogen dioksida. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali jika gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. Konsentrasi gas NO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada system saraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Bila keracunan ini terus berlanjut akan dapat menyebabkan kelumpuhan. Gas NO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oleh oksigen sehingga menjadi gas NO₂.

Dampak utama yang timbul akibat nitrogen dioksida yaitu pada saluran pernafasan. Menurut MSDS, paparan gas NO dalam tingkat konsentrasi yang rendah dapat menghasilkan efek iritasi pada selaput lendir mata, hidung, tenggorokan dan paru-paru, yang dapat menyebabkan tersedak, batuk, sakit kepala, mual, dan kelelahan. Sementara itu, pajanan dengan tingkat konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan *methemoglobinemia*, *cyanosis*, tertunda edema baru, kebingungan mental, ketidaksadaran, dan bahkan kematian.

Berdasarkan MSDS (2006), sifat kimia NO hanya sedikit asam dalam air, sehingga diserap ke dalam darah di paru-paru bukan hanya mengubah menjadi asam pada jaringan paru-paru basah sebagai NO₂ (tidak menyebabkan iritasi atau kerusakan). NO adalah senyawa oksidator namun cukup ampuh untuk mengoksidasi atom besi dalam hemoglobin (membentuk *Methemoglobin*) sehingga mampu mengangkut oksigen tapi membuatnya mampu menyerap NO. Jika NO diangkut dalam darah, kemudian dilepaskan, itu mempengaruhi pembuluh darah halus otot-otot di dinding pembuluh darah menjadi

rileks. Hal ini memungkinkan darah untuk memakan dengan lahap jaringan tertentu yang menyebabkan selaput lendir menjadi berwarna kecoklatan-biru, berlebihan air liur, muntah dan berkontribusi terhadap pengurangan efisiensi transportasi oksigen.

Efek toksik akut primer adalah keracunan kapasitas pengangkutan oksigen darah menyebabkan gejala seperti tremor otot, terganggunya pernafasan, peningkatan denyut jantung, kehilangan koordinasi, mengantuk, vertigo, ketidaksadaran, koma, dan kematian, semua karena kekurangan oksigen di otak atau jaringan penting. Satu pertimbangan penting adalah bahwa NO dengan cepat dikonversi menjadi NO₂ di udara. Nitrogen dioksida (NO₂) tidak bereaksi dengan hemoglobin tetapi perlahan-lahan membentuk asam kuat pada kontak dengan kelembaban seperti yang ditemukan di selaput lendir atau paru-paru.

NO₂ bersifat racun terutama terhadap paru-paru. Kadar NO₂ yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru (edema pulmonari). Kadar NO₂ sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian pada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemajanan NO₂ dengan kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernafas.

Udara yang telah tercemar oleh gas nitrogen oksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO_x pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun. Dalam keadaan seperti ini daun tidak dapat berfungsi sempurna sebagai tempat terbentuknya karbohidrat melalui proses fotosintesis. Akibatnya tanaman tidak dapat berproduksi seperti yang diharapkan. Konsentrasi NO sebanyak 10 ppm sudah dapat

menurunkan kemampuan fotosintesis daun sampai sekitar 60% hingga 70%.

Pencemaran udara oleh gas NO_x dapat menyebabkan timbulnya *Peroxy Acetil Nitrates* (PAN). *Peroxi Acetil Nitrates* ini menyebabkan iritasi pada mata yang menyebabkan mata terasa pedih dan berair. Campuran PAN bersama senyawa kimia lainnya yang ada di udara dapat menyebabkan terjadinya kabut foto kimia atau *Photo Chemistry Smog* yang sangat mengganggu lingkungan.

2.2 Transportasi dan Pencemaran Udara

2.2.1 Kualitas Udara Kota Depok

Kota Depok dengan luas area sekitar 200 km persegi merupakan kota dengan 1,4 juta penduduk. Jumlah penduduk Depok sejak berubah status dari kota administratif menjadi kota otonom pada April 1999 mencapai 1,4 juta jiwa. Selama kurun waktu tahun 2001 – 2009, pertumbuhan tata letak kota Depok adalah 4,37 % per tahun (www.depok.go.id). Dari hal tersebut tentu akan banyak yang dibutuhkan untuk melayani segala keperluan serta sarana aktivitas masyarakat di dalamnya.

Beberapa sarana yang sangat vital yang perlu dan perlu dipersiapkan diantaranya adalah penyediaan transportasi khususnya pada jam sibuk. Beberapa ruas jalan sudah mencapai rasio volume/kapasitas (V/C Ratio) melebihi 0,8, seperti yang terjadi pada jalan Margonda.

Tabel 2.1 Komposisi volume lalu lintas Kota Depok (2009)

Ruas Jalan	Sepeda Motor (%)	Pribadi (%)	MPU (%)	Bus Sedang (%)	Bus Besar (%)	Truk Kecil (%)	Truk Sedang (%)	Truk Besar (%)	Kendaraan Tak Bermotor (%)
Jl. Merawan	56,33	33,54	5,98	0,12	0,01	1,75	1,26	0,05	0,96
Jl. Margonda	69,21	14,84	9,87	3,1	1,23	0,88	0,63	0,03	0,219
Jl. Raya Bogor	70,88	8,4	16,25	1,16	0,19	1,53	1,02	0,26	0,3
Jl. Pangkalan Jati	73,53	13,91	9,93	0,14	0,09	1,49	0,28	0,08	0,55
Jl. Juanda	68,22	22,68	3,13	0,2	0,14	3,31	1,49	0,06	0,77

Sumber : www.depok.go.id

Dari tabel tersebut terlihat bahwa dari komposisi volume lalu lintas, sepeda motor merupakan yang paling banyak digunakan (60–70 %) diikuti dengan mobil pribadi (10-30 %) kecuali pada Jalan Raya Bogor dimana mobil penumpang umum (MPU) lebih dominan dari mobil pribadi.

Beberapa penyebab yang menjadikan kepadatan kendaraan di ruas-ruas jalan Depok semakin padat adalah banyaknya volume kendaraan dan fisik jalan. Saat ini kinerja lalu lintas pada jaringan jalan kota Depok sudah cukup padat, volume kendaraan yang melintas di ruas jalan yang berasal dari dalam dan luas wilayah Depok itu sendiri.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh instansi terkait dengan masalah pencemaran udara seperti BPLHD Kota Depok, telah ditemukan bahwa kondisi lingkungan udara Kota Depok telah mulai menunjukkan penurunan kualitas yang dapat berdampak buruk pada kesehatan masyarakat. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa yang memberikan kontribusi terbesar pada pencemaran udara berasal dari emisi kendaraan bermotor.

Polusi bukan hanya persoalan jumlah kendaraan yang ada, namun juga masalah kebutuhan masyarakat yang menggunakan sarana kendaraan. Ketika kebutuhan meningkat namun prasarana tidak menunjang, maka yang terjadi masyarakat akan berlomba memenuhi

kebutuhan hidupnya dengan membeli kendaraan. Hal ini pada akhirnya akan berimbas pada sumbangan asap kendaraan baru yang akan memekatkan udara di Kota Depok. Untuk itu, penyediaan transportasi yang baik menjadi satu tuntutan yang tidak dapat dihindari. Selain itu, pemantauan kualitas udara yang rutin dilakukan dapat memberikan kontribusi yang baik dalam menangani permasalahan kualitas udara.

2.2.2 Transportasi

2.2.2.1 Pengertian Transportasi

Menurut Setijowarno dan Frazila (2001), transportasi adalah suatu kegiatan untuk memindahkan sesuatu (orang dan atau barang) dari satu tempat ke tempat lain, baik dengan atau tanpa sarana (kendaraan, pipa, dan lain-lain). Sedangkan menurut Undang-Undang RI Nomer 14 Tahun 1992 mendefinisikan transportasi sebagai memindahkan orang dan atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kendaraan. Selanjutnya yang dimaksud dengan kendaraan menurut Undang-Undang RI Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, kendaraan adalah suatu sarana angkut di jalan yang terdiri atas kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor.

Menurut Abdulkadir (1991), aspek-aspek transportasi meliputi :

- Pelaku, adalah orang yang melakukan transportasi. Pelaku ini ada yang berupa badan usaha seperti perusahaan pengangkutan/transportasi dan ada pula yang berupa manusia pribadi, seperti buruh pengangkutan.
- Alat transportasi/pengangkutan, adalah alat yang digunakan untuk menyelenggarakan transportasi atau pengangkutan. Alat ini digerakkan secara mekanik dan memenuhi syarat undang-undang, seperti kendaraan bermotor, kapal laut, kapal udara, mobil Derek, dan lain-lain.
- Barang atau penumpang, yaitu muatan yang diangkut oleh transportasi tersebut.

- Perbuatan, yaitu kegiatan yang mengangkut barang atau penumpang sejak pemuatan sampai dengan penurunan di tempat yang ditentukan.
- Fungsi pengangkutan, yaitu meningkatkan kegunaan dan nilai barang atau penumpang (orang).
- Tujuan pengangkutan, yaitu sampai atau tiba di tempat tujuan yang ditentukan dengan selamat, dan biaya pengangkutan lunas.

2.2.2.2 Pengertian Jalan Raya

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Prasarana ini merupakan prasarana yang paling awal dibuat guna menghubungkan suatu daerah dengan daerah lain dalam rangka pemenuhan kebutuhannya.

Menurut Setijowarno dan Frazila (2001), jalan raya adalah fasilitas atau peralatan yang digunakan sebagai alat control kendaraan yang berada di jalan raya, merupakan seperangkat peralatan yang akan memberikan suatu kemudahan baik secara langsung maupun tidak langsung bagi pemakai jalan maupun petugas yang sedang melaksanakan kewajibannya.

Setijowarno dan Frazila (2001) mengemukakan beberapa kegunaan jalan, diantaranya adalah sebagai prasarana transportasi, mempengaruhi perkembangan penduduk, mempengaruhi perekonomian suatu daerah, sebagai prasarana pemenuhan kebutuhan sosial, sebagai prasarana untuk pemenuhan kebutuhan rekreasi, dan sebagai prasarana yang mempermudah perkembangan budaya.

2.2.2.3 Hubungan Kecepatan, Kepadatan, dan Arus Lalu Lintas

Karakteristik arus lalu lintas menjelaskan cirri arus lalu lintas secara kualitatif maupun kuantitatif dalam kaitannya dengan kecepatan, besarnya arus dan kepadatan lalu lintas serta hubungannya dengan waktu maupun jenis kendaraan yang menggunakan ruang jalan.

Arus lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara dan kendaraan yang melakukan interaksi antara yang satu dengan yang lainnya pada suatu ruas jalan dan lingkungannya. Arus lalu lintas pada suatu ruas jalan karakteristiknya akan bervariasi baik berdasarkan lokasi maupun waktunya. Sedangkan arus lalu lintas puncak adalah arus pada jam maksimum yang cenderung mendekati saat paling ramai.

Fachrurrozy (2000) menyatakan bahwa kepadatan adalah pemusatan kendaraan di suatu jalan, kepadatan dinyatakan dalam kendaraan per kilometer atau *vehicle per miles*, kepadatan dapat didasarkan atas total jalur atau tiap jalur.

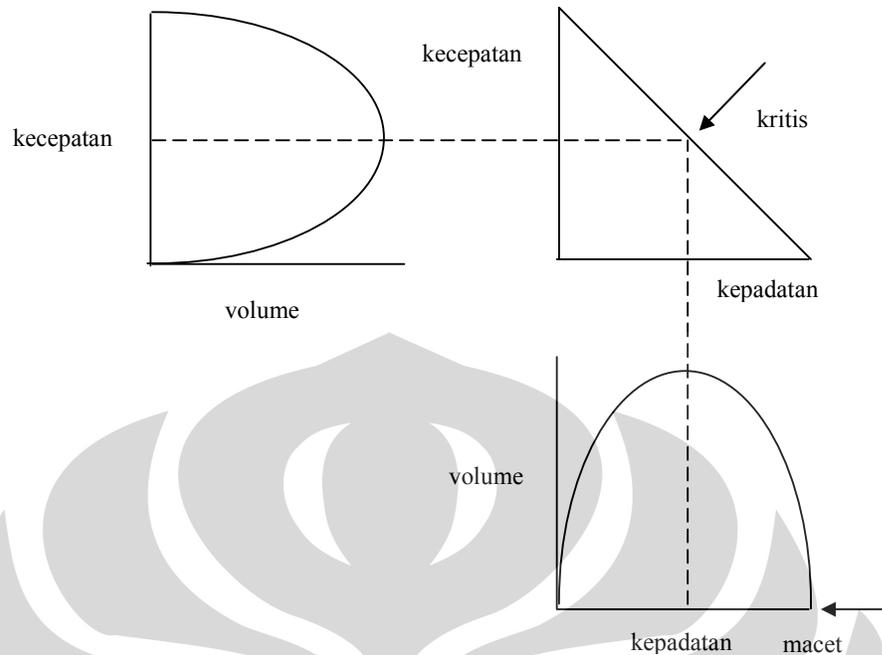
Kepadatan lalu lintas merupakan jumlah kendaraan pada tiap satuan panjang jalan atau lajur jalan, dinyatakan dalam kendaraan per kilometer atau kendaraan per mil.

Kecepatan merupakan perubahan gerakan yang dinyatakan dalam jarak per satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam km/jam atau *mile per hour*. Pengertian kecepatan ada dua jenis yaitu :

- Kecepatan sesaat, adalah spot speed pada suatu lokasi
- Kecepatan jalan, adalah kecepatan kendaraan pada suatu ruas jalan pada saat tertentu.

Volume menurut Fachrurrozy (2000) adalah jumlah kendaraan yang dapat melalui suatu penampang jalan atau lajur jalan pada suatu periode waktu tertentu dan biasanya dinyatakan dalam tahunan, bulanan, harian, jam, dan 15 menit.

Hubungan antara ketiga parameter utama yang terdiri dari kecepatan, kepadatan, dan arus lalu lintas menggambarkan arus merupakan hasil dari kecepatan dan kepadatan.



Gambar 2.1. Hubungan antara kecepatan, kepadatan, dan arus lalu lintas (Greenshield, 1976)

Volume lalu lintas pada dasarnya lebih difokuskan kepada volume jam puncak seperti jam sibuk kerja, komuter, dan perjalanan lain. Variasi volume lalu lintas jam-jaman dalam sehari juga mengalami fluktuasi sesuai dengan karakteristik pengguna jalan. Hal ini terkait dengan berangkat beraktivitas, saat beraktivitas, maupun pulang beraktivitas. Aktivitas dapat berupa kerja kantor, pendidikan, perdagangan, sosial, dan sebagainya. Karakteristik volume jam-jaman sangat tergantung pada kebijakan suatu instansi dalam menerapkan jam aktivitas.

2.2.3 Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor

Jumlah polutan yang terpancarkan dari kendaraan tergantung pada sejumlah faktor, termasuk desain dan operasi kendaraan (*idle*, percepatan, dan lainnya). Karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x) dan senyawa timbal merupakan senyawa-senyawa yang selalu terpancar dalam gas buang kendaraan.

Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dalam suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (PP No.41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara). Kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang utama di daerah perkotaan. Emisi yang paling signifikan dari kendaraan bermotor ke atmosfer berdasarkan massa adalah gas karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung sempurna. Pembakaran yang sempurna dapat dicapai dengan tersedianya suplai udara yang berlebih. Namun demikian, kondisi pembakaran yang sempurna dalam mesin kendaraan jarang terjadi. Sebagian kecil dari bahan bakar dioksidasi menjadi karbon monoksida (CO). Sebagian hidrokarbon (HC) juga diemisikan dalam bentuk uap dan partikel karbon dari butiran-butiran sisa pembakaran bahan bakar. Hampir seluruh bahan bakar mengandung zat-zat pencemar dengan kemungkinan pengecualian bahan bakar sel (hidrogen) dan hidrokarbon ringan seperti metana (CH_4). Diantara zat-zat kotoran tersebut adalah sulfur yang dioksidasi menjadi sulfur dioksida (SO_2) pada proses pembakaran, dan kadang menjadi sulfat yang dapat membantu proses pembentukan partikel dalam gas buang. Zat-zat kotoran lainnya seperti vanadium dalam oli tidak dapat terbakar, atau mengandung produk pembakaran yang memiliki tekanan uap yang rendah sehingga mendorong pembentukan partikel lebih jauh. Senyawa-senyawa timbal organik (dalam bensin bertimbal) juga membentuk partikel dalam gas buang. Pada akhirnya, pada temperatur pembakaran yang tinggi, gas nitrogen (N_2) di dalam atmosfer dan senyawa nitrogen yang dikandung dalam bahan bakar dioksidasi menjadi oksida nitrit (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2).

Pemakaian jenis bahan bakar yang berbeda akan terpengaruh terhadap kandungan zat pencemar yang diemisikan. Jenis kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar bensin mengeluarkan CO , NO_x

dan NO_2 yang lebih tinggi dibandingkan kendaraan lain. Sedang jenis kendaraan bahan bakar solar akan menghasilkan bahan bakar SO_2 , partikulat dan nilai opositas yang besar bila dibandingkan dengan yang lainnya.

Menurut Ilyas (2004), kendaraan berbahan bakar diesel menciptakan masalah pencemaran relatif kecil dibandingkan dengan kendaraan yang berbahan bakar bensin. Mesin diesel hanya sekitar sepersepuluh dari jumlah karbon monoksida kelelahan dengan mesin bensin. Emisi yang menguap juga rendah karena mesin diesel menggunakan sistem injeksi bahan bakar tertutup dan karena bahan bakar diesel kurang stabil dari pada bahan bakar bensin. Masalah utama yang terkait dengan mesin diesel yaitu bau dan asap.

Konsentrasi NO_x dalam gas buang tergantung terutama pada suhu puncak dan tekanan, dan komposisi campuran udara dengan bahan bakar yang disediakan.

Kondisi emisi kendaraan bermotor sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan bakar dan kondisi pembakaran dalam mesin, sehingga langkah-langkah untuk mengurangi emisi gas buang harus mengkombinasikan teknologi pengendalian dengan konservasi energi dan teknik-teknik pencegahan pencemaran.

2.3 Pengendalian Pencemaran Udara

Pengendalian pencemaran udara perkotaan mempunyai implikasi yang luas, mencakup aspek perencanaan kota sendiri, sarana dan alat transportasi serta bahan bakar yang digunakan. Faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain disebabkan oleh :

1. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat.
2. Tidak seimbang nya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada.
3. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat akibat terpusatnya kegiatan perekonomian dan perkantoran di luar kota.

4. Pembuatan dan pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada.
5. Menyatunya pusat pemerintahan dan pusat ekonomi.
6. Kemacetan aliran lalu lintas.
7. Jenis umur dan karakteristik kendaraan umum.
8. Faktor perawatan kendaraan.
9. Jenis bahan bakar yang digunakan.
10. Jenis permukaan jalan.
11. Sikap dan pola pengemudi.

Sektor transportasi mempunyai ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi. Seperti diketahui, dari sumber energi inilah yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Hampir semua produk energi dan rancangan kendaraan, bahan bakar yang digunakan rata-rata masih memicu dikeluarkannya emisi pencemar udara. Penggunaan BBM bensin pada motor akan selalu mengeluarkan senyawa seperti CO, THC (total hidrokarbon), *total suspended particulate* (TSP), NO_x, dan SO_x. BBM premium yang dibubuhi *Tetra Ethyl Lead* (TEL) akan mengeluarkan pola partikel Timbal. Solar dalam motor diesel akan mengeluarkan beberapa senyawa tambahan (di samping senyawa tersebut di atas) terutama adalah fraksi organik seperti adelhida, *Poly Acrylic Carbon* (PAH), yang mempunyai dampak kesehatan yang lebih besar dibandingkan dengan senyawa lainnya.

Selain itu, pola berkendara juga mempengaruhi emisi yang dikeluarkan karena secara langsung mempengaruhi jumlah dan intensitas emisi pencemar udara.

Kendaraan bermotor merupakan sumber langsung zat pencemar ke atmosfer. Sedangkan jumlah trip dan kendaraan per kilometer juga menentukan besarnya emisi yang ditentukan oleh faktor perkotaan dalam sistem transportasi yang ada. Upaya pengendalian akibat kendaraan bermotor meliputi pengendalian langsung maupun tidak langsung yang dapat menurunkan tingkat emisi dari kendaraan bermotor secara efektif.

Dua pendekatan strategis yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut.

1. Penurunan laju emisi pencemar dari setiap kendaraan untuk setiap kilometer jalan yang ditempuh
2. Penurunan jumlah dan kerapatan total kendaraan di dalam suatu daerah tertentu.

Menurut Ilyas (2004), alternatif yang dapat diterapkan dalam kebijakan pengendalian pencemaran yang memiliki spektrum lebar meskipun belum mencakup semua kemungkinan yang ada, dapat dilihat pada Tabel 2.2, sebagai berikut :

Tabel 2.2 Perkiraan Penurunan Emisi dan Kebijakan Pengendalian

Waktu	Pengendalian Emisi	Perkiraan Reduksi Emisi (%)
Jangka pendek (2 – 5 tahun)	Inspeksi dan perawatan	4 – 15
	Retrofit	10 – 60
	Bahan bakar	< 15
	Teknik pengaturan lalu lintas	< 20
Jangka menengah (5 – 10 tahun)	Jalan-jalan bypass	< 5
	Perbaikan angkutan umum	< 5
	Perbatasan kendaraan	5 - 25
Jangka panjang	Perubahan waktu kerja	< 3
	Pembangunan/pengembangan	-
	Perkotaan terencana/terkendali	-

Sumber : M.Ilyas (2004)

Pemilihan strategi yang terbaik diperlukan sehingga dampak biaya ekonomi yang akan timbul adalah sekecil mungkin.

2.4 Hipotesis Penelitian

Dari latar belakang dan studi pustaka yang telah dilakukan, maka hipotesis yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Fluktuasi pencemar udara NO_x dipengaruhi oleh volume kendaraan yang melintas.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Populasi

Populasi dari penelitian ini yaitu kendaraan bermotor yang melintas pada Ruas Jalan Margonda Raya, Depok.

Kendaraan bermotor yang merupakan populasi dari penelitian ini terdiri dari kategori bus, mobil, dan motor. Sesuai dengan syarat-syarat populasi, maka penelitian dibatasi jenis kendaraan menurut bahan bakarnya, yaitu kendaraan berbahan bakar diesel dan kendaraan berbahan bakar bensin. Berdasarkan alasan tersebut maka populasi yang diambil telah memenuhi persyaratan sebagai populasi, dimana populasi harus memiliki satu sifat yang sama.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan dalam penelitian yaitu Ruas Jalan Margonda Raya Depok. Lokasi penelitian ini dipilih karena Ruas Jalan Margonda Raya merupakan satu-satunya akses yang digunakan untuk keluar masuk Kota Depok, sehingga Jalan Raya Margonda Raya memiliki kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi.

3.3 Sampel dan Teknik Sampling

Sampel kendaraan bermotor dikelompokkan menjadi 3 bagian, yang terdiri dari bus, mobil, dan motor. Kendaraan yang tergolong dalam bus yaitu bus dengan ukuran $\frac{3}{4}$ sampai dengan bus berukuran besar, truk, mobil tangki, dan trailer. Kendaraan yang termasuk dalam kategori mobil yaitu mobil sedan, minibus, dan pickup. Sedangkan kendaraan yang termasuk dalam kategori motor yaitu kendaraan beroda dua. Untuk kendaraan yang termasuk dalam bus yaitu kendaraan berbahan bakar diesel, sedangkan kendaraan yang termasuk dalam kategori mobil dan motor yaitu kendaraan yang berbahan bakar bensin.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah faktor-faktor yang menjadi pokok permasalahan yang ingin diteliti. Variabel bebas atau variabel independen yang diukur adalah volume kendaraan.

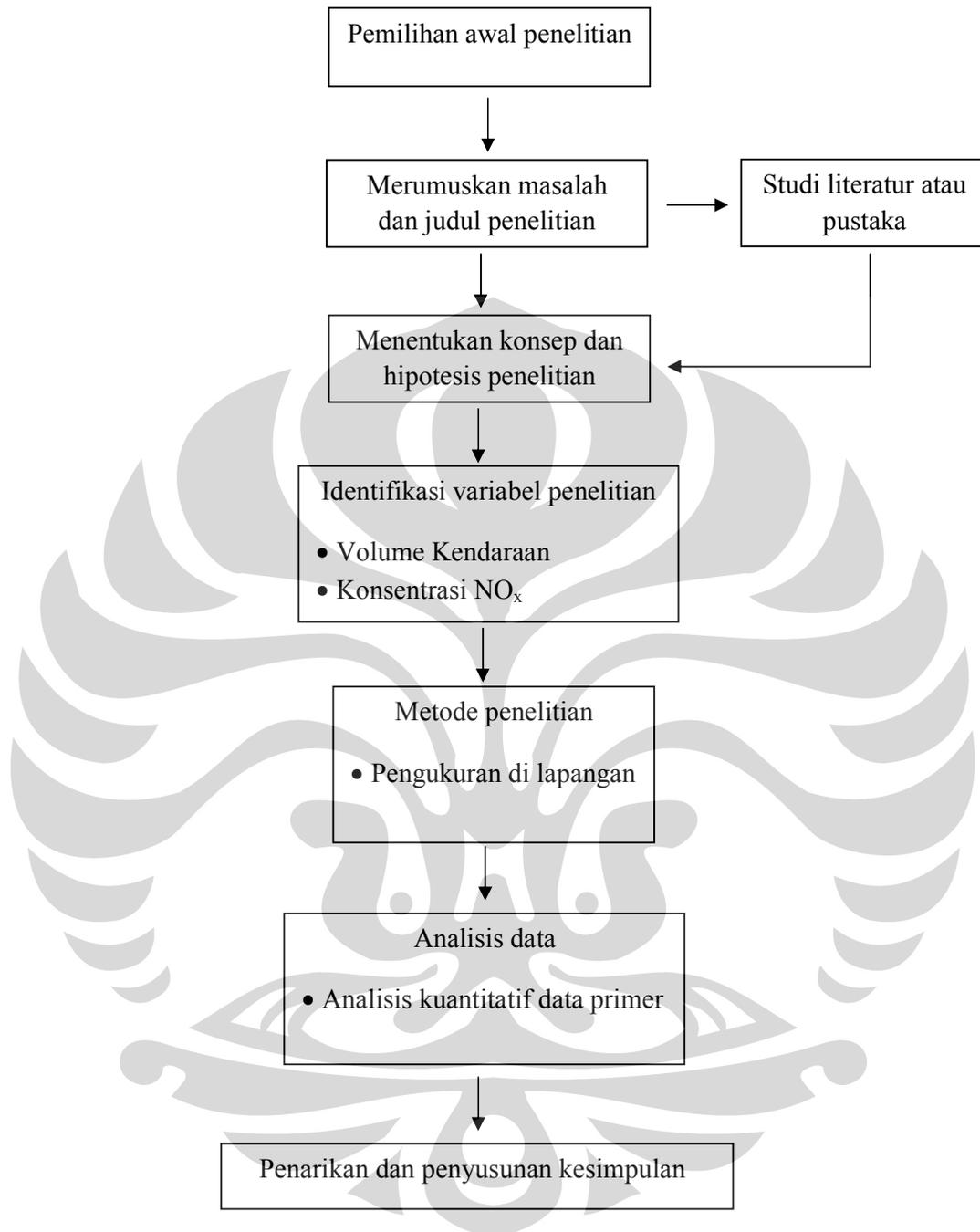
Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas yang diberikan dan diukur untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas. Variabel dependen atau variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil pengukuran konsentrasi NO_x yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor.

3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analisis secara kuantitatif deskriptif untuk melihat hubungan kualitas udara terhadap sumber pencemarnya. Untuk itu dilakukan studi observasi serta pengukuran terhadap parameter pencemar udara NO_x .

3.6 Kerangka Berpikir

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur tingkat konsentrasi NO_x yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan deskripsi yang rinci mengenai kualitas udara terutama konsentrasi NO_x yang terjadi pada daerah penelitian.



Gambar 3.1. Metode Kerja Penelitian

3.7 Teknik Pengambilan Data

Data merupakan faktor yang sangat penting dalam setiap penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Data Primer merupakan data yang diperoleh melalui pengukuran langsung pada kawasan penelitian. Pengukuran merupakan suatu metode pengambilan data dengan mengukur secara langsung parameter-parameter yang diinginkan. Macam dan prosedur pengukuran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengukuran Volume Kendaraan

Pengukuran volume kendaraan dilakukan dengan menggunakan bantuan alat *counter* sebagai alat hitung volume kendaraan saat dilakukannya pengukuran konsentrasi polutan berlangsung. Pengukuran volume kendaraan ini dilakukan selama 15 jam yaitu pada pukul 06.00-21.00 WIB. Perhitungan volume kendaraan dicatat setiap satu jam.

b. Pengukuran Konsentrasi NO_x

Pengukuran konsentrasi polutan NO_2 menggunakan metode pengukuran dengan metode *Griess Saltzman* sesuai dengan SNI19-7119.2-2005 yang mengacu pada acuan normatif ASTM D 1607-91 (1995). Sedangkan untuk pengukuran konsentrasi polutan NO , pada dasarnya juga menggunakan prinsip dalam pengukuran konsentrasi NO_2 . Prinsip pengukuran ini yaitu gas nitrogen dijerap dalam larutan *Griess Saltzman* sehingga membentuk suatu senyawa *azo dye* berwarna merah muda yang stabil selama 15 menit. Konsentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm. Konsentrasi ini merupakan konsentrasi NO_2 , dan untuk mendapatkan konsentrasi NO , konsentrasi NO_2 yang telah didapat dihitung dengan rumus yang sesuai.

Pengukuran konsentrasi NO dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat *impinger*. Pengukuran konsentrasi dilakukan setiap 1 jam dan dilakukan selama 15 jam yaitu pada pukul 06.00-21.00 WIB. Pengukuran konsentrasi NO menggunakan prinsip pengukuran konsentrasi NO_2 dengan metode *Griess Saltzman* sesuai dengan SNI19-7119.2-2005 yang mengacu pada acuan normatif ASTM D 1607-91 (1995).

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengukuran konsentrasi NO_x ini terdapat pada lampiran.

3.8 Analisis Data

Untuk memperoleh suatu kesimpulan masalah yang diteliti, maka analisis data merupakan suatu langkah penting dalam penelitian. Data yang sudah terkumpul tidak berarti apa-apa bila tidak diolah, oleh karena itu perlu analisis data. Yang dimaksud metode analisis data adalah cara mengolah data yang telah terkumpul untuk dapat disimpulkan. Data diolah sesuai dengan tujuan dan kerangka konsep penelitian. Setelah semua data terkumpul, kemudian dilakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut:

1. Persiapan

Kegiatan yang dilakukan dalam langkah persiapan ini yaitu mengecek kelengkapan data primer yang didapat dari pengukuran NO_x dan volume kendaraan)

2. Pengolahan data

Data-data yang telah didapat diolah dan dianalisa dengan teknik-teknik tertentu. Data kuantitatif diolah dengan menggunakan teknik analisis kuantitatif. Untuk pengolahan data kuantitatif dapat dilakukan dengan manual atau melalui proses komputerisasi.

- a. Pengolahan data lalu lintas

Volume lalu lintas yang telah didapat selama pengukuran 15 jam dan dengan pencatatan volume kendaraan tiap 1 jam, kemudian dikalikan dengan nilai Satuan Mobil Penumpang (smp). Sehingga didapat volume lalu lintas berdasarkan jenis bahan bakarnya dalam Satuan Mobil Penumpang per Jam (smp/jam).

Tabel 3.1 Nilai Satuan Mobil Penumpang (smp) Berbagai Jenis Kendaraan

Tipe Kendaraan	Nilai smp
Mobil penumpang, pick up, station wagon	1
Bus Sedang	1.5
Bus Besar	2
Truk	2
Kendaraan Bermotor Beroda dua	0.3
Kendaraan Bermotor Beroda tiga	0.7

Sumber : Buku II NKLD DKI Jkrta1997, hal 133

b. Pengolahan data NO_x

- Volum contoh uji udara yang diambil

Volum contoh uji udara yang diambil, dihitung pada kondisi normal (25⁰C, 760 mmHg) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760}$$

Dimana:

V = volum udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25⁰C, 760 mmHg

F₁ = laju alir awal (L/menit)

F₂ = laju alir akhir (L/menit)

t = durasi pengambilan contoh uji (menit)

P_a = tekanan barometer rata-rata (mmHg)

T_a = temperatur rata-rata (K)

298 = konversi temperatur pada kondisi normal (25⁰C) ke dalam Kelvin

760 = tekanan udara standar (mmHg)

- Konsentrasi NO_2 di udara ambien

Konsentrasi NO_2 dalam contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{b}{V} \times \frac{10}{25} \times 1000$$

Dimana :

C_{NO_2} = konsentrasi NO_2 di udara ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

b = jumlah NO_2 dari contoh uji hasil perhitungan dari kurva kalibrasi (μg)

V = volum udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25°C , 760 mmHg

10/25 = faktor pengenceran

1000 = konversi liter ke m^3

- Konsentrasi NO di udara ambien

Konsentrasi NO dihitung berdasarkan konsentrasi NO_2 di udara ambien dengan rumus :

$$C_{\text{NO}} = \frac{30}{46} \times C_{\text{NO}_2}$$

Dimana :

C_{NO} = konsentrasi NO di udara ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

3. Analisis Korelasi Regresi

Penelitian ini menggunakan analisis korelasi regresi linear dengan dua variabel bebas dan regresi linear berganda dengan empat variabel bebas. Garis regresi linear dengan dua variabel bebas memiliki persamaan umum sebagai berikut :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

dimana :

Y = variabel terikat (konsentrasi polutan NO_2 atau NO di udara)

X_1 = variabel bebas pertama (volume kendaraan berbahan bakar bensin)

- X_2 = variabel bebas kedua (volume kendaraan berbahan bakar diesel)
 a = konstanta
 b_1 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-1
 b_2 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-2

Sedangkan persamaan umum untuk regresi linear dengan empat variabel bebas yaitu sebagai berikut.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

dimana :

- Y = variabel terikat (konsentrasi polutan NO_2 atau NO di udara)
 X_1 = variabel bebas pertama (volume kendaraan berbahan bakar bensin pada jalur menuju Jakarta)
 X_2 = variabel bebas kedua (volume kendaraan berbahan bakar diesel pada jalur menuju Jakarta)
 X_3 = variabel bebas ketiga (volume kendaraan berbahan bakar bensin pada jalur menuju Depok)
 X_4 = variabel bebas keempat (volume kendaraan berbahan bakar diesel pada jalur menuju Depok)
 a = konstanta
 b_1 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-1
 b_2 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-2
 b_3 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-3
 b_4 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-4

Kekuatan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat dikenal dengan nama koefisien korelasi ganda (nilai R). koefisien korelasi ganda merupakan angka yang menunjukkan kekuatan hubungan bersama-sama antara dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat.

Nilai koefisien korelasi ganda didapatkan dengan rumus :

$$R = \sqrt{\frac{b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y}{\sum y^2}}$$

Koefisien determinasi berganda atau R^2 merupakan nilai yang penting dalam analisis regresi linear yang dapat digunakan keperluan mengukur kontribusi seluruh variabel bebas (X_1, X_2, \dots, X_n) dalam variabel terikat (Y). Nilai R^2 dapat diperoleh dengan mengkuadratkan koefisien korelasi ganda (R), sehingga $R^2 = R \times R$.



BAB 4

GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

4.1 Letak, Luas dan Batas Wilayah

Secara Geografis Kota Depok terletak di antara $06^{\circ}19'$ – $06^{\circ}28'$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}43'$ BT- $106^{\circ}55'$ Bujur Timur. Pemerintah Kota Depok merupakan bagian wilayah dari Propinsi Jawa Barat yang berbatasan dengan tiga kabupaten dan satu propinsi yaitu:

- a) Sebelah Utara berbatasan dengan DKI Jakarta dan Kecamatan Ciputat Kabupaten Tangerang
- b) Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor
- c) Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Pondok gede Kota Bekasi dan Kecamatan Gunung sindur Kabupaten Bogor
- d) Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Parung dan Kecamatan Gunung sindur Kabupaten Bogor

Luas keseluruhan Kota Depok yaitu 20.504,54 ha atau $200,29 \text{ km}^2$ yang mencakup 6 kecamatan yaitu: Kecamatan Beji, Limo, Cimanggis, Sawangan, Sukmajaya dan Kecamatan Pancoran Mas Kota Depok sebagai pusat pemerintahan berada di Kecamatan Pancoran Mas.

4.2 Iklim dan Curah Hujan

Wilayah Depok termasuk dalam daerah beriklim tropis dengan perbedaan curah hujan yang cukup kecil dan dipengaruhi oleh iklim musim. Secara umum musim kemarau antara bulan April-September dan musim hujan antara bulan Oktober-Maret.

- 1) Temperatur : $24,3^{\circ}$ - 33° Celsius
- 2) Kelembaban rata-rata : 25 %
- 3) Penguapan rata-rata : 3,9 mm/tahun
- 4) Kecepatan angin rata-rata : 26,87 km/jam

- 5) Penyinaran matahari rata-rata : 49,8 %
- 6) Jumlah curah hujan : 2684 m/tahun
- 7) Jumlah hari hujan : 222 hari/tahun

4.3 Jalan Raya Margonda Raya Depok

Penelitian ini dilakukan di Jalan Margonda Raya Depok. Jalan Margonda Raya memiliki data-data umum sebagai berikut:

- a. Jenis jalan tersebut adalah jalan kolektor primer.
- b. Panjang ruas jalan adalah 4,895 km.
- c. Jalan terdiri dari 4 (empat) lajur dan 2 (dua) jalur dengan lebar tiap lajur adalah 3,5 m.
- d. Jalan ini tidak memiliki bahu jalan tetapi dilengkapi dengan trotoar dengan lebar rata-rata 1 m.
- e. Jalan ini mempunyai median 50 cm

Arah pembangunan fisik Kota Depok dipengaruhi oleh ketersediaan akses ke Jakarta. Hal ini terlihat dari berkembangnya perumahan di pinggir Jakarta (suburbanisasi) khususnya disekitar Kecamatan Cimanggis dan Limo. Kegiatan komersial dan jasa terkonsentrasi di jalan Margonda Raya. Industri berkembang di sepanjang jalan Bogor Raya. Jika dilihat dari pola dan bentuknya, maka ada tiga akses utama Utara-Selatan yang mempengaruhi secara langsung, yaitu Jalan Raya Parung, Margonda Raya dan Raya Bogor. Namun jika dilihat dari perkembangannya saat ini, maka pusat kegiatan perdagangan, jasa serta industri lebih mengarah di bagian tengah (sektor Margonda Raya) dan Timur Kota (jalan Raya Cimanggis-Bogor).

Menurut Satyaputra (2007), sejak perubahan status Depok menjadi Kotamadya Daerah Tingkat II yang dikukuhkan oleh Undang-Undang No.15 tahun 1999, maka perkembangan Kota Depok berlangsung sangat pesat bahkan diperkirakan akan lebih pesat lagi pada masa-masa yang akan datang. Padahal sebelum Depok berstatus sebagai kota otonom pun, kota ini telah banyak mengalami pergeseran-pergeseran peruntukan maupun fungsi lahan, terutama di kawasan koridor Margonda sebagai pusat kota utamanya. Pergeseran dan

perubahan fungsi lahan di kawasan Jalan Margonda Raya tersebut banyak dialami oleh bangunan-bangunan rumah yang berubah fungsi menjadi kegiatan komersial berupa toko, restoran, apotik dan kegiatan perdagangan lainnya. Sedangkan areal-areal permukiman Baru yang berada di daerah belakang dari blok kavling sepanjang Jalan Margonda Raya ini semakin lama semakin banyak. Hal ini mengakibatkan menjamunya gerbang-gerbang dari masing-masing kawasan permukiman tersebut secara individual dan mengakibatkan ketidakjelasan karakter koridor Margonda sebagai kawasan pusat kota utama Kota Depok.

Pola perkembangan dan perubahan kota Depok ini, tidak terlepas dari tekanan-tekanan akibat kedekatannya secara geografis dengan Kota Jakarta sebagai ibukota negara Indonesia dan pengembangan sistem megapolitan Jabodetabek. Sejalan dengan tekanan-tekanan perkembangan kota berikut perubahan-perubahan yang mengikutinya tersebut, maka hal ini akan berpengaruh terhadap pola tata bangunan dan lingkungan di kawasan Jalan Margonda Raya.

Salah satu kasus yang terjadi ialah di Kota Depok. Kota Depok berkembang menjadi kota perdagangan dan jasa dikarenakan faktor lokasi dan otonomi daerah. Salah satu wujud dari perkembangan pesat Kota Depok menjadi kota perdagangan dan jasa berada pada Jalan Margonda Raya. Jalan ini juga merupakan salah pilihan utama para penduduk Kota Depok untuk beraktivitas di DKI Jakarta. Sehingga jalan ini sangat potensial secara letak. Tercatat dalam rentang waktu hanya kurang dari 2 tahun telah diresmikan tiga pusat perbelanjaan berskala besar. Ketiga pusat perbelanjaan tersebut adalah Depok Town Square (diresmikan 21 Oktober 2005), Margo City Square (diresmikan 29 Maret 2006) dan ITC Depok (diresmikan Agustus 2006).

Kondisi tata ruang di kawasan Jalan Margonda Raya yang demikian itu masih pula diperparah dengan sistem transportasi dan infrastruktur jaiian yang ada di Kota Depok, mengingat bahwa infrastruktur dan sistem tranportasi di kota Depok keberadaannya belum sebanding dengan tingkat kebutuhan di Depok sebagai kawasan penyangga Ibu kota Jakarta.

BAB 5

PEMBAHASAN

5.1 Penentuan Kurva Kalibrasi

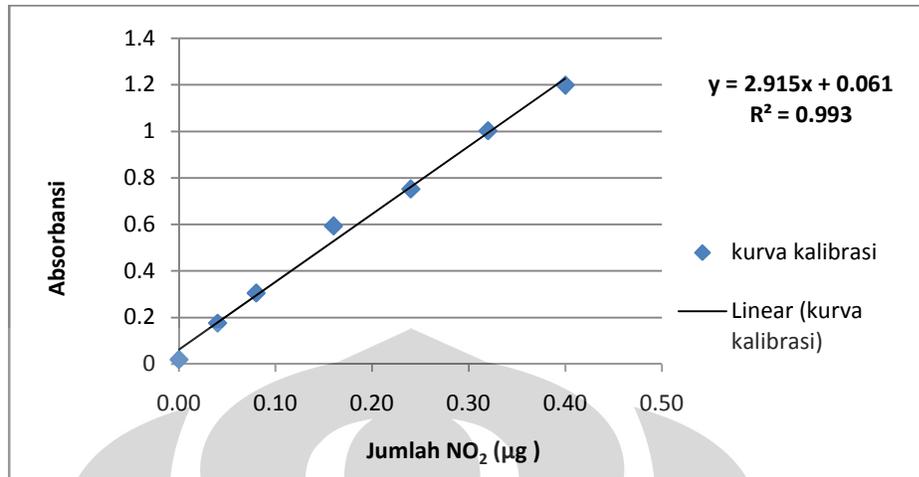
Penelitian ini bertujuan mengukur konsentrasi polutan NO_x yaitu NO dan NO_2 yang berada di ruas jalan Margonda Raya Depok. Sebelumnya dilakukan pembuatan kurva kalibrasi dan pengukuran background NO dan NO_2 yang berlokasi di kawasan Kampus Baru UI Depok.

Kurva kalibrasi menurut SNI 19-7119.2-2005 tentang cara uji kadar nitrogen dioksida (NO_2) dengan metoda Griess Saltzman menggunakan spektrofotometer, merupakan grafik yang menyatakan hubungan antara konsentrasi larutan standar dengan hasil pembacaan serapan dan merupakan suatu garis lurus.

Dari pemeriksaan pendahuluan, dilakukan pembuatan kurva kalibrasi sebagai salah satu persiapan dalam pengujian sampel. Kurva kalibrasi dibuat sebanyak 2 kali dengan tujuan mendapatkan kurva yang sesuai.

Dari pengukuran dan pengolahan data, didapatkan nilai absorbansi. Berdasarkan nilai absorbansi yang telah didapat tersebut, dibuat kurva kalibrasi. Gambar 5.1 merupakan kurva kalibrasi antara konsentrasi NO_2 (ppm) dengan absorbansi yang dihasilkan. Kurva ini merupakan hasil pembacaan antara serapan dengan jumlah NO_2 (μg).

Dari hasil pengolahan kurva kalibrasi, didapatkan data $R^2 = 0.993$ dan nilai ini mendekati nilai $R^2 = 1$, sehingga nilai ini dapat dianggap baik dan benar. Untuk selanjutnya kurva kalibrasi inilah yang akan digunakan untuk perhitungan konsentrasi polutan selanjutnya.



Sumber : Lampiran

Gambar 5.1 Kurva Kalibrasi

5.2 Pemeriksaan *Background* Konsentrasi NO dan NO₂

Penelitian ini pada dasarnya merupakan penelitian yang bertujuan mengetahui seberapa tingkat konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang diakibatkan oleh volume kendaraan bermotor. Untuk itu dilakukan penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk memberikan data bandingan tingkat konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang dihasilkan oleh volume kendaraan yang padat dan tidak padat.

Pemeriksaan *background* ini dilakukan di wilayah kampus baru UI Depok. Kampus baru UI Depok merupakan wilayah yang memiliki volume kendaraan sedikit dibandingkan dengan jalan raya Margonda Raya Depok. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana data konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang didapat dari volume kendaraan dan kepadatan yang rendah.

Pengukuran konsentrasi polutan NO dan NO₂ di kawasan kampus baru UI Depok dilakukan di jalan Raya Fakultas Teknik. Dengan volume kendaraan yang rendah, konsentrasi polutan yang didapat sebagai berikut.

Tabel 5.1 Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ di Kawasan Kampus Baru UI Depok

Jam sampling	Pembacaan absorbansi		Berat sampel (µg)		Konsentrasi (µg/Nm ³)	
	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO
09:25 - 10:25	0,209	0,123	0,051	0,021	0,050	0,021
10:35 - 11:35	0,037	0,254	-0,008	0,066	-0,008	0,065
11:45 - 12:45	0,034	0,100	-0,009	0,013	-0,009	0,013

Sumber : Lampiran

Dari tabel tersebut, terdapat nilai yang negatif. Artinya nilai tersebut sangatlah kecil sehingga tidak masuk ke dalam range kurva kalibrasi yang telah didapatkan sebelumnya. Hal tersebut berpengaruh terhadap hasil perhitungan konsentrasi yang telah dilakukan. Tabel tersebut menggambarkan bahwa konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terjadi di kawasan Kampus Baru UI Depok sangat kecil. Hal ini dikarenakan volume kendaraan yang melintas di kawasan ini juga sangat rendah sehingga emisi buangan yang dihasilkan dari kendaraan juga kecil.

5.3 Evaluasi Konsentrasi NO dan NO₂ di Jalan Margonda Raya Depok

Pemeriksaan konsentrasi polutan NO dan NO₂ di Jalan Margonda Raya Depok dilakukan selama 4 hari pengamatan dengan 15 jam pengamatan per hari. Hari pengamatan yaitu dilakukan pada hari libur yaitu hari Sabtu dan Minggu, serta pada hari kerja yang dilakukan pada hari Selasa dan Rabu. Pengamatan dimulai pada pukul 06.00 dan berakhir pada pukul 21.00. Pemeriksaan konsentrasi polutan NO dan NO₂ dilakukan secara bersamaan dengan dilakukannya pengukuran data lalu lintas yaitu volume kendaraan.

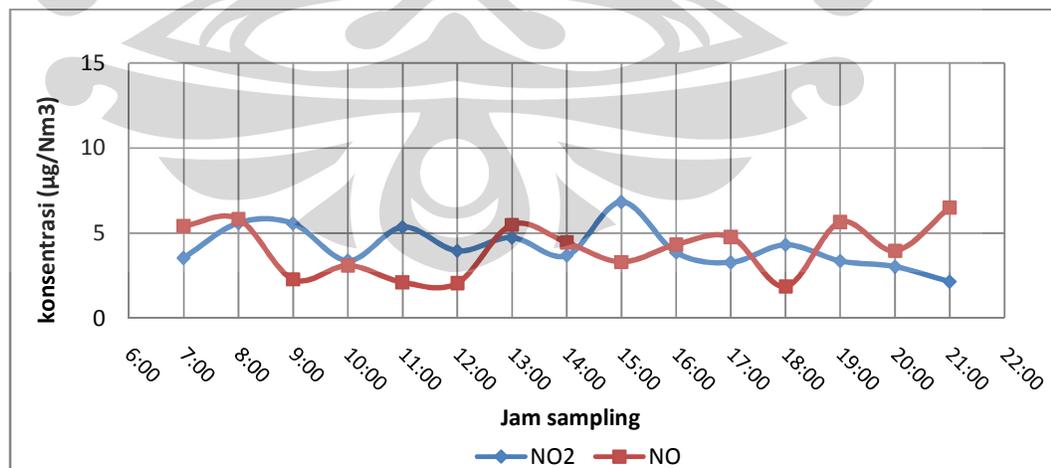
Berikut merupakan data hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terjadi pada hari Sabtu.

Tabel 5.2 Perhitungan konsentrasi polutan NO dan NO₂ pada hari Sabtu

Jam sampling	Volume contoh uji (liter)		Pembacaan absorbansi		Berat sampel (µg)		Konsentrasi (µg/Nm ³)	
	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO
7:00	17,812	29,686	0,245	0,780	0,063	0,247	3,544	5,419
8:00	17,635	29,391	0,349	0,827	0,099	0,263	5,603	5,831
9:00	17,505	29,175	0,345	0,361	0,097	0,103	5,566	2,301
10:00	17,428	29,047	0,233	0,463	0,059	0,138	3,386	3,096
11:00	17,535	29,225	0,335	0,338	0,094	0,095	5,360	2,121
12:00	17,370	28,951	0,262	0,328	0,069	0,092	3,970	2,063
13:00	17,342	28,904	0,301	0,772	0,082	0,244	4,747	5,503
14:00	23,293	23,293	0,311	0,525	0,086	0,159	3,682	4,457
15:00	23,418	23,418	0,525	0,407	0,159	0,119	6,834	3,323
16:00	23,440	23,440	0,325	0,514	0,091	0,155	3,867	4,328
17:00	23,513	23,513	0,285	0,561	0,077	0,172	3,278	4,772
18:00	23,688	23,688	0,357	0,257	0,102	0,067	4,319	1,865
19:00	23,814	23,814	0,294	0,659	0,080	0,205	3,374	5,648
20:00	23,814	23,814	0,272	0,483	0,072	0,145	3,040	3,965
21:00	23,804	23,804	0,211	0,752	0,051	0,237	2,161	6,492

Sumber : Lampiran

Dari data pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan, fluktuasi konsentrasi polutan yang terjadi pada pengamatan hari Sabtu dapat tergambar dengan jelas pada Gambar 5.2 berikut.



Sumber : Tabel 5.2

Gambar 5.2 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Pada Hari Sabtu

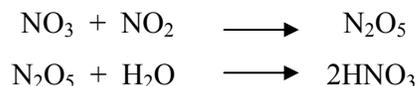
Dari fluktuasi konsentrasi polutan tersebut, dapat terlihat bahwa konsentrasi polutan NO₂ secara umum berlawanan dengan besarnya konsentrasi polutan NO. Saat konsentrasi polutan NO₂ mengalami peningkatan, maka konsentrasi polutan NO menurun.

Kecenderungan yang terjadi pada pagi hari yaitu konsentrasi polutan NO₂ memiliki tingkat konsentrasi yang lebih tinggi daripada konsentrasi NO. Pada mulanya yaitu pada jam 06.00 hingga jam 07.00 tingkat konsentrasi NO lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada jam tersebut merupakan jam dimana aktifitas manusia mulai meningkat sehingga konsentrasi NO akan meningkat pula terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu kendaraan bermotor. Konsentrasi NO tertinggi mencapai 5,831 µg/Nm³. Selanjutnya dengan terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultraviolet yang dimulai pada jam 08.00, konsentrasi polutan NO₂ mengalami peningkatan. Konsentrasi NO₂ tertinggi yaitu sebesar 6,834 µg/Nm³.

Pada waktu pengukuran sore hari yang dimulai pada jam 15.00, konsentrasi polutan NO terus mengalami peningkatan kembali. Hal ini dikarenakan menurunnya intensitas matahari menyebabkan pembentukan ozon (O₃) dan menurunnya konsentrasi NO₂, seperti tergambar pada reaksi berikut (Suhadi, 2005).



Penurunan konsentrasi polutan NO₂ pada sore hingga malam hari ini dapat pula disebabkan oleh reaksi fotokimia yang menggunakan polutan untuk bereaksi dengan H₂O dan membentuk asam nitrat, menurut reaksi yang tergambar berikut ini. NO₃ yang telah terbentuk akibat peningkatan ozon (menurut reaksi diatas) akan bereaksi lebih lanjut dengan NO₂ sehingga membentuk N₂O₅. Selanjutnya N₂O₅ ini yang akan bereaksi dengan H₂O sehingga membentuk asam nitrat.



Selain itu, penurunan konsentrasi polutan juga disebabkan oleh adanya faktor-faktor dispersi polutan seperti ketinggian pencampuran polutan dengan gas-gas lain di atmosfer dan juga karena kecepatan serta arah angin.

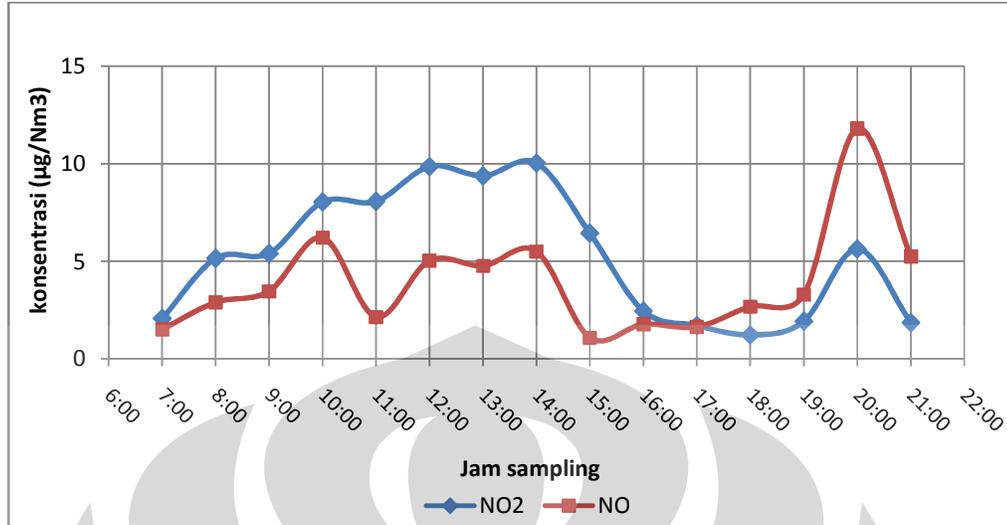
Selanjutnya merupakan data hasil perhitungan untuk mendapatkan konsentrasi polutan NO₂ dan NO yang dilakukan pada hari Minggu.

Tabel 5.3 Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Pada Hari Minggu

Jam sampling	Volume contoh uji (liter)		Pembacaan absorbansi		Berat sampel (µg)		Konsentrasi (µg/Nm ³)	
	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO
7:00	23,830	29,788	0,205	0,263	0,049	0,069	2,073	1,517
8:00	23,672	29,590	0,417	0,445	0,122	0,132	5,159	2,903
9:00	23,503	29,379	0,432	0,518	0,127	0,157	5,415	3,480
10:00	24,758	29,128	0,642	0,872	0,199	0,278	8,050	6,229
11:00	24,590	28,930	0,640	0,340	0,199	0,096	8,078	2,158
12:00	22,941	28,677	0,721	0,707	0,226	0,222	9,869	5,040
13:00	23,041	28,802	0,691	0,677	0,216	0,211	9,380	4,785
14:00	23,228	29,035	0,741	0,778	0,233	0,246	10,043	5,525
15:00	23,407	23,407	0,501	0,176	0,151	0,039	6,449	1,099
16:00	23,382	23,382	0,229	0,247	0,058	0,064	2,465	1,780
17:00	23,445	23,445	0,178	0,233	0,040	0,059	1,712	1,641
18:00	23,561	23,561	0,146	0,345	0,029	0,097	1,238	2,697
19:00	23,661	23,661	0,195	0,411	0,046	0,120	1,943	3,310
20:00	23,676	23,676	0,450	1,311	0,133	0,429	5,636	11,812
21:00	23,698	23,698	0,190	0,618	0,044	0,191	1,867	5,259

Sumber : Lampiran

Dari pengolahan data yang telah dilakukan, fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terjadi pada pengamatan hari Minggu dapat tergambarkan dengan jelas pada gambar berikut ini.

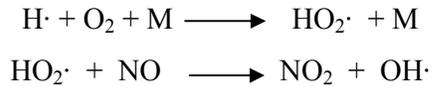


Sumber : Tabel 5.3

Gambar 5.3 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Pada Hari Minggu

Grafik tersebut memperlihatkan bahwa konsentrasi polutan NO₂ cenderung tinggi pada saat dilakukan pengambilan data pagi hari hingga siang hari yaitu pada jam 06.00 hingga jam 15.00, sedangkan untuk jam pengambilan data sore hingga malam hari terlihat konsentrasi polutan NO yang memiliki cenderung lebih tinggi daripada konsentrasi polutan NO₂. Konsentrasi polutan NO₂ tertinggi terdapat pada waktu pagi hari yaitu pada jam 13.00-14.00. konsentrasi NO₂ tertinggi mencapai 10,043 µg/Nm³. Konsentrasi tertinggi ini dikarenakan terdapatnya intensitas sinar matahari yang cukup tinggi sehingga konsentrasi polutan NO yang diemisikan dari kendaraan bermotor dapat diubah dengan reaksi atmosfer yang dibantu dengan sinar ultraviolet menjadi polutan NO₂. Perbedaan tingkat konsentrasi polutan NO₂ dan NO sangat terlihat jelas. Perbedaan tersebut dikarenakan pengambilan data dilakukan pada kondisi yang sangat cerah sehingga reaksi-reaksi yang terjadi di atmosfer dapat berlangsung dengan baik. Selain itu, reaksi yang terjadi pada siang hari memungkinkan terjadinya reaksi antara polutan dengan HO₂ radikal (HO₂·) yang terbentuk akan mengoksidasi NO menjadi NO₂ sebagaimana terlihat pada reaksi berikut (Kumar, 2002).





Selanjutnya konsentrasi polutan NO_2 akan menurun dikarenakan NO_2 yang terbentuk dari reaksi di atas menyerap energi matahari yang ada dan akan berfotolisis kembali menghasilkan NO dan O_3 . Hal ini mengakibatkan konsentrasi NO kembali meningkat dan menurunnya konsentrasi NO_2 . Selain itu, pada sore hari yang dimulai dari jam 14.00 tingkat konsentrasi polutan NO_2 telah menurun dikarenakan intensitas sinar matahari yang telah menurun juga, sehingga menurunnya konsentrasi polutan NO_2 akan membuat konsentrasi polutan NO menjadi lebih tinggi. Konsentrasi polutan NO tertinggi pada waktu ini mencapai $11,812 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ yang terjadi pada jam 19.00 hingga jam 20.00.

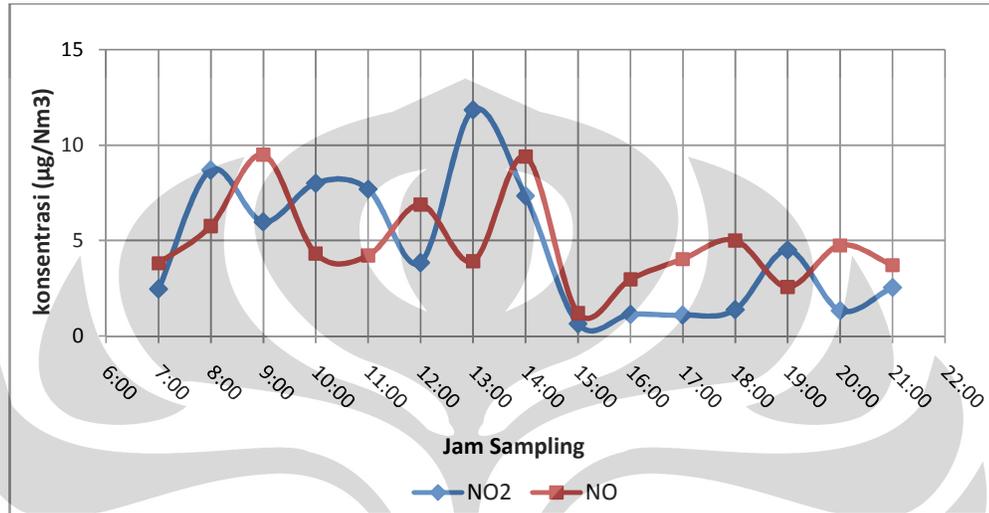
Pengambilan data dilakukan pada waktu hari libur (Sabtu dan Minggu) dan juga pada hari kerja (Selasa dan Rabu). Berikut merupakan data hasil perhitungan untuk mendapatkan konsentrasi polutan NO_2 dan NO yang dilakukan pada hari Selasa.

Tabel 5.4 Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO_2 Pada Hari Selasa

Jam sampling	Volume contoh uji (liter)		Pembacaan absorbansi		Berat sampel (μg)		Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
	NO_2	NO	NO_2	NO	NO_2	NO	NO_2	NO
7:00	26,771	28,258	0,253	0,543	0,066	0,165	2,460	3,816
8:00	26,568	28,044	0,734	0,783	0,231	0,248	8,690	5,760
9:00	26,335	26,335	0,520	1,178	0,157	0,383	5,979	9,490
10:00	26,007	26,007	0,668	0,562	0,208	0,172	8,007	4,310
11:00	25,905	25,905	0,642	0,549	0,199	0,167	7,694	4,215
12:00	26,077	21,731	0,353	0,730	0,100	0,230	3,841	6,888
13:00	26,339	26,339	0,971	0,522	0,312	0,158	11,852	3,916
14:00	26,273	26,273	0,623	1,164	0,193	0,378	7,338	9,393
15:00	23,594	23,594	0,105	0,187	0,015	0,043	0,640	1,195
16:00	23,666	23,666	0,139	0,374	0,027	0,107	1,131	2,959
17:00	23,765	23,765	0,137	0,490	0,026	0,147	1,097	4,039
18:00	23,864	23,864	0,157	0,595	0,033	0,183	1,380	5,006
19:00	23,880	23,880	0,374	0,336	0,107	0,094	4,497	2,576
20:00	23,880	23,880	0,154	0,569	0,032	0,174	1,336	4,759
21:00	23,906	23,906	0,238	0,459	0,061	0,137	2,540	3,725

Sumber : Lampiran

Dari pengolahan data yang telah dilakukan, fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terjadi pada pengamatan hari Selasa dapat tergambarkan dengan jelas pada Gambar 5.4 berikut.



Sumber : Tabel 5.4

Gambar 5.4 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Pada Hari Selasa

Gambar 5.4 tersebut memperlihatkan grafik fluktuasi konsentrasi polutan NO₂ dan NO yang terjadi pada hari Selasa. Pada grafik ini sangat terlihat fluktuasi naik-turun antara polutan NO₂ dan NO. Bila konsentrasi polutan NO₂ meningkat maka yang terjadi yaitu konsentrasi polutan NO turun.

Pada pengambilan data pagi hari di hari Selasa, konsentrasi polutan NO memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi dari konsentrasi NO₂, yang terjadi pada jam 06.00 hingga jam 07.00. hal ini dikarenakan polutan utama yang diemisikan dari volume kendaraan yang melintas yaitu polutan NO. akan tetapi, secara keseluruhan tingkat konsentrasi NO₂ memiliki kecenderungan memiliki nilai yang lebih tinggi di pagi hari Selasa ini. Hal ini terjadi hingga siang hari yaitu pada jam 13.00. Konsentrasi polutan NO₂ tertinggi pada saat ini mencapai 11,852 µg/Nm³ yaitu yang terjadi pada jam 12.00 hingga jam 13.00. Tingginya konsentrasi polutan NO₂ ini dikarenakan pada jam tersebut matahari berada pada posisi yang tinggi sehingga tingkat intensitas matahari

yang ada pada jam tersebut tinggi. Akan tetapi, konsentrasi polutan NO₂ setelah jam 13.00 telah mengalami penurunan yang cukup signifikan. Penurunan konsentrasi NO₂ yang cukup signifikan ini dikarenakan setelah jam 13.00 tersebut cuaca dari cerah langsung berubah menjadi mendung sehingga matahari pun meredup dan menyebabkan tidak ada lagi energi yang dapat merubah konsentrasi NO yang diemisikan dari kendaraan bermotor menjadi konsentrasi NO₂. Hal ini menyebabkan penurunan konsentrasi polutan NO₂ dan kenaikan konsentrasi polutan NO. Tingkat konsentrasi NO tertinggi pada saat ini mencapai 6,675 µg/Nm³ terjadi pada jam 17.00 hingga jam 18.00. Saat dilakukannya pengukuran konsentrasi polutan pada jam tersebut cuaca mendung hingga menyebabkan hujan ringan yang disertai timbulnya petir. Nilai konsentrasi polutan NO pada saat tersebut cukup tinggi dibandingkan dengan nilai konsentrasi polutan NO yang diukur pada rentang waktu ini yang juga merupakan cuaca yang mendung. Tingginya nilai konsentrasi polutan NO ini diakibatkan oleh reaksi atmosfer yaitu terjadinya pembentukan NO secara alami akibat adanya petir. Selain itu, dapat pula karena terdapat perubahan unsur nitrogen yang terdapat di udara menjadi senyawa kimia. Perubahan ini dapat terjadi secara alami yang dikarenakan adanya petir sehingga dapat menyebabkan oksigen dan nitrogen yang terdapat di udara dapat bereaksi dan membentuk nitrogen oksida.



Hal-hal tersebutlah yang menyebabkan tingkat konsentrasi NO memiliki nilai yang tinggi pada saat mendung terutama saat terjadinya petir.

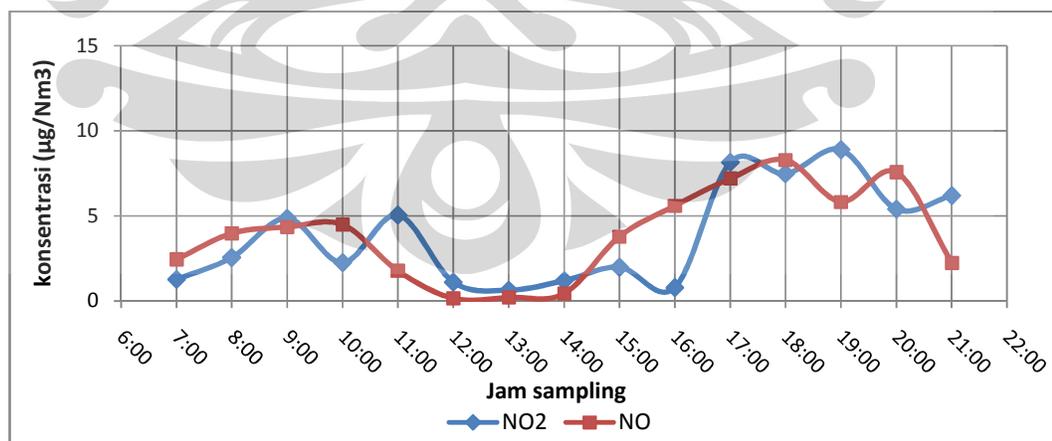
Selanjutnya berikut merupakan data hasil perhitungan untuk mendapatkan konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang dilakukan pada hari Rabu.

Tabel 5.5 Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Pada Hari Rabu

Jam sampling	Volume contoh uji (liter)		Pembacaan absorbansi		Berat sampel (µg)		Konsentrasi (µg/Nm ³)	
	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO
7:00	26.912	26.912	0.160	0.355	0.034	0.101	1.262	2.444
8:00	22.285	22.285	0.226	0.457	0.057	0.136	2.540	3.976
9:00	22.145	15.994	0.375	0.372	0.108	0.107	4.864	4.350
10:00	26.471	26.471	0.234	0.591	0.059	0.182	2.242	4.479
11:00	26.415	26.415	0.450	0.270	0.133	0.072	5.052	1.770
12:00	26.281	20.441	0.146	0.075	0.029	0.005	1.110	0.153
13:00	26.081	26.081	0.109	0.085	0.016	0.008	0.631	0.206
14:00	26.183	26.183	0.152	0.111	0.031	0.017	1.192	0.427
15:00	19.852	19.852	0.176	0.397	0.039	0.115	1.987	3.787
16:00	23.505	23.505	0.115	0.445	0.019	0.132	0.788	5.604
17:00	23.505	23.505	0.620	0.554	0.192	0.169	8.159	7.195
18:00	23.596	23.596	0.576	0.632	0.177	0.196	7.487	8.301
19:00	23.643	23.643	0.674	0.463	0.210	0.138	8.894	5.833
20:00	23.694	23.694	0.434	0.584	0.128	0.179	5.400	7.572
21:00	23.771	23.771	0.490	0.215	0.147	0.053	6.191	2.222

Sumber : Lampiran

Dari data pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan, fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terjadi pada pengamatan hari Rabu dapat tergambarkan dengan jelas pada gambar berikut.

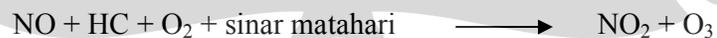


Sumber : Tabel 5.5

Gambar 5.5 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Pada Hari Rabu

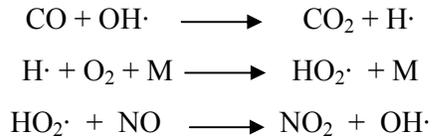
Grafik fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terjadi pada hari Rabu juga memiliki nilai yang naik turun. Pada jam pengamatan pagi hari yaitu pada jam 06.00 hingga jam 14.00, kecenderungan yang terjadi yaitu konsentrasi polutan NO₂ memiliki nilai yang lebih tinggi daripada konsentrasi polutan NO. Sedangkan untuk polutan NO memiliki kecenderungan memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu dimulai pada jam 14.00 hingga malam hari. Akan tetapi, tingkat konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terjadi pada hari Rabu secara keseluruhan yaitu tinggi pada pagi hari, lalu menurun pada siang hari, dan akhirnya meningkat kembali dengan cukup tinggi pada malam hari. Kenaikan nilai konsentrasi yang cukup tinggi pada perubahan waktu sore ke malam hari ini disebabkan oleh turunnya suhu yang cukup berarti. Turunnya suhu ini diikuti dengan cuaca mendung yang menyebabkan intensitas matahari semakin berkurang sehingga konsentrasi polutan NO dan NO₂ akan mengalami perubahan yang berarti.

Dari seluruh grafik fluktuasi yang telah didapat di masing-masing hari, keseluruhan grafik memiliki kecenderungan yang sama, yaitu konsentrasi polutan NO₂ di pagi hari hingga siang hari memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada konsentrasi polutan NO. Sedangkan untuk polutan NO memiliki tingkat konsentrasi yang lebih tinggi daripada konsentrasi NO₂ pada sore hingga malam hari. Hal ini dikarenakan pada pagi hari hingga siang hari telah terbentuk sinar matahari sehingga gas nitrogen oksida yang berkonsentrasi lebih tinggi yang terdapat dalam udara ambien yaitu gas nitrogen dioksida (NO₂). Hal ini dikarenakan pada reaksi atmosfer yang terjadi yaitu:



Pada dasarnya polutan utama yang dihasilkan dari kendaraan bermotor yaitu polutan nitrogen monoksida (NO). Sehingga bila sinar matahari telah terbentuk maka polutan NO yang diemisikan dari kendaraan bermotor akan berubah menjadi polutan NO₂.

Selain itu, tingginya konsentrasi polutan NO₂ di siang hari akibat adanya reaksi antara polutan dengan HO₂ radikal (HO₂·) yang terbentuk akan mengoksidasi NO menjadi NO₂ sebagaimana terlihat pada reaksi berikut (Kumar, 2002).



Untuk pengambilan data pada sore hingga malam hari sudah tidak terdapat intensitas sinar matahari sehingga konsentrasi NO_2 akan kembali menurun. Hal ini dikarenakan tidak ada lagi sinar matahari yang dapat membantu reaksi proses terjadinya polutan NO_2 , sehingga konsentrasi polutan NO akan meningkat. Peningkatan konsentrasi polutan NO di sore hari diakibatkan menurunnya intensitas matahari menyebabkan pembentukan ozon (O_3) dan menurunnya konsentrasi NO_2 . Hal tersebut terjadi seperti tergambar pada reaksi berikut (Kumar, 2002).



Selain itu, penurunan konsentrasi polutan NO_2 pada sore hingga malam hari ini dapat pula disebabkan oleh reaksi fotokimia menurut reaksi berikut.



Selain itu, penurunan konsentrasi polutan juga disebabkan oleh adanya faktor-faktor dispersi polutan seperti ketinggian pencampuran polutan dengan gas-gas lain di atmosfer dan juga karena kecepatan serta arah angin.

Untuk lebih jelasnya rekapitulasi perhitungan konsentrasi polutan NO_2 dan NO dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Konsentrasi Polutan NO dan NO₂

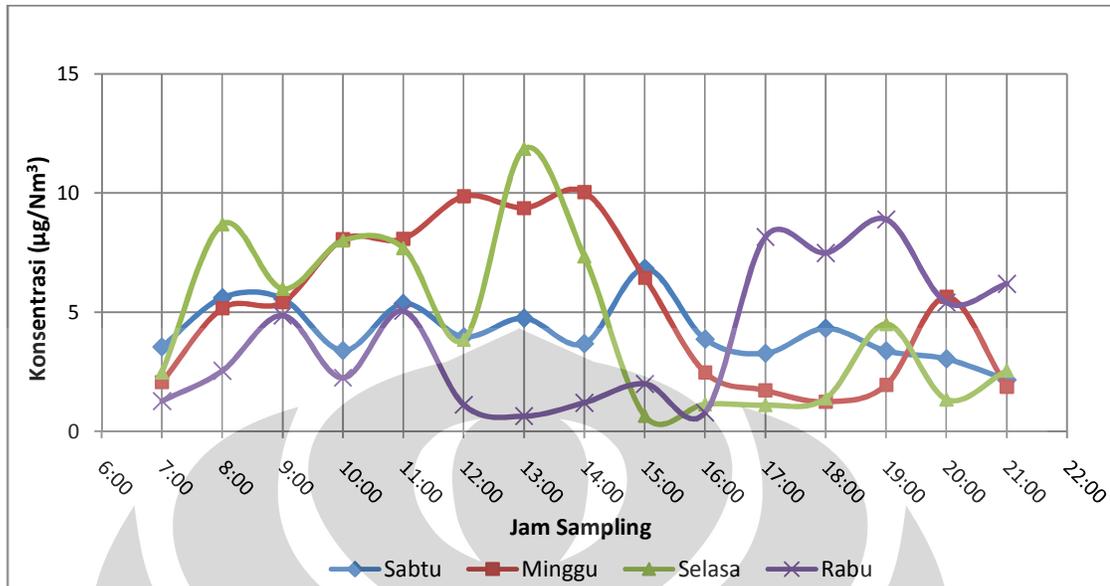
R E K A P I T U L A S I									
Jam sampling	Konsentrasi NO ₂ (µg/Nm ³)				Konsentrasi NO (µg/Nm ³)				BAKU MUTU (µg/Nm ³)
	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu	
7:00	3,544	2,073	2,460	1,262	5,419	1,517	3,816	2,444	400
8:00	5,603	5,159	8,690	2,540	5,831	2,903	5,760	3,976	
9:00	5,566	5,415	5,979	4,864	2,301	3,480	9,490	4,350	
10:00	3,386	8,050	8,007	2,242	3,096	6,229	4,310	4,479	
11:00	5,360	8,078	7,694	5,052	2,121	2,158	4,215	1,770	
12:00	3,970	9,869	3,841	1,110	2,063	5,040	6,888	0,153	
13:00	4,747	9,380	11,852	0,631	5,503	4,785	3,916	0,206	
14:00	3,682	10,043	7,338	1,192	4,457	5,525	9,393	0,427	
15:00	6,834	6,449	0,640	1,987	3,323	1,099	1,195	3,787	
16:00	3,867	2,465	1,131	0,788	4,328	1,780	2,959	5,604	
17:00	3,278	1,712	1,097	8,159	4,772	1,641	4,039	7,195	
18:00	4,319	1,238	1,380	7,487	1,865	2,697	5,006	8,301	
19:00	3,374	1,943	4,497	8,894	5,648	3,310	2,576	5,833	
20:00	3,040	5,636	1,336	5,400	3,965	11,812	4,759	7,572	
21:00	2,161	1,867	2,540	6,191	6,492	5,259	3,725	2,222	

Sumber : Tabel 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 (2010)

Berdasarkan tabel hasil rekapitulasi tersebut, dapat diketahui konsentrasi polutan NO₂ maksimum sebesar 11,852 µg/Nm³ terjadi pada hari Selasa. Sedangkan konsentrasi polutan NO maksimum terjadi pada hari Minggu yaitu sebesar 11,812 µg/Nm³. Namun, konsentrasi maksimum yang terjadi masih dibawah baku mutu udara ambien yang ada untuk polutan tersebut yaitu sebesar 400 µg/Nm³.

Baku mutu konsentrasi polutan NO₂ menurut PP No.41 Tahun 1999 yaitu sebesar 400 ug/Nm³ untuk pengukuran selama 1 jam, 150 µg /Nm³ untuk pengukuran selama 24 jam, dan 100 µg/Nm³ untuk pengukuran tahunan. Dengan baku mutu tersebut, dapat dibuat grafik konsentrasi polutan NO₂ yang terjadi selama waktu penelitian dibandingkan dengan baku mutu yang ada.

Berikut merupakan grafik rekapitulasi fluktuasi polutan NO₂ dan NO yang terjadi di masing-masing hari.



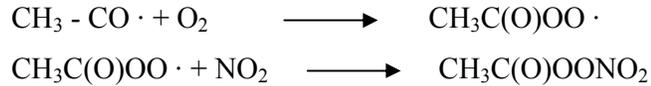
Sumber : Tabel 5.6 (2010)

Gambar 5.6 Rekapitulasi Fluktuasi NO₂

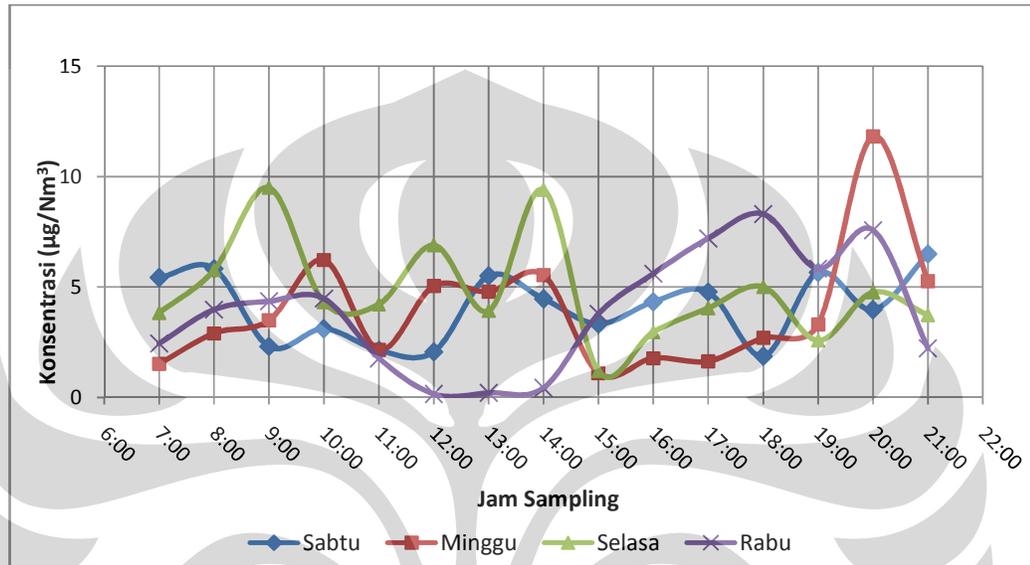
Gambar tersebut merupakan grafik rekapitulasi fluktuasi konsentrasi polutan NO₂ yang memperlihatkan data yang sangat bervariasi di tiap jam per hari pengamatan. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa besarnya tingkat konsentrasi polutan NO₂ memiliki tingkat konsentrasi maksimum dari yang tertinggi hingga terendah yaitu berurut dari hari Selasa, Minggu, Rabu, dan Sabtu. Konsentrasi polutan NO₂ memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 11,852 µg /Nm³ pada hari Selasa yang terjadi pada jam pengamatan jam 12.00 hingga jam 13.00. Sedangkan konsentrasi polutan NO₂ terendah terjadi pada hari Rabu pada jam pengamatan jam 12.00 hingga jam 13.00 yaitu sebesar 0,631 µg /Nm³.

Rendanya konsentrasi polutan NO₂ pada jam pengamatan jam 12.00 hingga jam 13.00 di hari Rabu dapat diakibatkan oleh adanya suhu yang cukup tinggi pada jam 12.00 hingga jam 13.00. Suhu udara yang tinggi memungkinkan terjadinya pembentukan *Peroxy Acetyl Nitrate* (PAN) dengan rumus kimia CH₃C(O)OONO₂, sebagaimana menurut reaksi berikut (Cucioreanu, 2006).





Menurut reaksi tersebut, terbentuknya PAN mengakibatkan menurunnya konsentrasi polutan NO_2 .

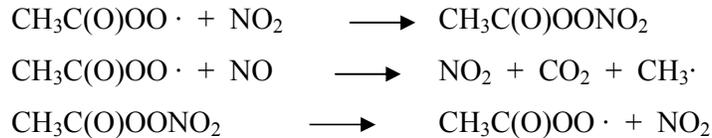


Sumber : Tabel 5.6 (2010)

Gambar 5.7 Rekapitulasi Fluktuasi NO_2

Gambar rekapitulasi fluktuasi konsentrasi polutan NO_2 tersebut memperlihatkan data yang sangat bervariasi. Dari grafik tersebut terlihat bahwa besarnya tingkat konsentrasi polutan NO_2 memiliki kecenderungan tertinggi hingga terendah yaitu berurut dari hari Minggu, Selasa, Rabu, dan Sabtu. Konsentrasi polutan NO_2 memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar $11,812 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pada hari Minggu yang terjadi pada jam pengamatan jam 19.00 hingga jam 20.00. sedangkan konsentrasi polutan NO_2 terendah terjadi pada hari Rabu pada jam pengamatan jam 11.00 hingga jam 13.00 yaitu sebesar $0,153 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Rendahnya konsentrasi NO_2 pada jam pengamatan jam 11.00 hingga jam 13.00 dapat diakibatkan karena suhu udara meningkat. Hal ini memungkinkan PAN yang telah terbentuk dapat terurai kembali menjadi radikal $\text{CH}_3\text{C(O)OO}\cdot$ dan NO_2 dengan bantuan panas (Cucioreanu, 2006).



Menurut Jacobs (2004), umur PAN pada suhu sekitar 295 K adalah selama 1 jam, sehingga bila dengan suhu tersebut lebih dari 1 jam PAN yang terbentuk akan terurai kembali. Terurainya PAN dapat terlihat dari konsentrasi NO yang lebih rendah dari NO₂.

5.4 Data Lalu Lintas

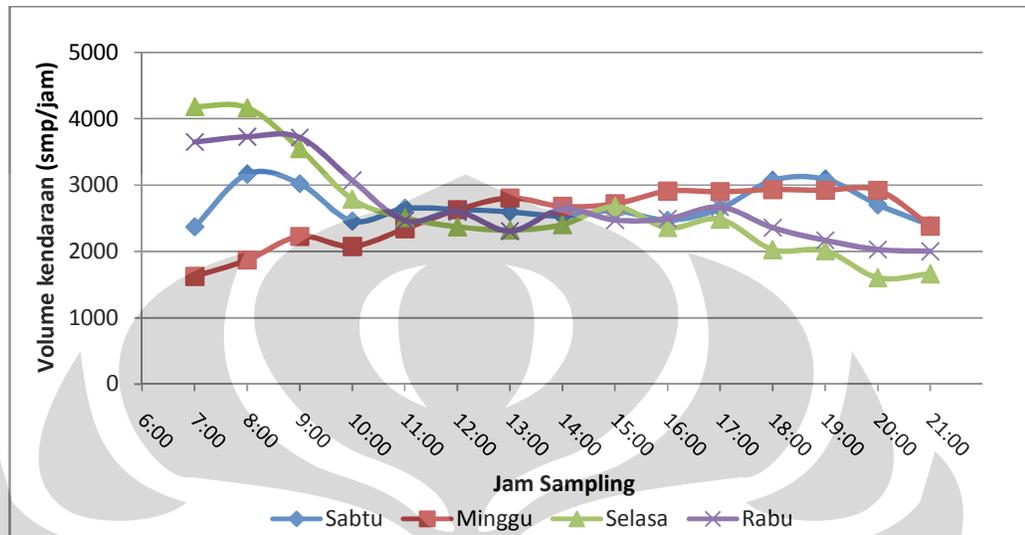
Data-data lalu lintas yang diambil yaitu volume kendaraan. Data volume kendaraan dibagi menjadi 3 moda kendaraan yaitu motor, mobil, dan bus. Berikut merupakan data volume kendaraan yang dihitung per 15 menit selama 8 jam pengamatan dan telah direkapitulasi menjadi volume kendaraan tiap jalur (jalur menuju Jakarta dan jalur menuju Depok).

Tabel 5.7 Volume Kendaraan Total Perjalur

Jam sampling	Total Volume Menuju Jakarta (smp/jam)				Total Volume Menuju Depok (smp/jam)			
	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu
7:00	2369,9	1623,4	4182,7	3650,5	1240,9	1195,6	1455,8	1298,7
8:00	3163,2	1870,4	4164,7	3727,6	1783,3	1774,4	1845,7	1945,1
9:00	3020,3	2224,7	3550,1	3715,9	2218,6	2155,6	1969,8	2199,8
10:00	2455,5	2074,4	2786	3069,1	2408,3	2145,1	1873,4	2370,2
11:00	2643,4	2341,8	2506,9	2463,2	2385,5	2494,9	2064,7	2203,4
12:00	2632,4	2627,6	2368,3	2596,3	2253	2348,3	2220,5	2311,4
13:00	2594,2	2805,5	2319,8	2303,4	2305,6	2621,5	2399,9	2186,3
14:00	2531,3	2677,1	2400,9	2636,5	1737,9	2352,1	2343	2225,9
15:00	2613,7	2715,6	2676	2469,8	2143,8	3456,2	2740,8	2131,3
16:00	2470,3	2907,9	2357,7	2490,3	3020,8	3366,8	3082,4	3122,4
17:00	2647,4	2898,8	2484,3	2669,9	3571,3	2992,3	4147,3	3377,2
18:00	3071,1	2931,1	2025,2	2357,8	3657,4	3390,7	3459,9	3767,1
19:00	3086,7	2921,5	2009,7	2166,5	3088,2	2765,4	3764,2	4172,2
20:00	2703,2	2921,5	1600,8	2027,4	2937,8	2765,4	3818,8	3793,7
21:00	2393,2	2382,5	1659,7	1997,4	3072,8	2388,9	3308,4	3569,5

Sumber : Lampiran

Grafik volume kendaraan total perjalur yang terjadi dapat terlihat pada gambar 5.8 dan Gambar 5.9 berikut.



Sumber : Tabel 5.7

Gambar 5.8 Volume Total Kendaraan Menuju Jakarta

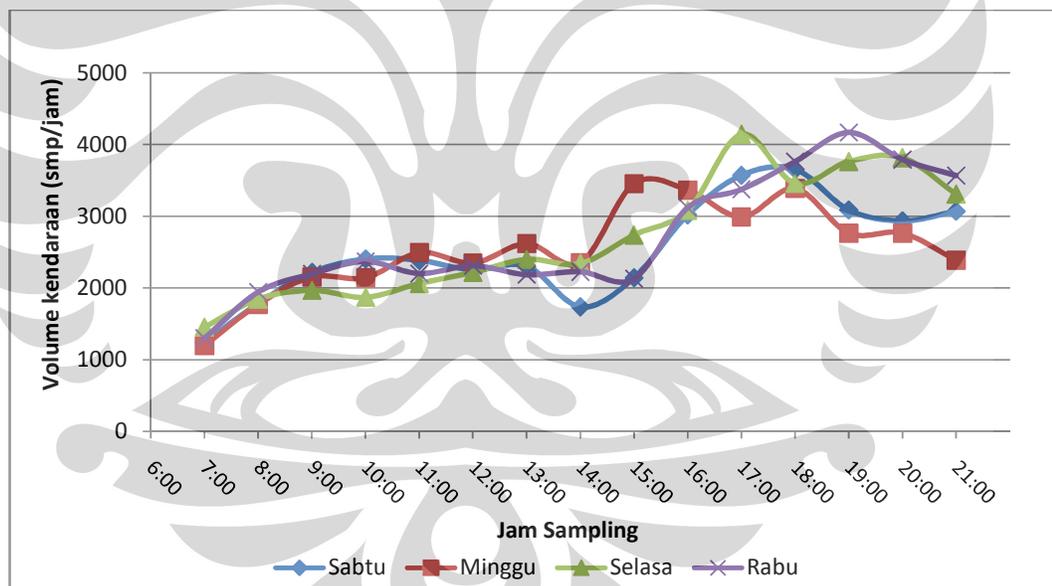
Dari grafik total volume menuju Jakarta dapat terlihat bahwa volume kendaraan total (bus, mobil, dan motor) memiliki nilai maksimum yang diurut dari tertinggi hingga nilai maksimum terendah terjadi pada hari Selasa, Rabu, Sabtu, dan Minggu. Volume total tertinggi yang terjadi pada jalur menuju Jakarta yaitu terjadi pada hari Selasa jam 06.00 hingga jam 07.00 dengan volume kendaraan sebesar 4182,7 smp per jam. Sedangkan volume kendaraan terendah terjadi pada pengamatan hari Minggu jam 06.00 hingga jam 07.00 dengan volume kendaraan total sebesar 1623,4 smp per jam.

Grafik tersebut juga memperlihatkan kecenderungan volume kendaraan pagi hari memiliki nilai yang lebih tinggi. Volume ini menurun di siang hari dan sedikit meningkat kembali di sore hari. akan tetapi, peningkatan yang terjadi di sore hari tidak sebesar peningkatan yang terjadi di pagi hari.

Besarnya volume kendaraan total yang terjadi di pagi hari dikarenakan pagi hari merupakan waktu dimulainya aktivitas manusia. Kota Depok merupakan kota penyangga bagi kota metropolitan Jakarta. Banyak sekali

penduduk yang bermukim di Kota Depok dan melakukan aktivitasnya di Kota Jakarta. Karena hal tersebut, maka jalan raya Margonda Raya Depok ini yang merupakan satu-satunya akses jalan menuju Kota Jakarta menjadi sangat ramai dan dipenuhi oleh pengendara kendaraan bermotor yang melintas.

Pada pengamatan siang hari, volume kendaraan total yang melintas pada jalur menuju Jakarta mengalami penurunan yang cukup berarti. Dengan penurunan volume kendaraan ini, Jalan Raya Margonda Raya Depok ini terlihat sepi. Akan tetapi, pada pengamatan jam 17.00 hingga jam 20.00 volume kendaraan total yang melintasi jalur ini kembali meningkat. Hal ini dikarenakan terdapatnya manusia yang bertempat tinggal di kota selain Depok dan beraktivitas di Depok, akan pulang kembali ke tempat tinggalnya masing-masing sehingga jalan Raya Margonda raya Depok ini kembali ramai oleh kendaraan bermotor.



Sumber : Tabel 5.7

Gambar 5.9 Volume Total Kendaraan Menuju Depok

Dari grafik total volume menuju Depok dapat terlihat bahwa volume kendaraan total (bus, mobil, dan motor) memiliki nilai maksimum yang diurut dari tertinggi hingga nilai maksimum terendah terjadi pada hari Selasa, Rabu,

Sabtu, dan Minggu. Volume total tertinggi yang terjadi pada jalur menuju Depok yaitu terjadi pada hari Selasa jam 17.00 hingga jam 18.00 dengan volume kendaraan sebesar 4147,3 smp per jam. Sedangkan volume kendaraan terendah terjadi pada pengamatan hari Minggu jam 06.00 hingga jam 07.00 dengan volume kendaraan total sebesar 1195,6 smp per jam.

Grafik tersebut memperlihatkan kecenderungan yaitu volume kendaraan pagi hari memiliki nilai yang lebih rendah dan terus meningkat hingga mencapai puncaknya pada sore hari yang dimulai pada jam 16.00 hingga jam 20.00.

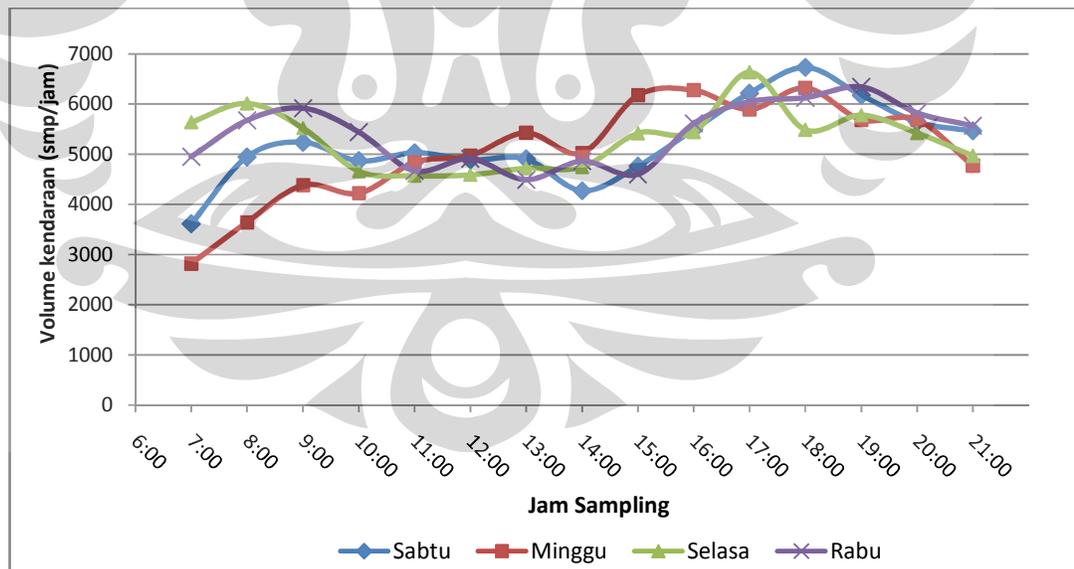
Rendahnya volume kendaraan total pada jalur menuju Depok yang terjadi pada pagi hari dikarenakan Kota Depok merupakan Kota penyangga dan banyak terdapat tempat belajar yaitu kampus sehingga volume kendaraan akan mulai meningkat pada pukul 08.00. Sedangkan besarnya volume kendaraan total yang terjadi di sore hingga malam hari dikarenakan malam hari yaitu pada jam pengamatan 15.00 hingga jam 20.00 merupakan waktu dimana manusia yang bertempat tinggal di Depok dan selsesai melakukan aktivitas diluar Kota Depok, kembali ke tempat tinggalnya masing-masing, sehingga akan tetap menggunakan Jalan Raya Margonda Raya dan menyebabkan ramainya jalan tersebut.

Dari total volume kendaraan per jalur (menuju Jakarta dan menuju Depok) tersebut, dapat diolah sehingga bias didapatkan volume kendaraan total (2 jalur) yang terangkum dalam tabel sebagai berikut.

5.8 Volume Kendaraan Total (2 jalur)

Jam	Total Volume 2 Jalur			
	Sabtu	Minggu	Selasa	Rabu
7:00	3610,8	2819	5638,5	4949,2
8:00	4946,5	3644,8	6010,4	5672,7
9:00	5238,9	4380,3	5519,9	5915,7
10:00	4863,8	4219,5	4659,4	5439,3
11:00	5028,9	4836,7	4571,6	4666,6
12:00	4885,4	4975,9	4588,8	4907,7
13:00	4899,8	5427	4719,7	4489,7
14:00	4269,2	5029,2	4743,9	4862,4
15:00	4757,5	6171,8	5416,8	4601,1
16:00	5491,1	6274,7	5440,1	5612,7
17:00	6218,7	5891,1	6631,6	6047,1
18:00	6728,5	6321,8	5485,1	6124,9
19:00	6174,9	5686,9	5773,9	6338,7
20:00	5641	5686,9	5419,6	5821,1
21:00	5466	4771,4	4968,1	5566,9

Sumber : Lampiran



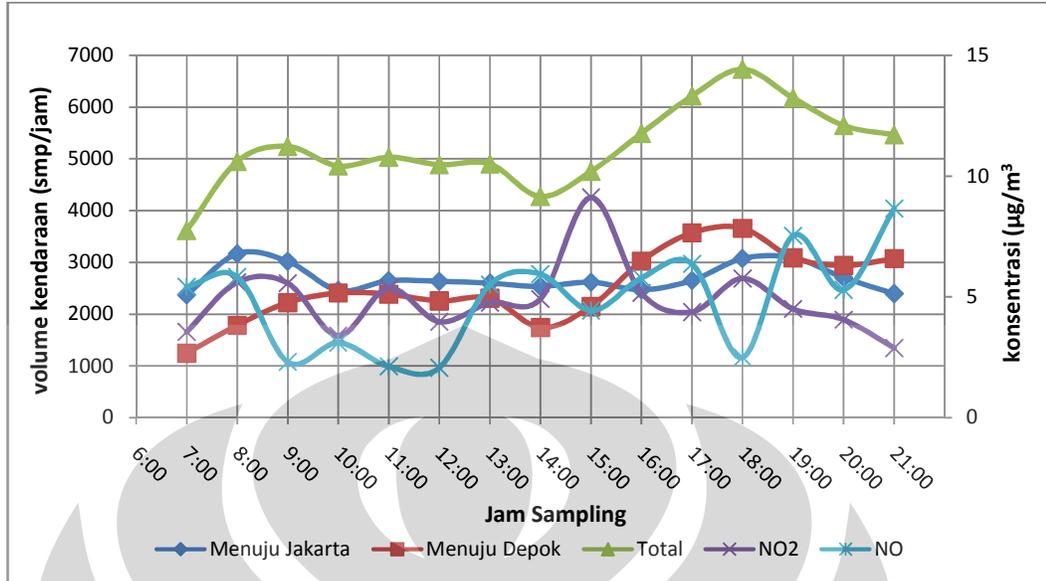
Sumber : Tabel 5.8

Gambar 5.10 Volume total Kendaraan (2 jalur)

Tabel dan grafik mengenai volume kendaraan yang telah disajikan menunjukkan bahwa volume kendaraan yang melintas Jalan Margonda Raya Depok mengalami fluktuasi yang beragam sesuai dengan waktu kendaraan melintas. Pada hari-hari dilakukannya penelitian, terlihat bahwa tren volume kendaraan mengalami peningkatan yang dimulai pada pukul 06.00 hingga pukul 08.00. Hal ini dikarenakan pada waktu tersebut merupakan waktu dimana dimulainya aktivitas masyarakat untuk pergi ke tempat aktivitasnya masing-masing. Konsekuensi dari peningkatan volume kendaraan ini tentunya akan berpengaruh terhadap buangan polutan yang diemisikan oleh kendaraan bermotor tersebut ke udara.

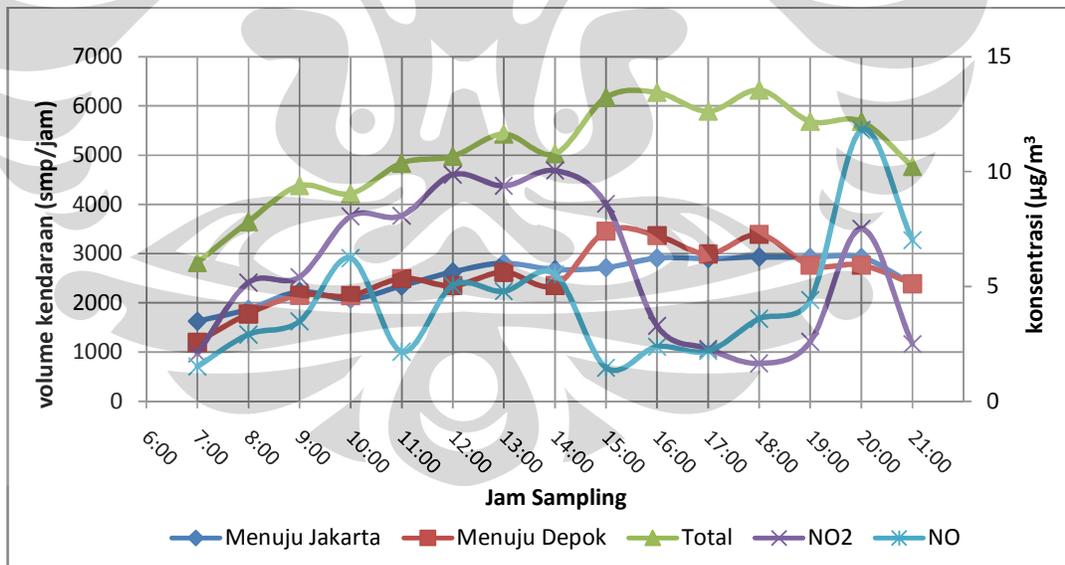
5.5 Analisis Hubungan Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ dengan Volume Kendaraan

Dari pengolahan data kualitas udara dan juga data volume kendaraan yang telah didapat, dapat terlihat korelasi antara volume kendaraan dengan konsentrasi polutan NO₂ dan NO yang dihasilkan di Jalan Raya Margonda Raya Depok yang dalam hal ini diwakili oleh 4 hari pengamatan yaitu hari libur (Sabtu dan Minggu) dan hari kerja (Selasa dan Rabu). Adapun hasil yang diperoleh dari pengukuran konsentrasi polutan NO₂ dan NO pada waktu-waktu tersebut ditunjukkan pada gambar 5.10 hingga gambar 5.13 berikut.



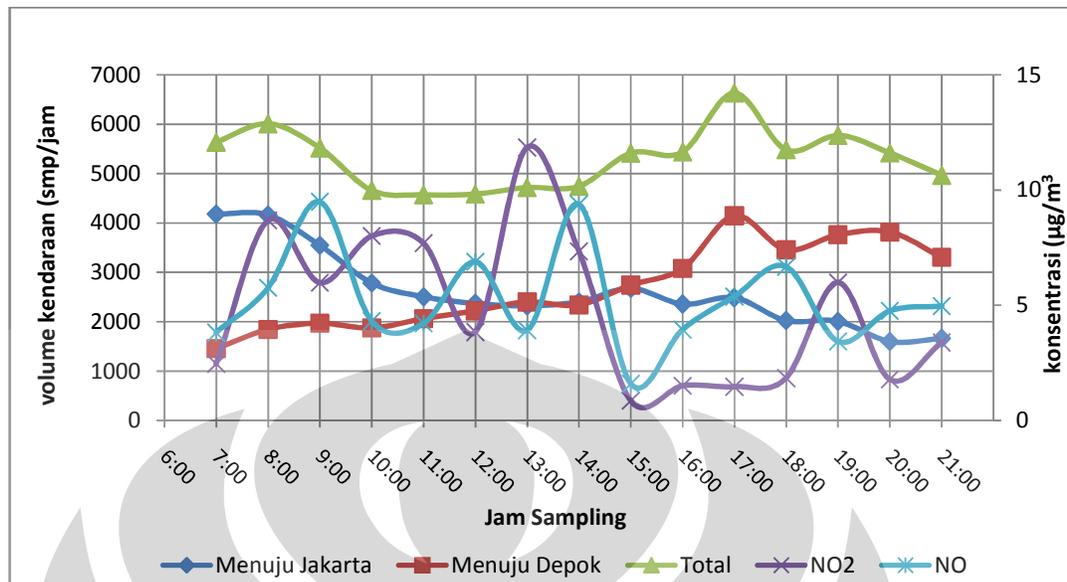
Sumber : Tabel 5.2, 5.7

Gambar 5.11 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Dengan Volume Kendaraan Pada Hari Sabtu



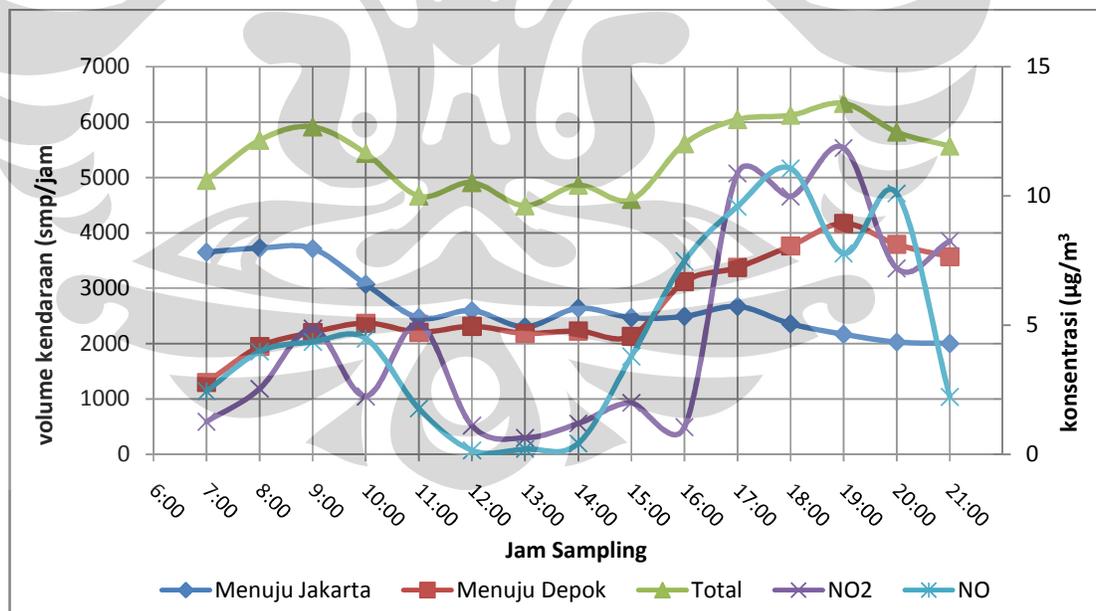
Sumber : Tabel 5.3, 5.7

Gambar 5.12 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Dengan Volume Kendaraan Pada Hari Minggu



Sumber : Tabel 5.4, 5.7

Gambar 5.13 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Dengan Volume Kendaraan Pada Hari Selasa



Sumber : Tabel 5.5, 5.7

Gambar 5.14 Fluktuasi Konsentrasi Polutan NO dan NO₂ Dengan Volume Kendaraan Pada Hari Rabu

Dari keseluruhan grafik-grafik antara konsentrasi polutan NO dan NO₂ dengan volume kendaraan yang telah disajikan, terlihat bahwa konsentrasi polutan NO dan NO₂ mengalami fluktuasi mengikuti fluktuasi volume kendaraan yang terjadi. Fluktuasi volume kendaraan terjadi berdasarkan jam sampling yang dilakukan dimulai dari pukul 06.00 hingga pukul 21.00. Volume kendaraan mengalami peningkatan pada saat jam sibuk yang berkisar antara jam sibuk pagi yaitu pukul 06.00 – 09.00 dan saat jam sibuk sore yang dimulai dari pukul 15.00 hingga pukul 20.00.

Berdasarkan keseluruhan gambar 5.11 hingga 5.14, grafik besarnya tingkat konsentrasi polutan NO dan NO₂ terlihat mengikuti pola volume kendaraan yang ada. Pada dasarnya konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terukur mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan volume kendaraan, baik volume kendaraan dengan jalur menuju Jakarta, jalur menuju Depok, ataupun dengan volume kendaraan total (2 jalur). Akan tetapi, pada jam-jam tertentu didapatkan bahwa konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terukur menurun saat volume kendaraan mengalami peningkatan. Hal ini dapat terjadi karena yang mempengaruhi besarnya fluktuasi konsentrasi polutan NO dan NO₂ bukan hanya dari volume kendaraan yang melintas, tetapi dipengaruhi pula oleh berbagai faktor seperti arah dan kecepatan angin, suhu, dan juga reaksi-reaksi fotokimia yang terjadi. Selain itu, pada gambar-gambar tersebut juga didapatkan bahwa pada jam-jam tertentu konsentrasi polutan NO dan NO₂ meningkat atau menurun pada saat volume kendaraan jalur Jakarta dan volume kendaraan total juga mengalami penurunan volume, sedangkan volume kendaraan menuju Depok mengalami peningkatan. Hal ini menandakan konsentrasi polutan NO dan NO₂ yang terukur pada jam-jam tersebut tidak hanya terpengaruh oleh volume kendaraan pada jalur menuju Jakarta, akan tetapi volume kendaraan menuju Depok juga mempengaruhi fluktuasi konsentrasi polutan yang terjadi.

Untuk menentukan keterkaitan antara volume kendaraan serta parameter NO dan NO₂, dibuat pengolahan data selanjutnya yaitu dengan menggunakan persamaan regresi linear berganda dengan dua macam. Regresi yang dilakukan yaitu regresi dengan dua variabel bebas untuk mendapatkan persamaan regresi dengan volume kendaraan tiap jalur (menuju Jakarta atau menuju Depok). regresi

kedua yang dilakukan yaitu regresi dengan 4 variabel bebas untuk mendapatkan persamaan regresi dengan volume kendaraan total (2 jalur).

Regresi dengan dua variabel yang dilakukan yaitu variabel X sebagai volume kendaraan dalam smp, dengan variabel X_1 sebagai volume kendaraan berbahan bakar bensin dan X_2 sebagai volume kendaraan berbahan bakar solar, serta variabel Y sebagai hasil pengukuran konsentrasi polutan NO_2 dan NO.

Hasil perhitungan regresi yang telah didapat yaitu sebagai berikut.

Tabel 5.9 Persamaan Regresi Untuk Masing-masing Hari Dengan Volume Kendaraan Menuju Jakarta

Hari	Polutan	Jumlah Kendaraan Menuju Jakarta	r	R ² (%)
Sabtu	NO ₂	$Y = -1,42051 + 0,00147 x_1 - 0,01621 x_2$	0,48951	23,96182
	NO	$Y = 7,65828 - 0,00152 x_1 + 0,00677 x_2$	0,22441	5,03605
Minggu	NO ₂	$Y = 6,22249 + 0,00082 x_1 - 0,02118 x_2$	0,16655	2,77384
	NO	$Y = 4,72283 + 0,00281 x_1 - 0,06297 x_2$	0,60618	36,74588
Selasa	NO ₂	$Y = 8,43643 + 0,00089 x_1 - 0,03345 x_2$	0,46573	21,69022
	NO	$Y = 6,33251 + 0,00031 x_1 - 0,01070 x_2$	0,23597	5,56833
Rabu	NO ₂	$Y = 15,21019 - 0,00239 x_1 - 0,02383 x_2$	0,47301	22,37368
	NO	$Y = 8,81390 - 0,00127 x_1 - 0,00507 x_2$	0,21547	4,64259

Sumber : Lampiran

Tabel 5.10 Persamaan Regresi Untuk Masing-masing Hari Dengan Volume Kendaraan Menuju Depok

Hari	Polutan	Jumlah Kendaraan Menuju Depok	r	R ² (%)
Sabtu	NO ₂	$Y = 3,14613 - 9,27782 \cdot 10^{-5} x_1 - 0,000683 x_2$	0,31130	9,69050
	NO	$Y = 9,10326 + 0,00018 x_1 - 0,03326 x_2$	0,53471	28,59111
Minggu	NO ₂	$Y = 3,20143 - 0,00117 x_1 + 0,04726 x_2$	0,39884	15,90720
	NO	$Y = 7,47822 + 0,00089 x_1 - 0,04669 x_2$	0,45825	20,99936
Selasa	NO ₂	$Y = 10,18663 - 0,00222 x_1 + 0,00068 x_2$	0,52115	27,15924
	NO	$Y = 6,34193 - 0,00061 x_1 + 0,00179 x_2$	0,24441	5,97372
Rabu	NO ₂	$Y = -4,96901 + 0,00379 x_1 + 0,00052 x_2$	0,81693	66,73704
	NO	$Y = -1,04302 + 0,00302 x_1 - 0,00938 x_2$	0,75384	56,82747

Sumber : Lampiran

Selanjutnya untuk mendapatkan persamaan regresi di masing-masing hari dengan jumlah kendaraan total (2 Jalur), digunakan regresi berganda dengan 4 variabel bebas. Variabel X yang digunakan sebagai volume kendaraan dalam smp, dengan variabel X_1 sebagai volume kendaraan berbahan bakar bensin menuju Jakarta, X_2 sebagai volume kendaraan berbahan bakar solar menuju Jakarta, X_3 sebagai volume kendaraan berbahan bakar bensin menuju Depok, dan X_4 sebagai volume kendaraan berbahan bakar solar menuju Depok, serta variabel Y sebagai hasil pengukuran konsentrasi polutan NO_2 dan NO . berikut merupakan hasil perhitungan persamaan regresi bergandanya.

Tabel 5.11 Persamaan Regresi Untuk Masing-masing Hari Dengan Volume Kendaraan Total

Hari	Polutan	Jumlah Kendaraan Total (2 Jalur)	r	R ² (%)
Sabtu	NO_2	$Y = - 3,35144 + 0,00195 x_1 + 0,01885 x_2 - 0,00058 x_3 + 0,01186 x_4$	0,63237	39,98875
	NO	$Y = 14,39028 - 0,00236 x_1 + 0,00975 x_2 + 0,00011 x_3 - 0,03796 x_4$	0,62975	39,65865
Minggu	NO_2	$Y = 0,57360 + 0,00426 x_1 - 0,04290 x_2 - 0,00335 x_3 + 0,06923 x_4$	0,57263	32,79030
	NO	$Y = 3, 38857 + 0,00535 x_1 - 0,03710 x_2 - 0,00202 x_3 - 0,02481 x_4$	0,69304	48,03013
Selasa	NO_2	$Y = 22,16337 - 0,00146 x_1 - 0,04087 x_2 - 0,00326 x_3 + 0,00586 x_4$	0,71286	50,81654
	NO	$Y = 9,38075 - 0,00009 x_1 - 0,01921 x_2 - 0,00064 x_3 + 0,00420 x_4$	0,39115	15,29977
Rabu	NO_2	$Y = - 18,73152 + 0,00212 x_1 + 0,02509 x_2 + 0,00320 x_3 - 0,00763 x_4$	0,86444	74,72575
	NO	$Y = - 19,36009 + 0,00181 x_1 - 0,02692 x_2 + 0,00314 x_3 + 0,02335 x_4$	0,85967	73,90307

Sumber : Lampiran

Berdasarkan seluruh hasil perhitungan regresi yang dilakukan, baik dengan dua variabel bebas ataupun dengan 4 variabel bebas, persamaan regresi dengan tersebut memperlihatkan bahwa nilai R^2 yang didapat kecil yaitu rata-rata kurang dari 50%. Hal ini menandakan bahwa hubungan yang terjadi antara variabel X sebagai volume kendaraan dalam smp dan Y sebagai hasil pengukuran konsentrasi polutan NO dan NO_2 merupakan hubungan

yang tidak cukup kuat. Hal ini menandakan bahwa jumlah kendaraan yang berbahan bakar bensin maupun jumlah kendaraan yang berbahan bakar solar yang melintas di Jalan Raya Margonda Raya Depok, baik yang melintas pada jalur menuju Jakarta, jalur menuju Depok, ataupun pada volume total (2 jalur), hanya dapat berkontribusi sekitar 50% terhadap besarnya konsentrasi polutan NO_x yang dihasilkan. Hal tersebut menandakan bahwa besarnya volume kendaraan yang melintas tidak memiliki pengaruh yang cukup besar pada tingkat konsentrasi polutan NO_2 maupun pada tingkat konsentrasi polutan NO .

Bila dilihat dari seluruh nilai R^2 , nilai R^2 yang memiliki rata-rata nilai lebih besar yaitu nilai R^2 yang didapat dengan 4 variabel bebas. Begitu pula dengan nilai r yang didapat dengan 4 variabel bebas memiliki nilai yang lebih besar dari nilai r yang didapat dengan dua variabel bebas. Nilai r ini merupakan derajat keeratan antara volume kendaraan dengan konsentrasi polutan NO_x yang dihasilkan. Hal tersebut menandakan bahwa volume kendaraan yang mempengaruhi konsentrasi polutan NO dan NO_2 yang terukur yaitu volume kendaraan total (volume kendaraan menuju Jakarta dan volume kendaraan menuju Depok).

Pada persamaan regresi ini, terlihat beberapa hubungan yang linear positif dan negatif. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu :

- Keterbatasan waktu menyebabkan pengambilan data dilakukan seringkali pada saat hujan masih berlangsung, sehingga pada saat-saat tertentu seringkali terjadi cuaca mendung dan bahkan terjadi hujan ringan pada hari Selasa sore. Hal ini menyebabkan konsentrasi polutan NO_2 dan NO mengalami tren fluktuasi yang berbeda bila dibandingkan dengan diambilnya data pada saat cuaca cerah. Saat terjadi kondisi hujan ringan konsentrasi polutan NO_x memiliki nilai yang cukup tinggi dan bukan mengalami penurunan konsentrasi karena udara menjadi bersih akibat hujan. Akan tetapi, tingginya konsentrasi polutan tersebut dapat diakibatkan oleh adanya reaksi-reaksi kimia di udara akibat polutan yang ada. Terjadinya petir saat cuaca mendung juga mengakibatkan meningkatnya konsentrasi polutan NO secara alami.

- Kondisi fisik Jalan Margonda Raya yang menyerupai lorong dikarenakan jalan tersebut ditutup oleh bangunan-bangunan tingkat di sisi kanan dan kiri jalan. Hal ini mengakibatkan udara yang berada di jalan tersebut menyerupai udara yang berada pada suatu lorong. Angin tidak dapat bertiup menyebar ke seluruh bagian secara merata. Hal ini mengakibatkan tingkat konsentrasi polutan NO dan NO₂ tidak hanya dihasilkan dari volume kendaraan bermotor yang melintas saja tetapi juga dari kondisi fisik jalan dan juga meteorologis yang ada.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Sesuai dengan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Kondisi udara khususnya konsentrasi polutan NO_x (NO dan NO_2) yang terukur pada Jalan Raya Margonda Raya Depok memiliki kisaran nilai yang masih memenuhi Baku Mutu Ambien Nasional menurut PP No. 41 Tahun 1999 untuk baku mutu konsentrasi polutan NO_2 yaitu sebesar $400 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk pengukuran selama 1 jam.
2. Arus lalu lintas yang terukur pada jalur menuju Jakarta sepanjang pengamatan yaitu pada hari Sabtu, Minggu, Selasa, dan Rabu, mengalami peningkatan volume kendaraan maksimum pada pagi hari (06.00 – 09.00) dan cenderung mengalami penurunan volume kendaraan pada jam berikutnya hingga malam hari. Sedangkan untuk arus lalu lintas yang terukur pada jalur menuju Depok mengalami penurunan volume kendaraan di pagi hari dan mengalami peningkatan volume kendaraan maksimum pada waktu sore hingga malam hari (16.00 – 20.00).
3. Besarnya volume kendaraan yang melewati Jalan Margonda Raya tidak memiliki hubungan yang kuat terhadap tingkat konsentrasi polutan NO dan NO_2 yang terukur. Hal ini terlihat dari besarnya nilai koefisien determinasi (R^2) yang memiliki kisaran rata-rata kurang dari 50%. Hubungan yang terjadi tidak kuat dikarenakan besarnya tingkat konsentrasi polutan NO dan NO_2 tidak hanya diakibatkan oleh tingginya volume kendaraan yang melintas, akan tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti faktor meteorologis, kondisi fisik jalan, dan juga faktor kemungkinan terjadinya reaksi-reaksi yang terjadi di udara.

6.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan penelitian yang ada, maka saran yang dapat diberikan yaitu sebagai berikut.

1. Untuk mengurangi besarnya konsentrasi polutan NO_x akibat volume kendaraan bermotor yaitu dengan melakukan manajemen transportasi yang baik. Manajemen transportasi yang dapat dilakukan yaitu antara lain:
 - Teknik pengaturan lalu lintas. Dengan melakukan teknik pengaturan lalu lintas seperti penataan kembali rambu-rambu lalu lintas yang ada. Pengaturan rambu lalu lintas sangat bermanfaat agar arus lalu lintas yang terjadi tidak mengalami kemacetan akibat pengendaraan-pengendara kendaraan yang tidak teratur.
 - Perbaikan angkutan umum. Kendaraan yang melintas pada Jalan Margonda Raya Depok memiliki volume kendaraan angkutan umum yang tinggi bila dibandingkan dengan volume kendaraan pribadi. Hal ini perlu mendapatkan perhatian lebih dikarenakan volume angkutan umum tinggi akan sangat berpengaruh terhadap besarnya konsentrasi polutan yang dihasilkan ke udara sehingga harus dilakukan uji emisi secara berkala terhadap kendaraan angkutan umum yang ada.
 - Pembatasan kendaraan. Pembatasan kendaraan dilakukan dengan tujuan mengurangi beban lalu lintas yang terjadi pada Jalan Raya. Dengan dilakukannya pembatasan kendaraan maka diharapkan manajemen lalu lintas akan lebih baik.
2. Analisa terhadap konsentrasi polutan yang dihasilkan masih berupa analisa dengan reaksi-reaksi kimia atmosfer berdasarkan teori-teori yang ada. Sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisa reaksi-reaksi kimia atmosfer tersebut dengan menggunakan data primer agar analisa benar-benar dapat dibuktikan sesuai dengan teori yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Lutfi., Zat-zat Pencemar dan Pencemaran Udara. Hasil kunjungan ke <http://chem-is-try.org>
- Anonim. Kualitas Udara. Hasil kunjungan ke <http://www.iklim.bmg.go.id>
- Anonim. Pencemaran Udara Ibukota. Hasil kunjungan ke <http://www.bappedajakarta.go.id/udara.html>
- Anonim. Mengintip Kesehatan Lingkungan di Depok. Hasil kunjungan ke <http://Depok.go.id>
- Anonim. Polusi di Depok Tinggi. Hasil kunjungan ke <http://Depok.go.id>
- Brauer, Michael,, Ulrike Gehring, Bert Brunekreef, Johan de Jongste, Jorrit Gerritsen, et all. 2006. *Traffic-Related Air Pollution and Otitis Media*. Environmental Health Perspectives, Vol. 114, No. 9 (Sep, 2006), pp. 1414-1418.
- Cuciureanu, Rodica., Gabriel Dimitriu. 2006. *Photochemical Reactions in The Atmosphere – A source of Secondary Pollutans*. Department of Food and Environment Chemistry, Department of Mathematics and Informatics 16 Universitatii street, 700115 Iasi, Romania.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius
- Farida. 2004. *Pencemaran Udara dan Permasalahannya*. Program Pascasarjana IPB. Bogor
- Giddings, J.S. 1973. *Chemistry, Man and Environmental Change*. Canfield Press, New York
- Grey, G.W., dan F.J. Deneke. 1978. *Urban Forestry*. John Wiley and Sons. New York.
- Ilyas, M. 2004. Mengatasi Emisi Melalui Perencanaan Sistem Transportasi Perkotaan dan Kebijakan Pengendaliannya. Bogor.
- Jensen , Finn Palmgren., dan Jes Fenger. 1994. *The Air Quality in Danish Urban Areas*. Environmental Health Perspectives, Vol. 102, Supplement 4: Risk Assessment of Urban Air: Emissions, Exposure, Risk Identification, and Risk Quantitation (Oct., 1994), pp. 55-60.

- Kumar, P, D Mohan. 2002. *Photochemical smog: mechanism, ill-effects, and control*. TIDEE (TERI Information Digest on Energy and Environment). Volume 1, Number 3 (September 2002).
- Kusumaningrum, Nanny., dan G.Gunawan. 2008. *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Bandung.
- M.Nazir, 1983. *Metode Penelitian*, Galia Indonesia.
- Rijnders, Esther., Nicole A. H. Janssen, Patricia H. N. van Vliet, Bert Brunekreef. *Personal and Outdoor Nitrogen Dioxide Concentrations in Relation to Degree of Urbanization and Traffic Density*. Environmental Health Perspectives, Vol. 109, Supplement 3 (Jun., 2001), pp. 411-417.
- Sarnart, Stefanie Elbert., Brent A. Coull, Joel Schwartz, Diane R. Gold, Helen H. Suh. 2006. *Factors Affecting the Association between Ambient Concentrations and Personal Exposures to Particles and Gases*. Environmental Health Perspectives, Vol. 114, No. 5 (May, 2006), pp. 649-654.
- Satyaputa, Ivan Prawira. 2007. *Penanganan kemacetan lalu lintas di jalan raya: Studi di jalan Margonda Raya Kota Depok*. Depok.
- Sudigdo, Sastroasmoro., dan Sofyan Ismail. 1995. *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis*. Jakarta: Penerbit Binarupa Aksara.
- Suhadi, Dolarris R, M. Awang, M.N. Hassan, Ramdzani Abdullah dan Azizi Hj. Muda. 2005. *Review of Photochemical Smog Pollution in Jakarta Metropolitan, Indonesia*. American Journal of Environmental Sciences 1(2): 110-118, 2005.
- Suharsimi, Arikunto., 1998. *Prosedur Penelitian suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Ranika Cipta.
- Wallace, J.M. and P.V. Hobbs. 1977. *Amospheric Science and Introductory Survey*. Academic Press, London
- Waseda, Joanna. 2001. *Environmental Science I*.
- Widayani, Purwanto., dan Danny Sutisnanto. 2000. *Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Lalu Lintas di Kota Semarang dengan Konsentrasi CO dan Pb*. Semarang.

Wood, E.C., S.C Herndon, T.B Onash, et all. 2009. *A case study of ozone production, nitrogen oxides, and the radical budget in Mexico City.*

SNI19-7119.2-2005. Udara Ambien – Bagian 2 : Cara Uji Kadar Nitrogen dioksida (NO₂) Dengan Metode *Griess Saltzman* Menggunakan Spektrofotometer.

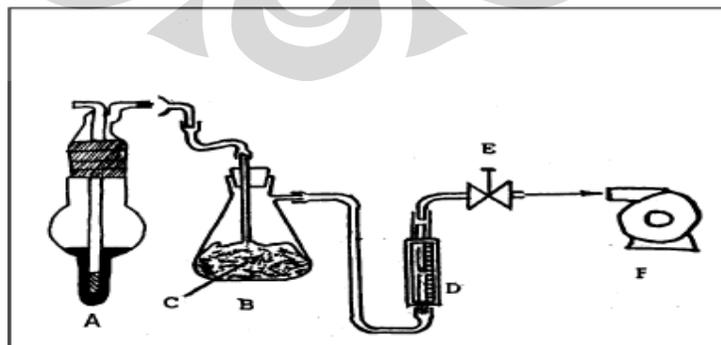


**LAMPIRAN 1 : pengukuran konsentrasi NO₂ dilakukan dengan metode
Griess Saltzman sesuai dengan SNI19-7119.2-2005**

1. Pengukuran konsentrasi NO menggunakan prinsip pengukuran konsentrasi NO₂ dilakukan dengan metode *Griess Saltzman* sesuai dengan SNI19-7119.2-2005 yang mengacu pada acuan normatif ASTM D 1607-91 (1995).

1.1 Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengukuran konsentrasi NO₂ adalah sebagai berikut :

- Peralatan :
 - a) Peralatan pengambilan contoh uji NO₂
 - b) Labu ukur 100 ml dan 1000 ml
 - c) Pipet mikro 0,0 ml; 0,1 ml; 0,2 ml; 0,4 ml; 0,6 ml; 0,8 ml dan 1,0 ml atau buret mikro
 - d) Gelas ukur 100 ml
 - e) Gelas piala 100 ml, 500 ml, dan 1000 ml
 - f) Tabung uji 25 ml
 - g) Spektrofotometer dilengkapi kuvet
 - h) Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
 - i) Oven
 - j) Botol pyrex berwarna gelap
 - k) Desikator
 - l) Alat destilasi
 - m) Kaca arloji



Sumber : SNI 19-7119.2-2005

Gambar 1. Rangkaian peralatan pengambilan contoh uji NO₂

Keterangan gambar :

A : botol penjerap (*fritted bubbler*)

B : perangkap uap (*mist trap*)

C : arang aktif atau *soda lime*

D : *flow meter* yang dapat mengukur laju alir 0,4 L/menit

E : kran pengatur

F : pompa

▪ Bahan :

- a) Hablur asam sulfanilat
- b) Larutan asam asetat pekat
- c) Air suling bebas nitrit
- d) Larutan induk N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorida
- e) Aseton
- f) Larutan penjerap *Griess Saltzman*
- g) Larutan induk nitrit
- h) Larutan standar nitrit

1.2 Teknik Pengambilan contoh uji gas NO menggunakan teknik pengambilan contoh uji NO₂ dengan metode *Griess Saltzman* sesuai dengan SNI19-7119.2-2005 yaitu sebagai berikut :

- a) Susun rangkaian peralatan pengambilan uji seperti gambar
- b) Masukkan larutan penjerap *Griess Saltzman* sebanyak 10 ml ke dalam botol penjerap. Atur botol penjerap agar terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung
- c) Hidupkan pompa penghisap udara dan atur kecepatan alir 0,4 L/menit, setelah stabil catat laju alir awal (F₁)
- d) Lakukan pengambilan contoh uji selama 1 jam dan catat temperatur serta tekanan udara
- e) Setelah 1 jam catat laju alir akhir (F₂) dan kemudian matikan pompa penghisap

1.3 Pengujian contoh uji :

- a) Masukkan larutan contoh uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, lalu ukur intensitas warna merah muda yang terbentuk pada panjang gelombang 550 nm
- b) Baca serapan contoh uji kemudian hitung konsentrasi dengan menggunakan kurva kalibrasi.



LAMPIRAN 2 : Perhitungan Konsentrasi NO_x

Tabel 1. Hasil pembacaan antara serapan dengan jumlah NO₂ (μg) untuk kurva kalibrasi

Larutan standar nitrit (mL)	NO₂	Abs 1	Abs 2	Abs (rata2)
0	0,00	0,013	0,024	0,0185
0,1	0,04	0,178	0,172	0,175
0,2	0,08	0,344	0,264	0,304
0,4	0,16	0,767	0,419	0,593
0,6	0,24	0,97	0,534	0,752
0,8	0,32	1,28	0,724	1,002
1	0,40	1,631	0,766	1,1985

Sumber : Data olahan

Tabel 2 Data Pengamatan Hari Sabtu

Jam sampling	Durasi (menit)	Tekanan (mmHg)	Suhu		Flow awal (L/menit)		Flow akhir (L/menit)	
			°C	°K	NO ₂	NO	NO ₂	NO
7:00	60	760	28,15	301,15	0,30	0,50	0,30	0,50
8:00	60	760	31,18	304,175	0,30	0,50	0,30	0,50
9:00	60	760	33,43	306,425	0,30	0,50	0,30	0,50
10:00	60	760	34,78	307,775	0,30	0,50	0,30	0,50
11:00	60	760	32,90	305,9	0,30	0,50	0,30	0,50
12:00	60	760	35,80	308,8	0,30	0,50	0,30	0,50
13:00	60	760	36,30	309,3	0,30	0,50	0,30	0,50
14:00	60	760	34,05	307,05	0,40	0,40	0,40	0,40
15:00	60	760	32,40	305,4	0,40	0,40	0,40	0,40
16:00	60	760	32,13	305,125	0,40	0,40	0,40	0,40
17:00	60	760	31,18	304,175	0,40	0,40	0,40	0,40
18:00	60	760	28,93	301,925	0,40	0,40	0,40	0,40
19:00	60	760	27,33	300,325	0,40	0,40	0,40	0,40
20:00	60	760	27,33	300,325	0,40	0,40	0,40	0,40
21:00	60	760	27,45	300,45	0,40	0,40	0,40	0,40

Sumber : Data Olahan (2010)

Tabel 3. Data Pengamatan Hari Minggu

Jam sampling	Durasi (menit)	Tekanan (mmHg)	Suhu		Flow awal (L/menit)		Flow akhir (L/menit)	
			°C	°K	NO ₂	NO	NO ₂	NO
7:00	60	760	27,13	300,125	0,40	0,50	0,40	0,50
8:00	60	760	29,13	302,125	0,40	0,50	0,40	0,50
9:00	60	760	31,30	304,3	0,40	0,50	0,40	0,50
10:00	60	760	33,93	306,925	0,40	0,50	0,45	0,50
11:00	60	760	36,03	309,025	0,40	0,50	0,45	0,50
12:00	60	760	38,75	311,75	0,40	0,50	0,40	0,50
13:00	60	760	37,40	310,4	0,40	0,50	0,40	0,50
14:00	60	760	34,90	307,9	0,40	0,50	0,40	0,50
15:00	60	760	32,55	305,55	0,40	0,40	0,40	0,40
16:00	60	760	32,88	305,875	0,40	0,40	0,40	0,40
17:00	60	760	32,05	305,05	0,40	0,40	0,40	0,40
18:00	60	760	30,55	303,55	0,40	0,40	0,40	0,40
19:00	60	760	29,28	302,275	0,40	0,40	0,40	0,40
20:00	60	760	29,08	302,075	0,40	0,40	0,40	0,40
21:00	60	760	28,80	301,8	0,40	0,40	0,40	0,40

Sumber : Data Olahan (2010)

Tabel 4. Data Pengamatan Hari Selasa

Jam sampling	Durasi (menit)	Tekanan (mmHg)	Suhu		Flow awal (L/menit)		Flow akhir (L/menit)	
			°C	°K	NO ₂	NO	NO ₂	NO
7:00	60	760	27,55	300,55	0,40	0,45	0,50	0,50
8:00	60	760	29,85	302,85	0,40	0,45	0,50	0,50
9:00	60	760	32,53	305,52	0,40	0,40	0,50	0,50
10:00	60	760	36,38	309,37	0,40	0,40	0,50	0,50
11:00	60	760	37,60	310,6	0,40	0,40	0,50	0,50
12:00	60	760	35,55	308,55	0,40	0,25	0,50	0,50
13:00	60	760	32,48	305,47	0,40	0,40	0,50	0,50
14:00	60	760	33,25	306,25	0,40	0,40	0,50	0,50
15:00	60	760	30,13	303,12	0,40	0,40	0,40	0,40
16:00	60	760	29,20	302,2	0,40	0,40	0,40	0,40
17:00	60	760	27,95	300,95	0,40	0,40	0,40	0,40
18:00	60	760	26,70	299,7	0,40	0,40	0,40	0,40
19:00	60	760	26,50	299,5	0,40	0,40	0,40	0,40
20:00	60	760	26,50	299,5	0,40	0,40	0,40	0,40
21:00	60	760	26,18	299,17	0,40	0,40	0,40	0,40

Sumber : Data Olahan (2010)

Tabel 5. Data Pengamatan Hari Rabu

Jam sampling	Durasi (menit)	Tekanan (mmHg)	Suhu		Flow awal (L/menit)		Flow akhir (L/menit)	
			°C	°K	NO ₂	NO	NO ₂	NO
7:00	60	760	25,98	298,97	0,40	0,40	0,50	0,50
8:00	50	760	27,88	300,87	0,40	0,40	0,50	0,50
9:00	50	760	29,78	302,77	0,40	0,35	0,50	0,30
10:00	60	760	30,95	303,95	0,40	0,40	0,50	0,50
11:00	60	760	31,60	304,6	0,40	0,40	0,50	0,50
12:00	60	760	33,15	306,15	0,40	0,30	0,50	0,40
13:00	60	760	35,50	308,5	0,40	0,40	0,50	0,50
14:00	60	760	34,30	307,3	0,40	0,40	0,50	0,50
15:00	60	760	30,98	303,97	0,40	0,40	0,50	0,50
16:00	60	760	31,28	304,27	0,40	0,40	0,40	0,40
17:00	60	760	31,28	304,27	0,40	0,40	0,40	0,40
18:00	60	760	30,10	303,1	0,40	0,40	0,40	0,40
19:00	60	760	29,50	302,5	0,40	0,40	0,40	0,40
20:00	60	760	28,85	301,85	0,40	0,40	0,40	0,40
21:00	60	760	27,88	300,87	0,40	0,40	0,40	0,40

Sumber : Data Olahan (2010)

LAMPIRAN 3: Perhitungan Volume Kendaraan

Tabel 6. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Jakarta Pada Hari Sabtu

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Jakarta						
	Motor (buah)	volume (smp = 0,3) (smp/jam)	Mobil (buah)	volume (smp = 1) (smp/jam)	Bus (buah)	volume (smp = 2) (smp/jam)	Volume total (smp/jam)
7:00	4423	1326,9	915	915	64	128	2369,9
8:00	5754	1726,2	1287	1287	75	150	3163,2
9:00	4941	1482,3	1388	1388	75	150	3020,3
10:00	3195	958,5	1367	1367	65	130	2455,5
11:00	3478	1043,4	1476	1476	62	124	2643,4
12:00	3288	986,4	1528	1528	59	118	2632,4
13:00	3364	1009,2	1437	1437	74	148	2594,2
14:00	3211	963,3	1382	1382	93	186	2531,3
15:00	2559	767,7	1654	1654	96	192	2613,7
16:00	2431	729,3	1565	1565	88	176	2470,3
17:00	3008	902,4	1511	1511	117	234	2647,4
18:00	3027	908,1	1985	1985	89	178	3071,1
19:00	3679	1103,7	1831	1831	76	152	3086,7
20:00	2974	892,2	1611	1611	100	200	2703,2
21:00	2624	787,2	1508	1508	49	98	2393,2

Sumber : Data Olahan

Tabel 7. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Depok Pada Hari Sabtu

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Depok							
	Motor	volume (smp = 0,3)	Mobil	volume (smp = 1)	Bus	volume (smp = 2)	Volume total	
	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)
7:00	1443	432,9	712	712	48	96	1240,9	
8:00	2231	669,3	986	986	64	128	1783,3	
9:00	2732	819,6	1229	1229	85	170	2218,6	
10:00	2851	855,3	1379	1379	87	174	2408,3	
11:00	2935	880,5	1325	1325	90	180	2385,5	
12:00	2780	834	1273	1273	73	146	2253	
13:00	3012	903,6	1222	1222	90	180	2305,6	
14:00	2553	765,9	812	812	80	160	1737,9	
15:00	2436	730,8	1261	1261	76	152	2143,8	
16:00	3566	1069,8	1787	1787	82	164	3020,8	
17:00	4611	1383,3	2040	2040	74	148	3571,3	
18:00	4728	1418,4	2121	2121	59	118	3657,4	
19:00	3884	1165,2	1827	1827	48	96	3088,2	
20:00	3446	1033,8	1794	1794	55	110	2937,8	
21:00	4146	1243,8	1737	1737	46	92	3072,8	

Sumber : Data Olahan

Tabel 8. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Jakarta Pada Hari Minggu

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Jakarta							Volume total (smp/jam)
	Motor (buah)	volume (smp = 0,3) (smp/jam)	Mobil (buah)	volume (smp = 1) (smp/jam)	Bus (buah)	volume (smp = 2) (smp/jam)	Volume total (smp/jam)	
7:00	2548	764,4	763	763	48	96	1623,4	
8:00	2618	785,4	951	951	67	134	1870,4	
9:00	2669	800,7	1296	1296	64	128	2224,7	
10:00	2468	740,4	1252	1252	41	82	2074,4	
11:00	2766	829,8	1426	1426	43	86	2341,8	
12:00	2682	804,6	1715	1715	54	108	2627,6	
13:00	3055	916,5	1745	1745	72	144	2805,5	
14:00	3037	911,1	1668	1668	49	98	2677,1	
15:00	3132	939,6	1634	1634	71	142	2715,6	
16:00	2543	762,9	2017	2017	64	128	2907,9	
17:00	3196	958,8	1798	1798	71	142	2898,8	
18:00	2987	896,1	1889	1889	73	146	2931,1	
19:00	3425	1027,5	1798	1798	48	96	2921,5	
20:00	3425	1027,5	1798	1798	48	96	2921,5	
21:00	2855	856,5	1440	1440	43	86	2382,5	

Sumber : Data Olahan

Tabel 9. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Depok Pada Hari Minggu

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Depok								Volume total (smp/jam)
	Motor (buah)	volume (smp = 0,3)	Mobil (buah)	volume (smp = 1)	Bus (buah)	volume (smp = 2)			
	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)	
7:00	1512	453,6	686	686	28	56			1195,6
8:00	2168	650,4	1002	1002	61	122			1774,4
9:00	2602	780,6	1235	1235	70	140			2155,6
10:00	2577	773,1	1262	1262	55	110			2145,1
11:00	2753	825,9	1523	1523	73	146			2494,9
12:00	2671	801,3	1431	1431	58	116			2348,3
13:00	2615	784,5	1703	1703	67	134			2621,5
14:00	2517	755,1	1471	1471	63	126			2352,1
15:00	3734	1120,2	2204	2204	66	132			3456,2
16:00	3616	1084,8	2130	2130	76	152			3366,8
17:00	3661	1098,3	1758	1758	68	136			2992,3
18:00	3989	1196,7	2080	2080	57	114			3390,7
19:00	3118	935,4	1752	1752	39	78			2765,4
20:00	3118	935,4	1752	1752	39	78			2765,4
21:00	2793	837,9	1469	1469	41	82			2388,9

Sumber : Data Olahan

Tabel 10. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Jakarta Pada Hari Selasa

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Jakarta							
	Motor	volume (smp = 0,3)	Mobil	volume (smp = 1)	Bus	volume (smp = 2)	Volume total	
	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)
7:00	8459	2537,7	1435	1435	105	210	4182,7	
8:00	8289	2486,7	1548	1548	65	130	4164,7	
9:00	6207	1862,1	1562	1562	63	126	3550,1	
10:00	4370	1311	1353	1353	61	122	2786	
11:00	3843	1152,9	1186	1186	84	168	2506,9	
12:00	3421	1026,3	1180	1180	81	162	2368,3	
13:00	3576	1072,8	1063	1063	92	184	2319,8	
14:00	3253	975,9	1223	1223	101	202	2400,9	
15:00	2690	807	1655	1655	107	214	2676	
16:00	2299	689,7	1452	1452	108	216	2357,7	
17:00	2401	720,3	1516	1516	124	248	2484,3	
18:00	1974	592,2	1251	1251	91	182	2025,2	
19:00	2469	740,7	1117	1117	76	152	2009,7	
20:00	2046	613,8	833	833	77	154	1600,8	
21:00	1919	575,7	972	972	56	112	1659,7	

Sumber : Data Olahan

Tabel 11. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Depok Pada Hari Selasa

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Depok							Volume total (smp/jam)
	Motor (buah)	volume (smp = 0,3) (smp/jam)	Mobil (buah)	volume (smp = 1) (smp/jam)	Bus (buah)	volume (smp = 2) (smp/jam)	Volume total (smp/jam)	
7:00	1946	583,8	774	774	49	98	1455,8	
8:00	2559	767,7	938	938	70	140	1845,7	
9:00	2626	787,8	986	986	98	196	1969,8	
10:00	2468	740,4	959	959	87	174	1873,4	
11:00	2379	713,7	1085	1085	133	266	2064,7	
12:00	2525	757,5	1211	1211	126	252	2220,5	
13:00	2463	738,9	1363	1363	149	298	2399,9	
14:00	2530	759	1322	1322	131	262	2343	
15:00	3256	976,8	1608	1608	78	156	2740,8	
16:00	3848	1154,4	1736	1736	96	192	3082,4	
17:00	4311	1293,3	2038	2038	408	816	4147,3	
18:00	5173	1551,9	1768	1768	70	140	3459,9	
19:00	6424	1927,2	1659	1659	89	178	3764,2	
20:00	5806	1741,8	1935	1935	71	142	3818,8	
21:00	5378	1613,4	1589	1589	53	106	3308,4	

Sumber : Data Olahan

Tabel 12. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Jakarta Pada Hari Rabu

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Jakarta							
	Motor	volume (smp = 0,3)	Mobil	volume (smp = 1)	Bus	volume (smp = 2)	Volume total	
	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(smp/jam)	
7:00	7125	2137,5	1341	1341	86	172	3650,5	
8:00	6832	2049,6	1544	1544	67	134	3727,6	
9:00	6183	1854,9	1621	1621	120	240	3715,9	
10:00	4837	1451,1	1448	1448	85	170	3069,1	
11:00	3224	967,2	1322	1322	87	174	2463,2	
12:00	3371	1011,3	1333	1333	126	252	2596,3	
13:00	2848	854,4	1247	1247	101	202	2303,4	
14:00	3645	1093,5	1311	1311	116	232	2636,5	
15:00	3076	922,8	1293	1293	127	254	2469,8	
16:00	2801	840,3	1436	1436	107	214	2490,3	
17:00	3083	924,9	1503	1503	121	242	2669,9	
18:00	2926	877,8	1260	1260	110	220	2357,8	
19:00	2765	829,5	1217	1217	60	120	2166,5	
20:00	2538	761,4	1124	1124	71	142	2027,4	
21:00	2408	722,4	1171	1171	52	104	1997,4	

Sumber : Data Olahan

Tabel 13. Perhitungan Volume Kendaraan Menuju Depok Pada Hari Rabu

Jam sampling	Jumlah Kendaraan Menuju Depok								Volume total (smp/jam)
	Motor	volume (smp = 0,3)	Mobil	volume (smp = 1)	Bus	volume (smp = 2)	Volume total		
	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(buah)	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)	
7:00	1789	536,7	656	656	53	106	1298,7		
8:00	2677	803,1	1016	1016	63	126	1945,1		
9:00	2986	895,8	1134	1134	85	170	2199,8		
10:00	2384	715,2	1413	1413	121	242	2370,2		
11:00	2268	680,4	1233	1233	145	290	2203,4		
12:00	2238	671,4	1332	1332	154	308	2311,4		
13:00	2331	699,3	1199	1199	144	288	2186,3		
14:00	2413	723,9	1278	1278	112	224	2225,9		
15:00	2161	648,3	1261	1261	111	222	2131,3		
16:00	3858	1157,4	1823	1823	71	142	3122,4		
17:00	4744	1423,2	1724	1724	115	230	3377,2		
18:00	5767	1730,1	1835	1835	101	202	3767,1		
19:00	6814	2044,2	1952	1952	88	176	4172,2		
20:00	6119	1835,7	1794	1794	82	164	3793,7		
21:00	5475	1642,5	1809	1809	59	118	3569,5		

Sumber : Data Olahan

LAMPIRAN 4 : Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 2 Variabel Bebas

Analisa regresi linear berganda dengan 2 variabel bebas yaitu dengan motor dan mobil sebagai kendaraan berbahan bakar bensin (X_1) dan bus sebagai kendaraan berbahan bakar solar (X_2), serta 1 variabel tak bebas yaitu konsentrasi NO atau NO_2 (Y).

Bentuk umum persamaan regresi linear berganda untuk 2 variabel bebas adalah:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

dimana :

Y = variabel terikat (konsentrasi polutan NO_2 atau NO di udara)

X_1 = variabel bebas pertama (volume kendaraan berbahan bakar bensin)

X_2 = variabel bebas kedua (volume kendaraan berbahan bakar diesel)

a = konstanta

b_1 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-1

b_2 = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-2

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

$$R = \sqrt{\frac{b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y}{\sum y^2}}$$

Sehingga nilai $R^2 = R \times R$

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 dan mobil sebagai kendaraan berbahan bakar bensin (X_1) dan bus sebagai kendaraan berbahan bakar solar (X_2), serta 1 variabel tak bebas yaitu konsentrasi NO atau NO_2 (Y) di jalur menuju Jakarta pada hari Sabtu.

x_1	x_2	y	x_1^2	x_2^2	y^2	x_1y	x_2y	x_1x_2
2241,9	128	3,544	5026116	16384	12,55876	7944,921	453,6107	286963,2
3013,2	150	5,603	9079374	22500	31,38899	16881,72	840,3882	451980
2870,3	150	5,566	8238622	22500	30,97636	15975,06	834,8462	430545
2325,5	130	3,386	5407950	16900	11,46222	7873,191	440,1268	302315
2519,4	124	5,360	6347376	15376	28,73462	13505,16	664,698	312405,6
2514,4	118	3,970	6322207	13924	15,75767	9981,146	468,412	296699,2
2446,2	148	4,747	5983894	21904	22,53864	11613,3	702,6282	362037,6
2345,3	186	4,909	5500432	34596	24,10147	11513,84	913,1344	436225,8
2421,7	192	9,112	5864631	36864	83,02321	22065,82	1749,448	464966,4
2294,3	176	5,156	5263812	30976	26,58834	11830,3	907,5244	403796,8
2413,4	234	4,371	5824500	54756	19,1072	10549,4	1022,856	564735,6
2893,1	178	5,758	8370028	31684	33,15704	16659,09	1024,962	514971,8
2934,7	152	4,499	8612464	23104	20,24209	13203,57	683,8664	446074,4
2503,2	200	4,053	6266010	40000	16,42454	10144,77	810,544	500640
2295,2	98	2,881	5267943	9604	8,300626	6612,656	282,3459	224929,6
$\sum x_1 =$	$\sum x_2 =$	$\sum y =$	$\sum x_1^2 =$	$\sum x_2^2 =$	$\sum y^2 =$	$\sum x_1y =$	$\sum x_2y =$	$\sum x_1x_2 =$
38031,8	2364	72,9149	9,7,10⁷	391072	384,362	186354	11799,4	5999286

Dari tabel perhitungan di atas, didapatkan data sebagai berikut.

Y bar	4,860995886
(x ₁) bar	2535,453333
(x ₂) bar	157,6
$\Sigma (y)^2$	29,92256545
$\Sigma (x_1)^2$	947506,2773
$\Sigma (x_2)^2$	18505,6
$\Sigma (X_1)(y)$	1481,532023
$\Sigma (x_2)(y)$	307,9967038
$\Sigma (X_1)(x_2)$	5474,32
b ₁	0,001469965
b ₂	0,016208588
a	-1,420505129
R	0,489508139
R ²	0,239618218

LAMPIRAN 5 : Analisa Regresi dan Korelasi Linear Berganda dengan 4 Variabel Bebas

Persamaan umum untuk regresi linear dengan empat variabel bebas yaitu sebagai berikut.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

dimana :

- Y = variabel terikat (konsentrasi polutan NO₂ atau NO di udara)
- X₁ = variabel bebas pertama (volume kendaraan berbahan bakar bensin pada jalur menuju Jakarta)
- X₂ = variabel bebas kedua (volume kendaraan berbahan bakar diesel pada jalur menuju Jakarta)
- X₃ = variabel bebas ketiga (volume kendaraan berbahan bakar bensin pada jalur menuju Depok)
- X₄ = variabel bebas keempat (volume kendaraan berbahan bakar diesel pada jalur menuju Depok)
- a = konstanta
- b₁ = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-1
- b₂ = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-2
- b₃ = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-3
- b₄ = koefisien regresi parsial variabel bebas ke-4

Berikut ini adalah contoh perhitungan regresi dan koefisien korelasi linear berganda dengan variabel Variabel X yang digunakan sebagai volume kendaraan dalam smp, dengan variabel X₁ sebagai volume kendaraan berbahan bakar bensin menuju Jakarta, X₂ sebagai volume kendaraan berbahan bakar solar menuju Jakarta, X₃ sebagai volume kendaraan berbahan bakar bensin menuju Depok, dan X₄ sebagai volume kendaraan berbahan bakar solar menuju Depok , serta variabel Y sebagai hasil pengukuran konsentrasi polutan NO₂ dan NO, yang dilakukan pada hari Sabtu.

Σ	1	x_1	x_2	x_3	x_4	Y
1	15	38031,8	2364	35711,2	2114	72,91494
x_1	38031,8	97375360	5999286	90965951	5340833	186354
x_2	2364	5999286	391072	5751558	334848	11799,39
x_3	35711,2	90965951	5751558	91761087	4966612	172056,1
x_4	2114	5340833	334848	4966612	312100	10476,88
Y	72,91494	186354	11799,39	172056,1	10476,88	384,3618

15	38032	2364	35711	2114		a		72,9149383
38032	97375360	5999286	90965951	5340833		b ₁		186353,955
2364	5999286	391072	5751558	334848	x	b ₂	=	11799,391
35711	90965951	5751558	91761087	4966612		b ₃		172056,053
2114	5340833	334848	4966612	312100	x	b ₄	=	10476,8809
		[A]				[b]		[g]
a	10,5695894				-			72,9149383
b ₁	-0,0028344	0,00283443	0,0048696	0,0002267	0,0002267	0,0142555		186353,955
b ₂	-0,0048696	1,10562E-06	-6,756E-08	-5,577E-08	-5,577E-08	1,2389E-06		11799,391
b ₃	-0,0002267	-6,7564E-08	6,4009E-05	-1,304E-06	-1,304E-06	-1,379E-05	x	172056,053
b ₄	-0,0142555	1,23893E-06	-1,379E-06	1,8499E-07	1,8499E-07	9,4503E-07		10476,8809
[b]		[A]					x	[g]
a	-3,3514416							
b ₁	0,00195155							
b ₂	0,01884885							
b ₃	-0,0005786							
b ₄	0,01185817							

LAMPIRAN 6: Dokumentasi Penelitian

