



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**GAMBARAN DAN ANALISIS RISIKO NITROGEN DIOKSIDA  
(NO<sub>2</sub>) PER-KOTA/KABUPATEN DAN PROVINSI DI  
INDONESIA (HASIL PEMANTAUAN KUALITAS UDARA  
AMBIEN DENGAN METODE PASIF DI PUSARPEDAL  
TAHUN 2011)**

**SKRIPSI**

**DIAN NUR WIJAYANTI  
0806458100**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
DEPOK  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**GAMBARAN DAN ANALISIS RISIKO NITROGEN DIOKSIDA  
(NO<sub>2</sub>) PER-KOTA/KABUPATEN DAN PROVINSI DI  
INDONESIA (HASIL PEMANTAUAN KUALITAS UDARA  
AMBIEN DENGAN METODE PASIF DI PUSARPEDAL  
TAHUN 2011)**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Kesehatan Masyarakat**

**DIAN NUR WIJAYANTI  
0806458100**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
PROGRAM STUDI SARJANA KESEHATAN MASYARAKAT  
PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN  
DEPOK  
JULI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Dian Nur Wijayanti

NPM : 0806458100

Tanda Tangan :



Tanggal : 10 Juli 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Dian Nur Wijayanti  
NPM : 0806458100  
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat  
Judul Skripsi : Gambaran dan Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Per-Kota/Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011)

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Bambang Wispriyono, PhD



Penguji : Dr. Suyud Warno Utomo, Msc



Penguji : Jetro Situmorang, ST



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2012

## RIWAYAT HIDUP

Nama : Dian Nur Wijayanti

Tempat, Tanggal Lahir : Bogor, 22 Maret 1990

Agama : Islam

Jenis Kelamin : Perempuan

Alamat Rumah : Perumahan Bukit Cengkeh 1 D3 No.10 Jalan Balik Papan RT 007 RW 15 Cimanggis-Depok

Pendidikan Formal : 1. SD Negeri Tugu X (Tahun 1996-2002)  
2. SMP Negeri 103 Jakarta (Tahun 2002-2005)  
3. SMA Negeri 39 Jakarta (Tahun 2005-2008)  
4. Universitas Indonesia (Tahun 2008-2012)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan rahmat yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Gambaran dan Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Per-Kota/Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011).”

Pembuatan skripsi ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2012 dengan menggunakan data-data sekunder dari Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (Pusarpedal) dan Badan Pusat Statistik.

Dalam proses pembuatan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis. Tanpa bantuan dari pihak-pihak tersebut, tidak mungkin penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Untuk itu saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak drs. Bambang Wispriyono Apt., Ph.D, selaku pembimbing akademik yang telah memberikan saran dan arahan yang membangun kepada penulis.
2. Bapak Dr. Suyud Warno Utomo, Msc yang telah bersedia meluangkan waktu untuk menjadi penguji skripsi saya ditengah kesibukannya yang padat.
3. Bapak Jetro Situmorang, ST yang telah memberikan saran dan arahan serta berkenan menjadi penguji skripsi penulis.
4. Ibu Heny Puspita yang senantiasa memberikan pengarahan selama penulis melaksanakan prakesmas di Pusarpedal.
5. Orang tua yang selalu memberikan dukungan penuh kepada penulis baik moril dan materi. Serta kakak satu-satunya, Mas Dody yang senantiasa selalu memberikan informasi bermanfaat kepada penulis.
6. Staf Departemen Kesehatan Lingkungan (Pak Tusin, Pak Nasir, Ibu Itus) yang senantiasa membantu dan memberikan kelancaran untuk penulis.
7. Sahabat-sahabat seperjuangan penulis, Ratih, Sifa, Imam, Rico, Randy, Adrian, Irul, Budi yang selalu memberikan dorongan semangat dan senantiasa mendengarkan keluh kesah penulis.

8. Sahabat-sahabat penulis yang cantik-cantik, Ratih, Wirda, Kades, Rr yang selalu memberikan semangat dan bantuan di sela-sela kesibukannya.
9. 'Geng ngaji cantik', Kak Mhely, Kades, Ratih, Sifa, Almas, Asti, Ayu, Wachi, Uca dan Indri yang menjadi teman seperjuangan dalam menuntut ilmu agama di kampus serta senantiasa memberikan semangat dan informasi yang bermanfaat kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan di perpustakaan, Kades, Almas, Zaynudin, Richan, Apay dan lain-lain yang bersama-sama dengan penulis mengerjakan skripsi sampai malam.
11. Teman-teman 2008 khususnya sahabat Kesehatan Lingkungan 2008 yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan adik-adik FKM yang telah memberikan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Depok, 10 Juli 2012

Penulis

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

---

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

Nama : Dian Nur Wijayanti  
NPM : 0806458100  
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat  
Departemen : Kesehatan Lingkungan  
Fakultas : Kesehatan Masyarakat  
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:

**Gambaran dan Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Per-Kota/Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011)**

beserta perangkat yang ada. 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 : 10 Juli 2012

Yang menyatakan,



Dian Nur Wijayanti

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Dian Nur Wijayanti  
NPM : 0806458100  
Program Studi : Kesehatan Masyarakat  
Kekhususan : Kesehatan Lingkungan  
Angkatan : 2008  
Jenjang : Sarjana

menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

**Gambaran dan Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Per-Kota/Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011)**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 10 Juli 2012



(Dian Nur Wijayanti)

## ABSTRAK

Nama : Dian Nur Wijayanti  
Program Studi : Kesehatan Masyarakat  
Judul : Gambaran dan Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Per-Kota/Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011)

Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) ialah salah satu komponen utama yang mempengaruhi kualitas udara. Diantara jenis NO<sub>x</sub> yang ada di udara, NO<sub>2</sub> merupakan gas yang paling beracun. NO<sub>x</sub> sendiri dihasilkan dari proses pembakaran pada kendaraan bermotor maupun kegiatan industri. Dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor dan industri dari tahun ke tahun akan serta meningkatkan pencemaran udara di Indonesia. NO<sub>2</sub> telah terbukti dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan tumbuhan. Sehingga perlu diketahui kualitas udara ambien berdasarkan parameter NO<sub>2</sub> di kota dan kabupaten di Indonesia. Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif dan didukung oleh studi analisis risiko. Sumber data berupa data sekunder dari Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (Pusarpedal) dan Badan Pusat Statistik, wawancara dengan Bidang Pemantauan dan Kajian Kualitas Lingkungan Pusarpedal, serta studi literatur. Sampel dalam penelitian ini ialah sampel NO<sub>2</sub> tahap satu dan dua yang diambil dari beberapa kota dan kabupaten yang termasuk dalam wilayah program pemantauan NO<sub>2</sub> dengan metode pasif yang dilakukan oleh Pusarpedal tahun 2011. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa kualitas udara ambien berdasarkan parameter NO<sub>2</sub> di beberapa kota dan kabupaten di Indonesia, sebagian besar masih berada di bawah nilai baku mutu. Tingginya rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> di tiap provinsi memiliki kecenderungan berbanding lurus dengan banyaknya jumlah kendaraan bermotor, industri dan rumah tangga. Selain itu, sektor transportasi diketahui merupakan penyumbang terbesar untuk emisi NO<sub>2</sub> di tiap pulau besar. Berdasarkan simulasi analisis risiko, hasil pemantauan udara ambien konsentrasi NO<sub>2</sub> tahun 2011 diketahui belum menimbulkan risiko kesehatan bagi kelompok ibu rumah tangga. Namun demikian, Pemerintah dan pihak-pihak terkait diharapkan untuk tetap melakukan tindakan pencegahan agar konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien tidak semakin meningkat.

Kata kunci:

NO<sub>2</sub>, Indonesia, transportasi, industri, analisis risiko

## ABSTRACT

Name : Dian Nur Wijayanti  
Study Program : Bachelor of Public Health  
Title : Overview and Risk Analysis of Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>)  
by Region and Province in Indonesia (Ambient Air  
Quality Monitoring with Passive Method in Pusarpedal  
Year 2011)

Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) is one of major components which affect in air quality. NO<sub>2</sub> is the most poisonous gas among types of NO<sub>x</sub>. NO<sub>x</sub> is produced by combustion of vehicles and industrial activities. Increase in number of vehicles and industry affect air pollution in Indonesia year to year. NO<sub>2</sub> is evidently affect human health and plants so that air quality based on NO<sub>2</sub> as parameter need to aware in whole Indonesia region. The research analyzed data descriptively and supported by risk analysis study. The secondary data from Environment Impact Management Support Center (Pusarpedal) and Statistic Center Bureau (BPS) is used to the research. In addition, the research did interview to Department of Monitoring and Assessment Environmental Quality Pusarpedal as well literature study. Passive method was applied to measure NO<sub>2</sub> concentration which is taken two phases in several region by Pusarpedal in 2011. The result showed most of NO<sub>2</sub> concentrations are below the quality standard. The high NO<sub>2</sub> concentration is directly related to the large number of vehicles, industries and household. Transportation was known as the largest contributor of NO<sub>2</sub> emissions in big island. According to simulation of risk analysis calculation, NO<sub>2</sub> concentration in 2011 had not risked in health for housewife group. However, the Government and the related parties are expected to take action to prevent so that the concentrations of NO<sub>2</sub> in ambient air are not increased.

Keywords: NO<sub>2</sub>, Indonesia, transportation, industry, risk analysis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISONALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	viii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR GRAFIK .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.4.1 Tujuan Umum .....	4
1.4.2 Tujuan Khusus .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.5.1 Bagi Puserpedal.....	5
1.5.2 Bagi Pemerintah.....	5
1.5.3 Bagi Masyarakat dan Pelaku Industri .....	6
1.5.4 Bagi Peneliti Lain.....	6
1.6 Lingkup Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Udara .....	7
2.2 Pencemaran Udara .....	8
2.2.1 Jenis Pencemaran Udara .....	8
2.2.2 Sumber Pencemar Udara.....	9
2.3 Nitrogen Dioksida .....	9
2.3.1 Karakteristik.....	9
2.3.2 Sumber .....	10
2.3.3 Siklus Fotolitik.....	11
2.4 Dampak Nitrogen Dioksida.....	13
2.4.1 Dampak Terhadap Tanaman .....	13
2.4.2 Dampak Terhadap Kesehatan .....	13
2.5 Baku Mutu Nitrogen Dioksida.....	15
2.6 Sumber Pencemar Udara di Perkotaan.....	16
2.6.1 Transportasi .....	16

2.6.2	Industri .....	17
2.6.3	Permukiman .....	18
2.7	Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara .....	18
2.8	Analisis Risiko .....	19
2.8.1	Identifikasi Bahaya.....	21
2.8.2	Identifikasi Sumber .....	21
2.8.3	Penilaian Dosis-Respon .....	21
2.8.4	Penilaian Paparan .....	21
2.8.5	Karakteristik Risiko .....	22

**BAB III KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL..... 23**

3.1	Kerangka Teori.....	23
3.2	Kerangka Konsep .....	25
3.3	Definisi Operasional.....	26

**BAB IV METODE PENELITIAN ..... 29**

4.1	Desain Penelitian.....	29
4.2	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	29
4.3	Populasi dan Sampel .....	31
4.3.1	Populasi .....	31
4.3.2	Sampel.....	31
4.4	Teknik Pengumpulan Data.....	32
4.4.1	Pengambilan Sampel.....	32
4.4.2	Pemeriksaan Sampel .....	35
4.4.3	Sumber Data Penelitian.....	39
4.5	Pengolahan Data dan Analisis Data .....	40
4.5.1	Data Kualitas Udara .....	40
4.5.2	Analisis Univariat.....	41
4.5.3	Analisis Bivariat.....	42
4.5.4	Analisis Risiko .....	42

**BAB V GAMBARAN UMUM INDONESIA..... 44**

5.1	Letak Geografi .....	44
5.2	Penduduk dan Ketenagakerjaan .....	46
5.3	Transportasi.....	49
5.4	Industri .....	50

**BAB VI HASIL PENELITIAN..... 51**

6.1	Kondisi Kualitas Udara Ambien Untuk Parameter NO <sub>2</sub> .....	51
6.2	Perbandingan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Dengan Jumlah Kendaraan Bermotor .....	61
6.3	Perbandingan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Dengan Jumlah Industri .....	63
6.4	Perbandingan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Dengan Jumlah Rumah Tangga .....	65
6.5	Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Tiap Pulau.....	67
6.6	Analisis Risiko NO <sub>2</sub> Terhadap Kesehatan.....	69

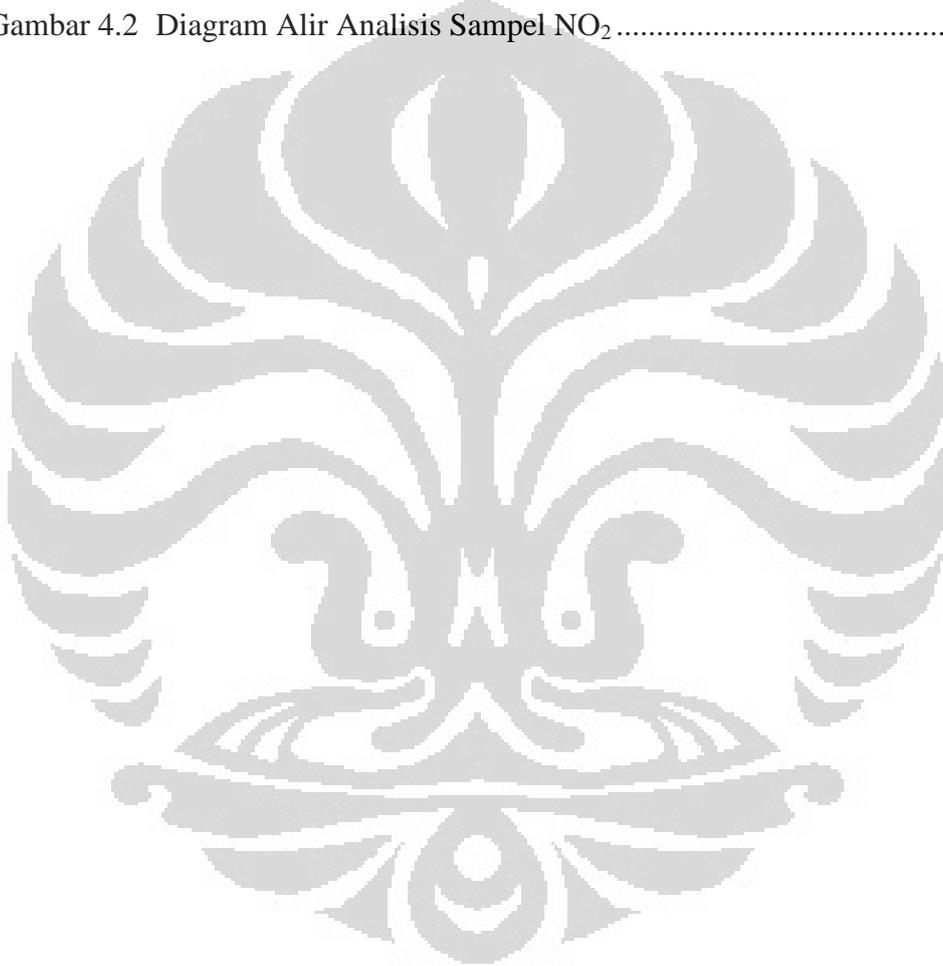
6.6.1	Konsentrasi Paparan.....	69
6.6.2	Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas .....	70
6.6.3	Analisis Dosis Respon .....	70
6.6.4	Analisis Pemajanan dan Perhitungan Intake NO <sub>2</sub> .....	70
6.6.5	Karakteristik Risiko .....	71
6.6.6	Manajemen Risiko .....	72
<b>BAB VII PEMBAHASAN .....</b>		<b>73</b>
7.1	Keterbatasan Penelitian .....	73
7.2	Kualitas Udara Ambien .....	73
7.3	Perbandingan Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Transportasi dengan Jumlah Kendaraan .....	78
7.4	Perbandingan Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Industri dengan Jumlah Industri .....	79
7.5	Perbandingan Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Permukiman dengan Jumlah Rumah Tangga.....	81
7.6	Pernedaan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Diantara Lokasi Sumber Pencemar .....	82
7.7	Analisis Risiko NO <sub>2</sub> Terhadap Kesehatan.....	83
	7.7.1 Konsentrasi NO <sub>2</sub> .....	83
	7.7.2 Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas .....	83
	7.7.3 Karakteristik Risiko .....	84
<b>BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>86</b>
7.1	Kesimpulan .....	86
7.2	Saran.....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>89</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kering dari Udara Bersih di Troposphere .....	7
Tabel 2.2	Sumber Pencemaran NO <sub>x</sub> di Udara .....	11
Tabel 2.3	Dampak Kesehatan Akibat NO <sub>2</sub> .....	15
Tabel 2.4	Nilai BMUAN untuk NO <sub>2</sub> .....	16
Tabel 3.1	Definisi Operasional .....	26
Tabel 4.1	Bahan dan Alat Pengambilan Sampel.....	32
Tabel 4.2	Bahan dan Alat Pemeriksaan Sampel .....	35
Tabel 4.3	Deret Standar .....	37
Tabel 5.1	Jumlah Kota dan Kabupaten Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2011.....	45
Tabel 5.2	Penduduk, Luas Wilayah dan Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi Tahun 2010.....	46
Tabel 5.3	Jumlah Penduduk yang Bekerja Menurut Lapangan Pekerjaan Utama Tahun 2010.....	47
Tabel 5.4	Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi Tahun 2009-2010 .....	48
Tabel 5.5	Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya Tahun 2006-2010 .....	49
Tabel 5.6	Jumlah Industri Pengolahan Besar dan Sedang, Jawa dan Luar Jawa, 2001-2008.....	50
Tabel 6.1	Konsentrasi NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Tahun 2011 .....	51
Tabel 6.2	Distribusi Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Udara Ambien Menurut Provinsi Tahun 2011 .....	56
Tabel 6.3	Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Transportasi dan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi .....	63
Tabel 6.4	Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Industri dan Jumlah Industri Pengolahan Sedang dan Besar Menurut Provinsi.....	64
Tabel 6.5	Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Pemukiman dan Jumlah Rumah Tangga Menurut Provinsi .....	65
Tabel 6.6	Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Tiap Pulau .....	67
Tabel 6.7	Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Pulau Jawa.....	68
Tabel 6.8	Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Pulau Kalimantan .....	68
Tabel 6.9	Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Pulau Sulawesi .....	69
Tabel 6.10	Intake NO <sub>2</sub> 2 Kelompok Populasi di 4 Lokasi Pemantauan .....	71
Tabel 6.11	RQ NO <sub>2</sub> Kelompok Ibu Rumah Tangga di 4 Lokasi Pemantauan.....	72

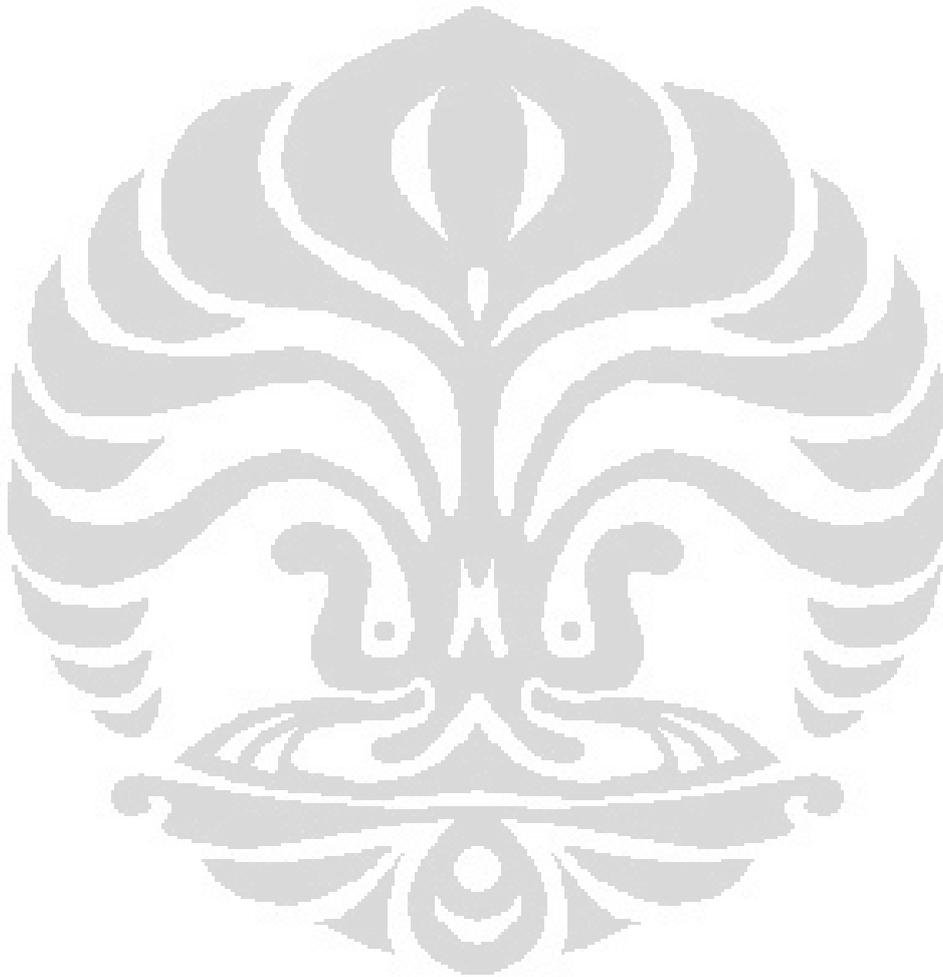
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daur Reaksi Fotolitik Nitrogen Oksida.....	12
Gambar 2.2	Langkah-Langkah Risk Analysis (Guidelines for Hazard Evaluation Procedure, 1985 dalam Louvar and Louvar, 1998) .....	20
Gambar 3.1	Kerangka Teori.....	24
Gambar 3.2	Kerangka Konsep .....	25
Gambar 4.1	Skema Penetapan Lokasi Pemantauan Kualitas Udara Ambien.....	35
Gambar 4.2	Diagram Alir Analisis Sampel NO <sub>2</sub> .....	39



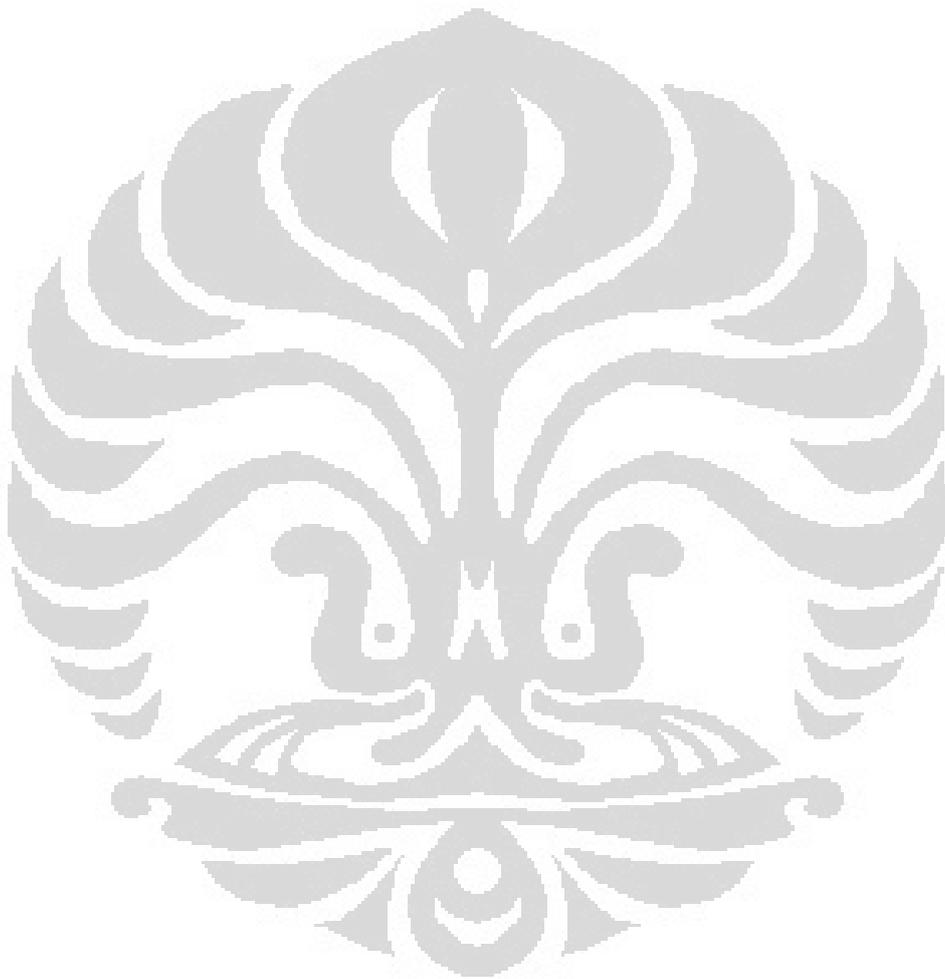
## DAFTAR GRAFIK

Grafik 6.1	Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Transportasi dengan Jumlah Kendaraan Menurut Provinsi.....	62
Grafik 6.2	Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Industri dengan Jumlah Industri Sedang dan Besar Menurut Provinsi.....	64
Grafik 6.3	Rata-Rata Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Lokasi Pemukiman dengan Jumlah Rumah Tangga Menurut Provinsi .....	66



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Analisis Bivariat



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ekonomi yang semakin pesat, tentu diikuti dengan semakin banyak aktivitas manusia dan jumlah industri. Demi tercipta kelancaran kegiatan tersebut maka kebutuhan transportasi akan semakin meningkat. Data statistik menunjukkan, dari tahun 2001 sampai 2008, jumlah industri pengolahan besar dan sedang cenderung meningkat. Pada tahun 2001, industri berjumlah 21.396 dan tahun 2008 menjadi 25.694. Hal yang sama juga dialami oleh sektor transportasi. Pada tahun 2006 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sebanyak 43.313.052 dan tahun 2010 meningkat menjadi 76.907.127 (BPS, 2011). Dari aktivitas perekonomian tersebut, perlu disadari bahwa pencemaran lingkungan menjadi hal yang tidak terelakkan lagi. Salah satu pencemaran lingkungan yang sering dihadapi oleh kota-kota besar di Indonesia ialah pencemaran udara.

Salah satu bahan pencemar udara yang telah terbukti dapat menyebabkan gangguan kesehatan ialah nitrogen dioksida. Nitrogen dioksida merupakan salah satu komponen utama yang mempengaruhi kualitas udara. Dengan kandungan udara yang terdiri dari 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen dan 1% gas-gas yang lain, maka pada proses pembakaran pada kegiatan industri maupun pada kendaraan bermotor, akan terjadi proses reaksi yang menghasilkan NO<sub>x</sub> (Susanto, 2004).

Menurut data BPLHD (2010), pencemaran NO<sub>x</sub> tertinggi di Jakarta berasal dari sumber bergerak yaitu 27.079,72 ton pertahun. Pada tahun 2001 hingga 2008, jumlah kendaraan meningkat secara signifikan dari 3,5 juta di tahun 2001 menjadi 9,6 juta pada tahun 2010. Jumlah kendaraan penumpang roda empat adalah sebanyak 421.006, kendaraan beban sebanyak 318.172, kendaraan roda tiga sebanyak 13.250 dan kendaraan roda dua sebanyak 2.608.316. Jika tidak didukung dengan sarana jalan yang memadai maka dapat menyebabkan kemacetan yang selanjutnya akan menimbulkan emisi gas buang yang lebih besar.

Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan tersebut akan menambah kontribusi terhadap penurunan kualitas udara.

Kegiatan industri juga menghasilkan emisi yang sangat tinggi, dimana pada tahun 2010 perkiraan beban emisi dari industri skala besar dan sedang untuk nitrogen oksida sebesar 9.581,74 ton/tahun. Dengan semakin banyaknya kegiatan industri maka emisi cerobong yang dihasilkan akan semakin besar, terutama untuk kegiatan industri yang menghasilkan bahan berbahaya dan beracun (BPLHD, 2010).

Dalam UU No. 36 tahun 2009 dijelaskan kesehatan merupakan hak asasi manusia. Hak ini tidak dapat diperoleh jika ada bahan pencemar sampai mengganggu kesehatan. Berdasarkan WHO dalam Global Health Risk (2009), polusi udara kota menduduki peringkat ke-14 untuk faktor penyebab kematian secara global pada tahun 2004. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nitrogen dioksida dengan gangguan kesehatan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Clark et.al (2010) yaitu secara statistik diketahui peningkatan kejadian asma terjadi seiring dengan peningkatan paparan awal oleh CO, NO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> dan karbon hitam. Dan dalam penelitian Chauhan et.al (2003) menyimpulkan bahwa tingginya pajanan NO<sub>2</sub> mungkin berhubungan dengan peningkatan keparahan eksaserbasi asma yang disebabkan oleh virus.

Tugaswati (1987) menjelaskan nitrogen dioksida merupakan gas yang paling beracun diantara jenis nitrogen oksida yang ada di udara. NO<sub>2</sub> akan dapat menembus ke dalam saluran pernafasan lebih dalam. Bagian dari saluran yang pertama kali dipengaruhi adalah membran mukosa dan jaringan paru. Organ lain yang dapat dicapai oleh NO<sub>2</sub> dari paru adalah melalui aliran darah.

Efek dari NO<sub>2</sub> tergantung pada tingkat dan lamanya paparan. Paparan NO<sub>2</sub> sebesar 50 ppm dapat mengakibatkan batuk, hemoptisis, dispnea, dan nyeri dada. Jika terkena paparan NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dari 100 ppm, dapat menghasilkan edema paru yang dapat berakibat fatal atau dapat menyebabkan bronkiolitis obliterans. Beberapa studi menunjukkan bahwa paparan kronis NO<sub>2</sub> dapat mempengaruhi individu untuk perkembangan penyakit paru kronis, termasuk infeksi dan penyakit paru obstruktif (Medscape, 2012).

Selain itu, NO<sub>2</sub> tidak hanya berdampak negatif pada manusia, tetapi juga tanaman. Percobaan dengan cara fumigasi terhadap tanam-tanaman dengan NO<sub>2</sub> menunjukkan terjadinya bintik-bintik pada daun jika digunakan konsentrasi 1 ppm. Sedangkan, jika konsentrasi ditingkatkan menjadi lebih tinggi (3,5 ppm atau lebih) terjadi nekrosis atau kerusakan tenunan daun (Stoker dan Seager, 1972; Fardiaz, 1992)

Dengan mengetahui dampak yang diakibatkan oleh pencemaran NO<sub>2</sub>, seharusnya dilakukan pembangunan berkelanjutan dengan melakukan pengelolaan lingkungan yang tepat. Dalam PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yang merupakan pelaksana dari UU No. 32 tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, telah diatur mengenai baku mutu NO<sub>2</sub> di udara ambien. Nilai baku mutu udara ambien ini dapat digunakan untuk mengetahui pencemaran udara telah melebihi batas atau tidak pada suatu wilayah. Dan dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan program pencegahan dan pengendalian pencemaran udara untuk selanjutnya.

Dalam melakukan usaha pengendalian pencemaran udara tersebut, pemerintah khususnya Kementerian Lingkungan Hidup membuat program pemantauan kualitas udara ambien untuk parameter NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> dengan menggunakan metode pasif yang dilakukan di 450 kota dan kabupaten di Indonesia. Pemantauan ini dilakukan agar tersedianya data yang dapat mewakili kualitas udara ambien di Indonesia. Pemantauan kualitas udara dengan metode pasif yang mencakup wilayah 450 kota dan kabupaten baru pertama kali dilakukan pada tahun 2011. Program ini dilaksanakan oleh Pusarpedal yang merupakan pusat laboratorium rujukan nasional.

Transportasi, industri, permukiman dan permukiman komersial merupakan area yang dipilih untuk lokasi pengambilan sampel udara. Dengan adanya kegiatan pemantauan ini peneliti tertarik untuk mengetahui distribusi NO<sub>2</sub> yang ada di keempat area sumber pencemar tersebut yang akan dibandingkan dengan baku mutu udara ambien yang tercantum dalam PP No. 41 tahun 1999. Selain itu, dengan mengetahui konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien, peneliti ingin melakukan simulasi analisis risiko terhadap kesehatan penduduk di Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, NO<sub>2</sub> dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan. Namun dengan meningkatnya aktivitas penduduk, jumlah kendaraan bermotor dan industri di Indonesia akan serta meningkatkan jumlah pencemaran NO<sub>2</sub> di udara. Sehingga perlu dilakukan pemantauan udara untuk mengetahui kualitas udara di wilayah tersebut. Dengan adanya program pemantauan kualitas udara ambien oleh Pusarpedal, maka peneliti ingin untuk mengetahui kualitas udara ambien khususnya parameter NO<sub>2</sub> di kota dan kabupaten di Indonesia pada tahun 2011. Namun, peneliti merasa tidak cukup hanya dengan mengetahui kualitas udara ambien saja sehingga perlu dilakukan perkiraan risiko dari konsentrasi NO<sub>2</sub> terhadap masyarakat dengan menggunakan studi analisis risiko.

## 1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana gambaran konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien pada kota atau kabupaten di Indonesia jika dibandingkan dengan baku mutu menurut PP No. 41 tahun 1999 ?
2. Kota atau kabupaten mana yang memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi pada lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial ?
3. Provinsi mana yang memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi pada lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial ?
4. Bagaimana perbandingan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah kendaraan bermotor, industri dan rumah tangga menurut provinsi ?
5. Bagaimana perbedaan kualitas udara ambien antara area transportasi, industri, permukiman dan komersial pada tahun 2011 ?
6. Seberapa besar tingkat risiko gangguan kesehatan kronis non karsinogenik pada penduduk akibat NO<sub>2</sub> di udara?

## 1.4 Tujuan Penelitian

### 1.4.1 Tujuan Umum

Mengetahui kualitas udara ambien di beberapa kota dan kabupaten di Indonesia berdasarkan parameter NO<sub>2</sub> tahun 2011.

### 1.4.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui dan menganalisis konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien di beberapa kota dan kabupaten di Indonesia jika dibandingkan dengan baku mutu menurut PP No. 41 tahun 1999.
2. Mengetahui dan menganalisis kota dan kabupaten yang memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi pada lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial.
3. Mengetahui dan menganalisis provinsi yang memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi pada lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial.
4. Mengetahui dan menganalisis perbandingan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah kendaraan bermotor, industri dan rumah tangga menurut provinsi.
5. Menganalisis perbedaan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> antar lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial di tiap pulau besar pada tahun 2011.
6. Mengetahui dan menghitung tingkat risiko gangguan kesehatan kronis non karsinogenik pada penduduk dengan menggunakan simulasi analisis risiko.

### 1.5 Manfaat Penelitian

#### 1.5.1 Bagi Pusarpedal

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan atau informasi tambahan untuk program pemantauan kualitas udara di Pusarpedal.

#### 1.5.2 Bagi Pemerintah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan bagi sektor lain yang berperan dalam pengendalian pencemaran udara, seperti sektor kesehatan, perhubungan, perindustrian dan perdagangan, energi dan sumber daya mineral.

### 1.5.3 Bagi Masyarakat dan Pelaku Industri

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi informasi bagi masyarakat mengenai kualitas udara saat ini. Serta masyarakat dapat mengetahui tingkat risiko kesehatan yang disebabkan oleh NO<sub>2</sub>.

Dan penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi bagi para pelaku industri untuk lebih peduli pada lingkungan. Diharapkan adanya suatu perubahan sistem pengelolaan pembuangan emisi dan penggunaan teknologi ramah lingkungan untuk industri otomotif agar dapat mengurangi tingkat pencemaran udara yang dihasilkan produknya.

### 1.5.4 Bagi Peneliti Lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan bacaan dan referensi untuk menambah pengetahuan bagi peneliti lain. Dan hasil penelitian ini bisa digunakan untuk studi awalan untuk penelitian selanjutnya yang lebih spesifik.

## 1.6 Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui gambaran kualitas udara ambien khususnya parameter NO<sub>2</sub> di beberapa kota dan kabupaten di Indonesia tahun 2011. Alasan penelitian ini dilakukan karena peneliti melihat semakin bertambahnya jumlah kendaraan bermotor dan industri akan serta meningkatkan pencemaran udara di Indonesia. Pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh Pusarpedal di 450 kota dan kabupaten di Indonesia memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mengetahui gambaran kualitas udara di beberapa kota dan kabupaten di Indonesia saat ini.

Lokasi penelitian ini ialah kota dan kabupaten yang dipasang alat *passive sampler*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Juli 2012. Penelitian ini menggunakan sumber data sekunder yang diperoleh dari Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (Pusarpedal) dan Badan Pusat Statistik (BPS).

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Udara

Udara ialah campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya (Wardhana, 2004). Selain itu, udara juga merupakan atmosfer yang berada disekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di dunia. Komposisi udara bersih dan kering, kira-kira tersusun oleh seperti tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Komposisi Kering dari Udara Bersih di Troposphere**

Gas	Formula	Volume (%)
Nitrogen	N <sub>2</sub>	78,08
Oxigen	O <sub>2</sub>	20,94
Argon	Ar	0,934
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	0,035
Neon	Ne	0,00182
Helium	He	0,00052
Methane	CH <sub>4</sub>	0,00015
Krypton	Kr	0,00011
Hydrogen	H <sub>2</sub>	0,00005
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	0,00005
Xenon	Xe	0,000009

Sumber : Cunningham-Saigo (2001) dalam Mulia (2005)

Udara perlu dibagi ke dalam dua bagian agar dapat mengetahui pengaruh kualitas udara terhadap kesehatan, yaitu udara bebas (ambien) dan udara tidak bebas. Udara bebas ialah udara yang secara alamiah ada di sekitar kita. Dan udara tidak bebas ialah udara yang berada di dalam ruangan bangunan-bangunan seperti perumahan, rumah sakit, sumur-sumur, dan tambang-tambang (Slamet,1994).

## 2.2 Pencemaran Udara

Saat ini, kualitas udara telah mengalami perubahan dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri. Perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar yang berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol ke dalam udara (Soedomo, 2001). Menurut McGranahan dan Murray (2003), pencemaran udara juga dapat didefinisikan sebagai adanya zat di udara pada konsentrasi, durasi, dan frekuensi yang mempengaruhi kesehatan manusia, kesejahteraan manusia atau lingkungan. Dalam PP Nomor 41 Tahun 1999, pengertian mengenai pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

### 2.2.1 Jenis Pencemaran Udara

Menurut Soedomo (2001) ada beberapa jenis pencemaran udara, tergantung dari pengelompokkannya, yaitu :

1. Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa :
  - a. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
  - b. Gas (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, Hidrokarbon)
  - c. Energi (suhu dan kebisingan)
2. Berdasarkan dari kejadian terbentuknya pencemar, yaitu :
  - a. Pencemar primer ialah pencemar yang diemisikan langsung oleh sumber.
  - b. Pencemar sekunder ialah pencemar yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat.
3. Berdasarkan pola emisi pencemar, yaitu :
  - a. Sumber titik (*point source*) ialah sumber yang diam, berupa cerobong asap.
  - b. Sumber garis (*line source*) ialah sumber yang bergerak berasal dari kendaraan bermotor.

- c. Sumber area (*area source*) ialah sumber berasal pembakaran terbuka di daerah pemukiman, pedesaan dan lain-lain.

### 2.2.2 Sumber Pencemar Udara

Dalam peraturan mengenai pengelolaan udara di Indonesia yaitu PP No. 41 tahun 1999 mendefinisikan sumber pencemar sebagai setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Sumber-sumber pencemar udara dapat bersifat alami maupun antropogenik (aktivitas manusia). Menurut Wardhana (2004), terdapat dua sumber pencemar udara, yaitu :

1. Faktor internal (secara alamiah), contoh :
  - a. Debu yang berterbangan akibat tiupan angin.
  - b. Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik.
  - c. Proses pembusukan sampah organik, dan lain-lain.
2. Faktor eksternal (antropogenik), contoh :
  - a. Hasil pembakaran bahan bakar fosil.
  - b. Debu atau serbuk dari kegiatan industri.
  - c. Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

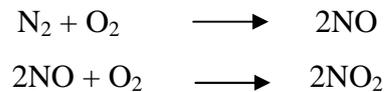
## 2.3 Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)

### 2.3.1 Karakteristik

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Selain kedua zat tersebut, masih ada bentuk nitrogen oksida lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Sifat dari NO ialah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam.

Jumlah NO di udara lebih besar daripada NO<sub>2</sub>. Pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO,

yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk  $\text{NO}_2$ .  
Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :



Udara terdiri dari 80% nitrogen dan 20% oksigen. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan nitrogen dan oksigen untuk bereaksi satu sama lainnya. Pada suhu yang lebih tinggi (diatas  $1210^\circ\text{C}$ ) keduanya dapat bereaksi membentuk NO dalam jumlah banyak sehingga mengakibatkan pencemaran udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai  $1210 - 1.765^\circ\text{C}$ . Oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting. Jadi, reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dari proses pembakaran (Fardiaz, 1992).

### 2.3.2 Sumber

$\text{NO}_2$  tidak secara langsung dilepaskan langsung ke udara.  $\text{NO}_2$  terbentuk ketika nitrogen oksida (NO) dan lainnya ( $\text{NO}_x$ ) bereaksi dengan bahan kimia lain di udara untuk membentuk nitrogen dioksida. Sumber utama nitrogen dioksida yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah pembakaran bahan bakar fosil (batubara, gas dan minyak), terutama bensin digunakan oleh kendaraan bermotor. Di daerah perkotaan, 80%  $\text{NO}_2$  dihasilkan oleh kendaraan bermotor.  $\text{NO}_2$  juga dihasilkan dari proses pembuatan asam nitrat, pengelasan dan penggunaan bahan peledak. Sumber-sumber lain  $\text{NO}_2$  yaitu proses penyulingan bensin dan logam, industri pengolahan komersial, dan industri pengolahan makanan. Sumber alaminya yaitu gunung berapi dan bakteri (Ministry for the Environment, 2009).

**Tabel 2.2 Sumber Pencemaran NO<sub>x</sub> di Udara**

Sumber Pencemaran	% Bagian	% Total
Transportasi :		39,3
• Mobil bensin	32,0	
• Mobil diesel	2,9	
• Pesawat terbang (dapat diabaikan)	0,0	
• Kereta api	1,9	
• Kapal laut	1,0	
• Sepeda motor, dll	1,5	
Pembakaran stasioner		48,5
• Batubara	19,4	
• Minyak	4,8	
• Gas alam (termasuk LPG & kerosin)	23,3	
• Kayu	1,0	
Proses industri		1,0
Pembuangan limbah padat		2,9
Lain-lain :		8,3
• Kebakaran hutan	5,8	
• Pembakaran batubara sisa	1,0	
• Pembakaran limbah pertanian	1,5	
• Pembakaran lain-lain	0,0	
	100,0	100,0

Sumber : Wardhana (2004)

### 2.3.3 Siklus Fotolitik

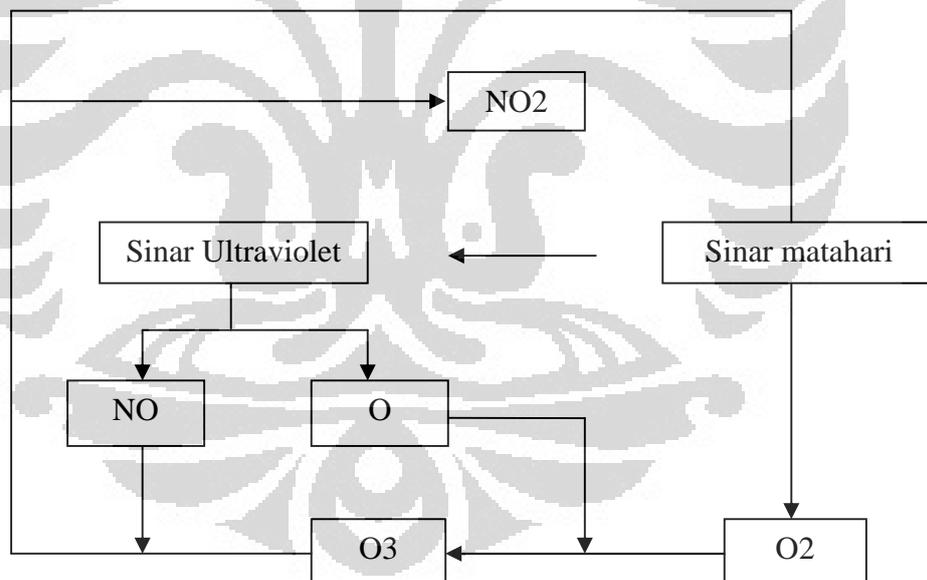
Berbagai pengaruh merugikan yang ditimbulkan karena polusi NO<sub>x</sub> bukan disebabkan oleh oksida tersebut, tetapi karena peranannya dalam pembentukan oksidan fotokimia yang merupakan komponen berbahaya di dalam asap. Produksi oksidan tersebut terjadi jika terdapat polutan-polutan lain yang mengakibatkan reaksi-reaksi yang melibatkan NO dan NO<sub>2</sub>. Reaksi-reaksi tersebut disebut siklus fotolitik NO<sub>2</sub> dan merupakan akibat langsung dari interaksi antara sinar matahari dengan NO<sub>2</sub>. Tahap-tahap reaksi tersebut adalah sebagai berikut :

1. NO<sub>2</sub> mengabsorpsi energi dalam bentuk sinar ultraviolet dari matahari.
2. Energi yang diabsorpsi tersebut memecah molekul-molekul NO<sub>2</sub> menjadi molekul-molekul NO dan atom-atom oksigen (O). Atom oksigen yang terbentuk bersifat sangat reaktif.

3. Atom-atom oksigen akan bereaksi dengan oksigen atmosfer ( $O_2$ ) membentuk ozon ( $O_3$ ) yang merupakan polutan sekunder.
4. Ozon akan bereaksi dengan NO membentuk  $NO_2$  dan  $O_2$  sehingga reaksi menjadi lengkap.

Pengaruh dari siklus di atas adalah terjadinya siklus  $NO_2$  secara cepat. Dan jika tidak terdapat reaktan lainnya di atmosfer, siklus tersebut tidak akan berpengaruh apapun. Konsentrasi NO dan  $NO_2$  di udara tidak akan berubah karena  $O_3$  dan NO akan terbentuk dan hilang dengan jumlah yang seimbang.

Reaksi yang mungkin mengganggu terhadap siklus fotolitik tersebut adalah jika terdapat hidrokarbon yang sering dihasilkan bersama-sama dengan sumber  $NO_x$ . Hidrokarbon akan berinteraksi sedemikian rupa sehingga siklus tersebut menjadi tidak seimbang sehingga NO akan diubah menjadi  $NO_2$  dengan kecepatan lebih tinggi daripada disosiasi  $NO_2$  menjadi NO dan O. Keadaan ini mengakibatkan terkumpulnya ozon di atmosfer (Fardiaz, 1992).



**Gambar 2.1 Daur Reaksi Fotolitik Nitrogen Oksida**

Sumber : Wardhana (2004)

## **2.4 Dampak Nitrogen Dioksida**

### **2.4.1 Dampak Terhadap Tanaman**

Adanya NO<sub>x</sub> di atmosfer akan mengakibatkan kerusakan tanaman, tetapi sukar ditentukan apakah kerusakan tersebut disebabkan langsung oleh NO<sub>x</sub> atau karena polutan sekunder yang diproduksi dalam siklus fotolitik NO<sub>2</sub>. Beberapa polutan sekunder diketahui bersifat sangat merusak tanaman. Percobaan dengan cara fumigasi tanam-tanaman dengan NO<sub>2</sub> menunjukkan terjadinya bintik-bintik pada daun jika digunakan konsentrasi 1 ppm, sedangkan dengan konsentrasi yang lebih tinggi (3,5 ppm atau lebih) terjadi nekrosis atau kerusakan tenunan daun (Stoker dan Seager, 1972 dalam Fardiaz, 1992).

Dalam keadaan seperti ini, daun tidak dapat berfungsi sempurna sebagai tempat terbentuknya karbohidrat melalui proses fotosintesis. Akibatnya tanaman tidak dapat memproduksi seperti yang diharapkan. Konsentrasi NO sebanyak 10 ppm sudah dapat menurunkan kemampuan fotosintesis daun sampai sekitar 60% hingga 70% (Wardhana, 2004).

### **2.4.2 Dampak Terhadap Kesehatan**

Sifat racun (toksisitas) gas NO<sub>2</sub> empat kali lebih kuat daripada toksisitas gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO<sub>2</sub> adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas NO<sub>2</sub> akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematiannya. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. Konsentrasi gas NO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem syaraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Bila keracunan ini terus berkelanjutan akan dapat menyebabkan kelumpuhan. Gas NO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oleh oksigen sehingga menjadi gas NO<sub>2</sub> (Wardhana, 2004).

Frekuensi pajanan NO<sub>2</sub> konsentrasi tinggi dapat menurunkan fungsi paru-paru khususnya pada anak-anak. Hal ini dapat menurunkan pertahanan terhadap penyakit paru-paru, agen bronchoconstrictive dan penyebab iritasi lainnya. NO<sub>2</sub> juga meningkatkan resiko untuk gangguan kelahiran termasuk berat lahir rendah, prematuritas, gangguan pertumbuhan intra-uterus, cacat lahir, dan kelahiran mati.

Karena NO<sub>2</sub> datang terutama dari sumber kendaraan, NO<sub>2</sub> juga sangat terkait dengan PM, dan dengan demikian sangat sulit untuk membedakan efek dari masing-masing polutan lain dalam studi epidemiologi (CAI-Asia Factsheet, 2010).

NO<sub>2</sub> dapat mengiritasi hidung dan tenggorokan, terutama pada orang dengan asma, dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernafasan. Ozon yang terbentuk ketika gas NO<sub>2</sub> dan gas lain bereaksi dengan adanya sinar matahari, juga dapat:

- Mengiritasi sistem pernapasan dan menyebabkan batuk, iritasi tenggorokan dan sensasi tidak nyaman di dada.
- Mengurangi fungsi paru-paru, menyebabkan pernapasan yang lebih cepat dan dangkal yang mungkin membatasi kemampuan seseorang untuk terlibat dalam kegiatan aktif.
- Meningkatkan kepekaan terhadap alergen seperti bulu hewan peliharaan, serbuk sari dan tungau debu yang sering memicu serangan asma, meningkatkan kebutuhan dokter dan kunjungan gawat darurat yang lebih banyak dan penggunaan obat-obatan yang lebih besar.
- Meradangkan lapisan paru-paru. Biasanya, sel yang rusak adalah gudang dan diganti seperti kulit terbakar akibat sinar matahari, tetapi penelitian menunjukkan bahwa peradangan berulang selama jangka waktu yang lama dapat menyebabkan jaringan parut permanen dan menghilangkan fungsi paru-paru (MassDEP, 2012).

McGranahan dan Murray (2003) dalam bukunya menjelaskan bahwa NO<sub>2</sub> sangat reaktif dan telah dilaporkan menyebabkan bronchitis dan pneumonia, dan juga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernafasan. Dampak kesehatan yang berhubungan dengan pajanan NO<sub>2</sub> pada studi epidemiologi dijelaskan pada tabel berikut :

**Tabel 2.3 Dampak Kesehatan Akibat NO<sub>2</sub>**

No	Dampak Kesehatan	Mekanisme
1	Peningkatan kejadian infeksi pernafasan	Penurunan kemampuan pertahanan paru-paru
2	Peningkatan keparahan infeksi pernafasan	Penurunan kemampuan pertahanan paru-paru
3	Gejala gangguan pernafasan	Kerusakan pada saluran pernafasan
4	Penurunan fungsi paru-paru	Kerusakan pada saluran pernafasan dan alveolus
5	Memburuknya status masyarakat karena asma, kerusakan paru-paru kronis atau penyakit pernafasan kronis lain	Kerusakan pada saluran pernafasan

Sumber : Romieu,1999 ; McGranahan dan Murray, 2003

Penelitian terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistem syaraf dan kekejangan. Penelitian lain menunjukkan bahwa tikus yang dipajan NO sampai 2500 ppm akan hilang kesadarannya setelah 6-7 menit, tetapi jika kemudian diberi udara segar akan sembuh kembali setelah 4–6 menit. Tetapi jika pemajanan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit, pengaruhnya tidak dapat dihilangkan kembali, dan semua tikus yang diuji akan mati (Fardiaz, 1992).

## 2.5 Baku Mutu Nitrogen Dioksida

Pemerintah Republik Indonesia telah mengeluarkan Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) di dalam Peraturan Pemerintah tentang Pengendalian Pencemaran Udara (PP Nomor 41 tahun 1999). Baku mutu ini memiliki:

- a) 9 parameter yang berlaku untuk menilai kondisi udara ambien secara umum.
- b) 4 parameter lain yang hanya berlaku untuk menilai kondisi udara ambien di kawasan industri kimia dasar.

Tiap parameter disertai nilai maksimalnya. Nilai-nilai tersebut umumnya dinyatakan dalam satuan konsentrasi, yaitu berat senyawa polutan dalam mikrogram ( $\mu\text{g}$ ) per meter kubik udara dalam kondisi normal (umumnya pada suhu 25 derajat Celsius dan tekanan 1 atmosfer). Kualitas udara ambien dikatakan baik jika konsentrasi polutan-polutannya masih di bawah nilai baku mutunya

(KemenLH, 2007). Nilai BMUA disediakan untuk beberapa waktu ukur rata-rata (*averaging time*).

**Tabel 2.4 Nilai BMUAN untuk NO<sub>2</sub>**

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Nitrogen dioksida (NO <sub>2</sub> )	1 jam	400 µg/Nm <sup>3</sup>
	24 jam	150 ug/Nm <sup>3</sup>
	1 tahun	100 ug/Nm <sup>3</sup>

Sumber : PP Nomor 41 tahun 1999

## 2.6 Sumber Pencemar Udara di Perkotaan

### 2.6.1 Transportasi

Transportasi merupakan dasar untuk pembangunan ekonomi dan perkembangan masyarakat serta pertumbuhan industrialisasi. Pertumbuhan ekonomi suatu negara atau bangsa tergantung pada tersedianya pengangkutan dalam negara atau bangsa yang bersangkutan. Transportasi dibutuhkan demi terciptanya kelancaran mobilitas manusia maupun barang dalam pelaksanaan kegiatan ekonomi.

Angkutan darat merupakan salah satu sistem transportasi yang memberikan kontribusi besar terhadap terselenggaranya perekonomian di suatu wilayah dan kendaraan bermotor merupakan sarannya. Kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang ada pada kendaraan tersebut, biasanya digunakan untuk angkutan orang atau barang diatas jalan raya selain kendaraan yang berjalan diatas rel. Kendaraan bermotor yang dicatat adalah semua jenis kendaraan bermotor TNI/Polri dan Korps Diplomatik (BPS, 2011).

Namun, transportasi banyak diketahui merupakan sebagai salah satu sektor yang memberikan dampak lingkungan yang cukup besar. Hasil buangan kendaraan bermotor merupakan penyebab timbulnya pencemaran udara. Menurut Soedomo (2001), faktor yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain :

1. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat.

2. Prasarana transportasi yang tidak seimbang dengan jumlah kendaraan yang ada.
3. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran di pusat kota.
4. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan perkembangan kota yang ada.
5. Kesamaan waktu aliran lalu lintas.
6. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor.
7. Faktor perawatan kendaraan.
8. Jenis bahan bakar yang digunakan
9. Jenis permukaan jalan.
10. Siklus dan pola mengemudi.

Menurut Rahman et al. (2004), besar pencemaran udara khususnya dari kendaraan bermotor, dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain :

1. Arah dan kecepatan angin
2. Kelembapan dan curah hujan
3. Kepadatan aktivitas dan bangunan
4. Suhu udara atmosfer
5. Topografi dan geografi

### **2.6.2 Industri**

Menurut Undang-undang No. 5 tahun 1984 tentang Perindustrian, industri memiliki pengertian yaitu suatu kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan/atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri.

Selain dari sektor transportasi, diketahui sektor industri juga merupakan salah satu penyebab pencemaran udara di perkotaan. Industri secara khusus akan mengeluarkan pencemar udara yang bersifat spesifik, dan jumlah serta komposisi pencemarnya akan tergantung dari bahan baku dan proses industri yang diterapkan (Soedomo,2001).

Pemakaian bahan bakar dalam menunjang proses industri masih mendominasi kegiatan industri di Indonesia. Akibat pemakaian bahan bakar tersebut akan memberikan emisi pencemaran udara, diantaranya CO, HC, NO<sub>x</sub>, Partikulat dan SO<sub>x</sub>. Sektor industri merupakan sektor utama dalam memberikan kontribusi NO<sub>x</sub>, partikulat dan juga SO<sub>x</sub>. Besarnya kontribusi terhadap unsur-unsur tersebut terutama disebabkan oleh pemakaian bahan bakar berat, seperti jenis residu, solar dan diesel (Soedomo, 2001).

### **2.6.3 Permukiman**

Pengertian permukiman dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 tahun 1992 tentang Perumahan dan Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun pedesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan.

Sedangkan menurut Parwata (2004), permukiman adalah suatu tempat bermukim manusia yang telah disiapkan secara matang dan menunjukkan suatu tujuan yang jelas, sehingga dapat memberikan kenyamanan kepada penghuninya.

Seharusnya, permukiman merupakan tempat yang nyaman dan bebas dari pencemaran udara. Namun, sektor rumah tangga atau permukiman merupakan salah satu sumber pencemar. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa kegiatan rumah tangga seperti penggunaan bahan bakar untuk pengolahan makanan dan pembakaran sampah yang memberikan kontribusi yang cukup berarti, terutama dalam emisi partikulat dan SO<sub>x</sub> (Soedomo, 2001).

## **2.7 Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara**

Faktor meteorologi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas udara di suatu daerah baik perkotaan maupun pedesaan. Dalam sistem pencemaran udara, intensitas emisi sumber pencemar akan masuk ke dalam atmosfer sebagai medium penerima. Menurut Soedomo (2001), atmosfer merupakan suatu medium yang sangat dinamik, ditandai dengan kemampuan sebagai berikut, yaitu :

- Penyebaran (dispersi)
- Pengenceran (dilusi)
- Difusi (antar molekul gas dan atau partikel/aerosol)
- Transformasi fisik-kimia dalam proses dan mekanisme kinetika atmosferik.

Kemampuan atmosfer tersebut sangat ditentukan oleh berbagai faktor meteorologi seperti :

- Kecepatan dan arah angin
- Kelembaban
- Temperatur
- Tekanan
- Aspek permukaan (topografi, morfologi, dan lain-lain)

## 2.8 Analisis Risiko

Studi epidemiologi merupakan studi yang telah banyak digunakan untuk mempelajari risiko kesehatan. Namun, studi ini kurang spesifik untuk menjelaskan hubungan antara faktor lingkungan dengan efek kesehatan yang ditimbulkan. Selain studi epidemiologi, saat ini telah dikembangkan suatu model studi yang bersifat prediktif dalam mempelajari pengaruh lingkungan terhadap kesehatan dengan lebih spesifik dan memberikan manajemen risiko yang terarah dan kuantitatif (Rahman, 2004).

Studi ini dikenal dengan analisis risiko. Analisis risiko merupakan studi yang melakukan estimasi tingkat risiko pada populasi setelah terkena suatu paparan yang membahayakan (Louvar and Louvar, 1998).

Analisis risiko terdiri dari :

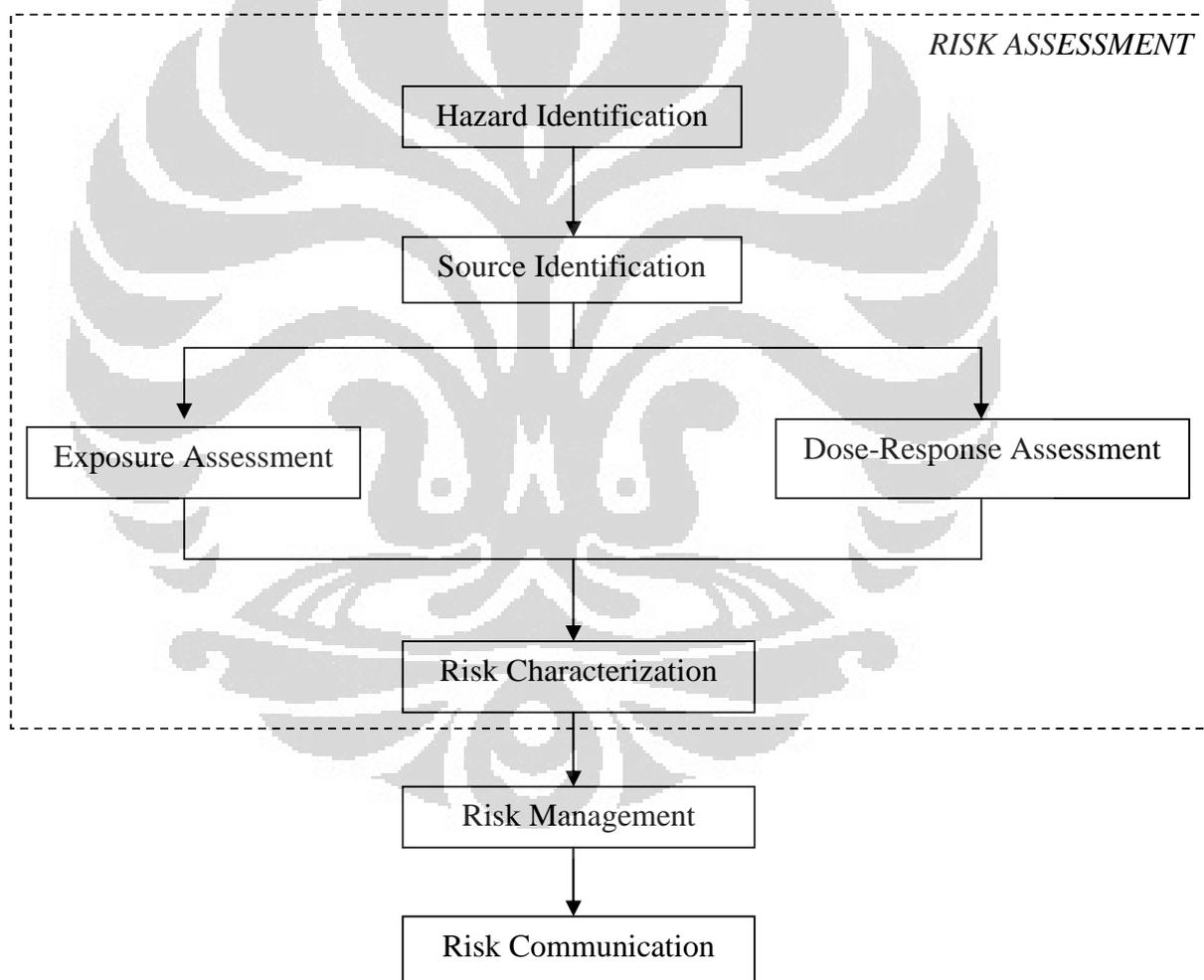
1. Identifikasi bahaya (*hazard identification*),
2. Penilaian risiko (*risk assessment*),
3. Pengelolaan risiko (*risk management*),
4. Komunikasi risiko (*risk communication*).

Penilaian risiko dan manajemen risiko merupakan dasar dari pelaksanaan peraturan. Penilaian risiko digunakan untuk menilai efek kesehatan individu atau populasi dari suatu bahan dan situasi berbahaya. Sedangkan manajemen risiko

ialah proses menimbang alternatif kebijakan dan memilih yang paling sesuai pelaksanaan peraturan, mengintegrasikan hasil penilaian risiko dengan teknik data dan dengan masalah sosial, ekonomi, dan politik untuk mencapai keputusan (NRC, 1983).

Penilaian risiko terdiri dari empat langkah yaitu

- Identifikasi bahaya
- Penilaian dosis-respon
- Penilaian pajanan
- Karakteristik risiko



**Gambar 2.2 Langkah-langkah Risk Analysis (Guidelines for Hazard Evaluation Procedure, 1985 dalam Louvar and Louvar, 1998)**

### **2.8.1 Identifikasi Bahaya**

Identifikasi bahaya dimaksudkan untuk menentukan keberadaan bahaya lingkungan pada suatu lokasi. Dalam analisis risiko, bahaya diidentifikasi sebagai zat-zat toksik atau kondisi-kondisi spesifik yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Biasanya zat-zat berbahaya diidentifikasi dengan membandingkannya dengan daftar yang tersedia. Dalam daftar ini zat-zat toksik dikelompokkan sebagai karsinogen, berpotensi karsinogen dan zat-zat berbahaya yang bukan karsinogen.

### **2.8.2 Identifikasi Sumber**

Identifikasi ini mencakup produksi, pemakaian dan pembuangan dengan variabel-variabel yang termasuk yaitu, volum produksi dan pemakaian, laju buangan, lokasi pembuangan, kondisi buangan (misal suhu dan tekanan), wujud fisik buangan (padat, cair, gas, campuran) dan sifat-sifat fisiko-kimia buangan (misal tekanan uap, toksisitas) (Rahman et al., 2004).

### **2.8.3 Penilaian Dosis-Respon**

Tahap analisis risiko ini disebut juga toxicity assessment ialah digunakan untuk menilai potensi suatu bahan kimia yang dapat menyebabkan efek kesehatan yang memajan suatu populasi dan memperkirakan hubungan antara tingkat pajanan dan peningkatan kemungkinan efek merugikan (Kolluru, 1996). Analisis tahap ini terdiri dari, yaitu (1) identifikasi jenis efek merugikan yang berhubungan dengan pemajanan zat toksik yang telah diidentifikasi, (2) hubungan besar pajanan dengan efek merugikan, (3) pernyataan-pernyataan tentang ketidakpastian dan kekurangan data dan informasi (Rahman et al., 2004).

### **2.8.4 Penilaian Pajanan**

Analisis jalur pemajanan dimaksudkan untuk mendapatkan hal-hal berikut, yaitu identitas spesi zat toksik, frekuensi pajanan, lama pajanan, dan rute atau jalur pajanan. Data penelitian pajanan dapat diperoleh dari pengukuran langsung, model matematis, atau perkiraan ilmiah lainnya. Tahap analisis ini memprakirakan besar pajanan setiap zat toksik terhadap manusia yang perlu

dikuantifikasi. Dalam analisis ini rute pajanan biasanya ditetapkan critical pathway-nya, yaitu jalur pemajanan yang dominan. Dengan analisis ini diharapkan total kuantitas zat toksik yang memajani manusia dapat dihitung (Rahman et al., 2004).

### **2.8.5 Karakteristik Risiko**

Tahap analisis ini mencakup dua bagian, yaitu memperkirakan risiko secara numerik dan alasan-alasan ilmiah kemaknaan risiko. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan tingkat pajanan yang diukur dan tingkat pajanan yang diperkirakan untuk menentukan apakah pajanan yang sedang berlangsung bermasalah atau tidak bagi kesehatan (Rahman et al., 2004).



## BAB 3

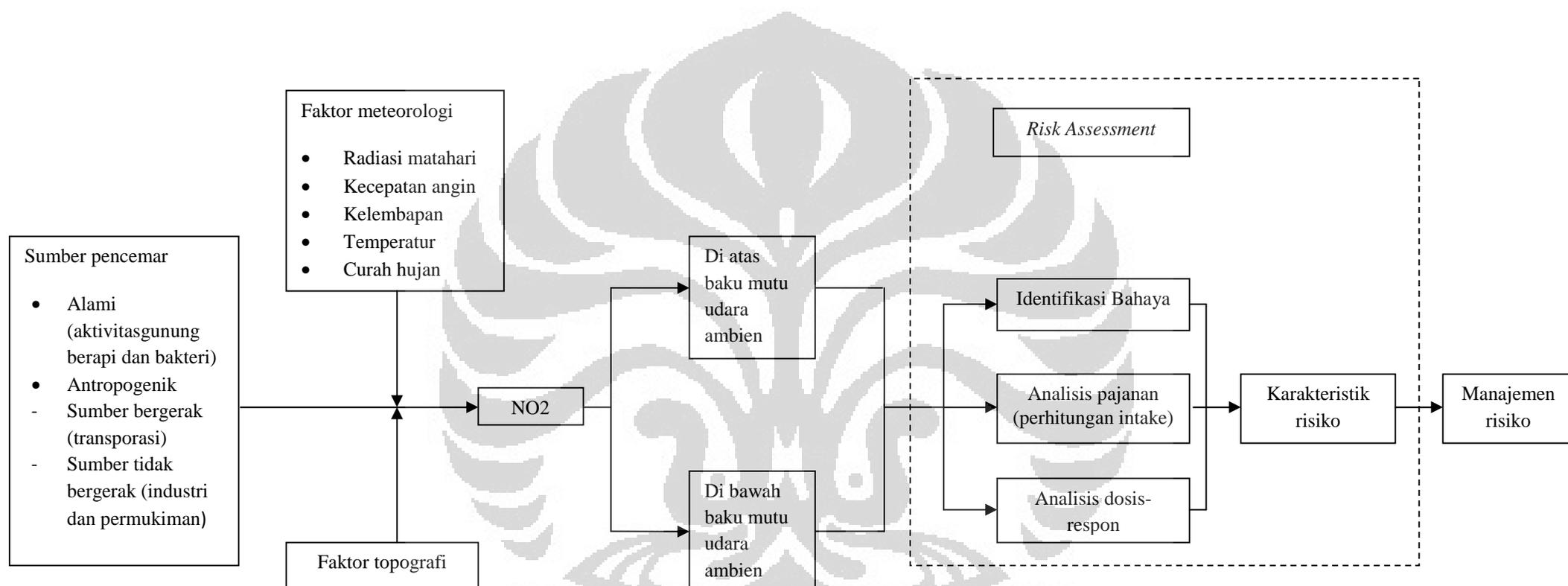
### KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

#### 3.1 Kerangka Teori

Dari tinjauan pustaka yang telah dipaparkan, nitrogen dioksida dihasilkan dari dua sumber yaitu alami dan antropogenik. Dari sumber alami berupa aktivitas gunung berapi dan bakteri. Sedangkan yang berasal dari antropogenik berupa sumber bergerak (transportasi) dan sumber tidak bergerak (industri dan permukiman). Selain itu, tingkat pencemaran udara juga dipengaruhi oleh faktor meteorologi dan faktor topografi.

Di Indonesia, layaknya kualitas udara biasanya dibandingkan dengan baku mutu udara. Dalam PP nomor 41 tahun 1999 mengenai pengendalian pencemaran udara menjelaskan tentang baku mutu udara ambien. Peraturan tersebut menyebutkan, nitrogen dioksida mempunyai nilai baku mutu sebesar  $400 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  jika dilakukan pengukuran selama 1 jam,  $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  jika dilakukan pengukuran selama 24 jam dan  $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  jika dilakukan pengukuran selama 1 tahun.

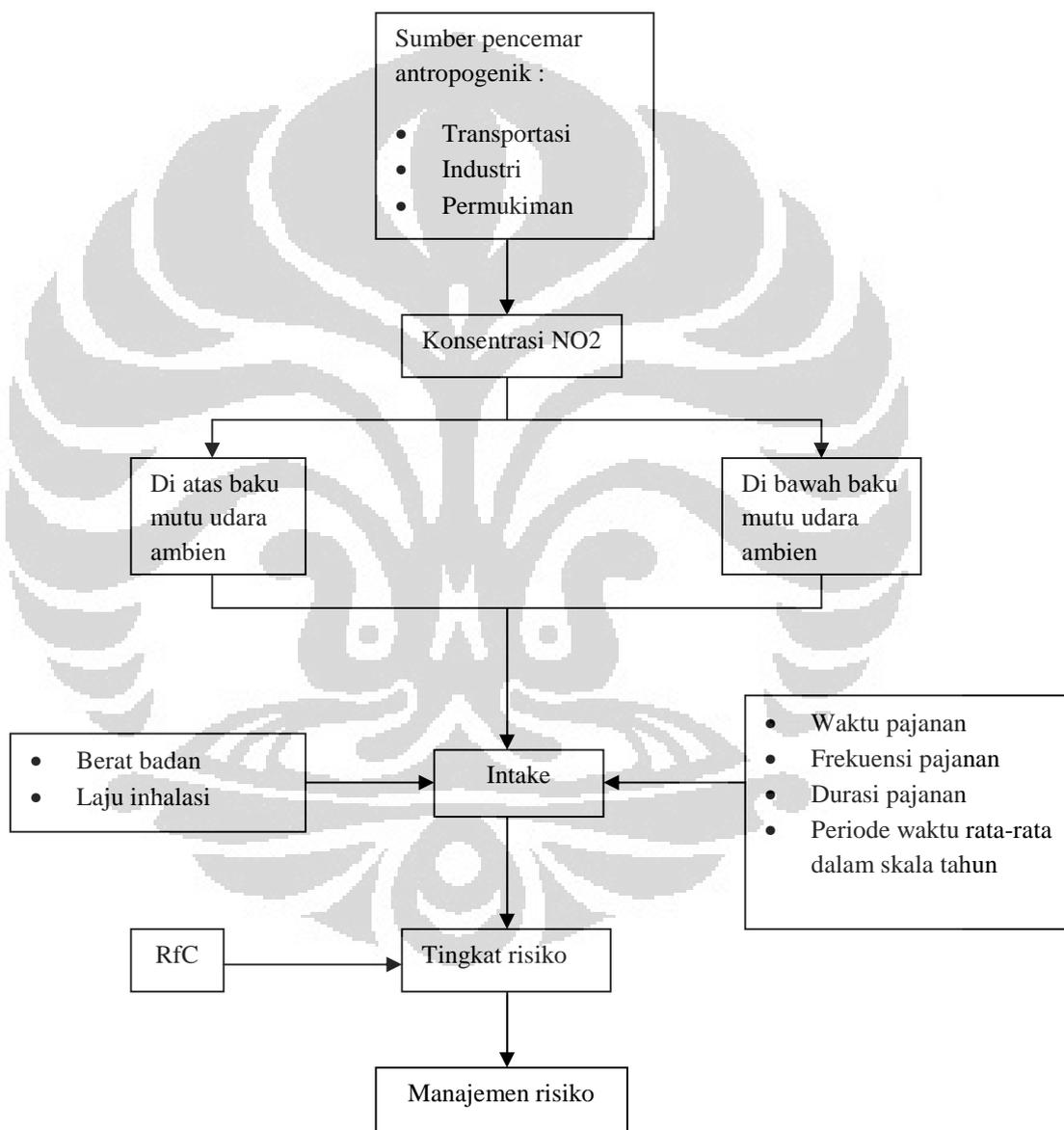
Berbagai studi epidemiologi menyebutkan bahwa nitrogen dioksida dapat menyebabkan beberapa gangguan kesehatan berupa gangguan saluran pernafasan. Namun, studi epidemiologi tidak menawarkan pengelolaan risiko lingkungan yang terarah dan kuantitatif. *Risk assessment* atau analisis risiko merupakan suatu model studi yang mempelajari pengaruh faktor lingkungan terhadap kesehatan yang lebih spesifik. Analisis risiko mencakup identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*), pengelolaan risiko (*risk management*) dan komunikasi risiko (*risk communication*). Penilaian risiko terdiri dari 4 unsur, yaitu penilaian sumber (*source assessment*), penilaian kontak atau pajanan (*exposure assessment*), penilaian dosis-respon (*dose-response assessment*) dan karakteristik risiko (*risk characterization*) (Rahman et.al, 2004).



Gambar 3.1 Kerangka Teori

### 3.2 Kerangka Konsep

Penelitian ini menggunakan studi deskriptif dan juga menggunakan studi analisis risiko. Namun, karena keterbatasan data maka kerangka teori yang telah dipaparkan disederhanakan menjadi kerangka konsep. Kerangka konsep tersebut tergambar dalam bagan berikut.



**Gambar 3.2 Kerangka Konsep**

### 3.3 Definisi Operasional

**Tabel 3.1 Definisi Operasional**

No	Variabel	Defenisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
1	Konsentrasi NO <sub>2</sub>	Nilai hasil analisis sampel NO <sub>2</sub>	Metode Saltzman	Spektrofotometer UV-Vis	Konsentrasi NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Rasio
2	Sumber pencemar antropogenik	Sumber emisi yang ditimbulkan dari kegiatan manusia	Observasi data sekunder	Data sekunder dari Pusarpedal	1. Transportasi 2. Industri 3. Permukiman	Ordinal
3	Baku mutu udara ambien	Ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. (PP 41 tahun 1999)	Observasi data sekunder	PP Nomor 41 tahun 1999	1. Diatas baku mutu udara ambien 2. Dibawah baku mutu udara ambien	Ordinal
4	Berat badan	Berat badan rata-rata orang asia.	Studi literatur	Referensi jurnal	Nilai berat badan (kg)	Rasio
5	Laju inhalasi	Volume udara yang dihirup dalam proses pernafasan oleh populasi per satuan waktu yang menggunakan nilai default R : 0,83 m <sup>3</sup> /jam atau 20 m <sup>3</sup> /hari. (US EPA)	Studi literatur	Nilai default US EPA	Nilai laju inhalasi (m <sup>3</sup> /hari)	Rasio

No	Variabel	Defenisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
6	Waktu pajanan	Lama waktu populasi terpajan oleh gas NO <sub>2</sub> melalui jalur inhalasi dalam sehari.	Studi literatur	Referensi jurnal	Lama waktu (jam/hari)	Rasio
7	Frekuensi pajanan	Seringnya populasi terpajan oleh NO <sub>2</sub> melalui jalur inhalasi, dihitung berdasar jumlah hari kerja populasi dalam 1 tahun	Studi literatur	Referensi jurnal	Jumlah hari (hari/tahun)	Rasio
8	Durasi pajanan	Lama waktu yang didapat berdasarkan pajanan sepanjang hayat (lifetime) selama 30 tahun.	Studi literatur	Referensi jurnal	Tahun	Rasio
9	Periode waktu rata-rata dalam skala tahun	Periode waktu rata-rata untuk non karsinogenik yaitu 365 hari/tahun mengacu pada nilai default residensial EPA.	Studi literatur	Nilai default EPA	Jumlah hari (hari/tahun)	Rasio
10	<b>Intake</b>	Jumlah asupan risk agent yang masuk ke dalam tubuh populasi berisiko melalui jalur inhalasi per kg berat badan per hari.	Perhitungan berdasarkan konsentrasi gas di udara, lama pajanan harian, frekuensi pajanan, durasi pajanan, inhalation rate dan berat badan.(Louvar and Louvar, 1998)	Rumus Intake	Nilai intake (mg/kg/hari)	Rasio

No	Variabel	Defenisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
11	RfC	Estimasi pajanan harian dengan rentang ketidakpastian satu orde bagi populasi umur termasuk sub kelompok yang sensitif yang tidak akan memberikan efek-efek yang merugikan kesehatan.	Studi literatur	Nilai default dari US-EPA	Nilai RfC (mg/kg/hari)	Rasio
12	Tingkat risiko	Tingkat potensi terjadi gangguan kesehatan kronis non karsinogenik pada populasi berdasarkan perbandingan antara intake NO <sub>2</sub> oleh populasi dengan dosis referensi yang merupakan dosis yang diperkirakan tidak menimbulkan efek tampak pada manusia.	Perhitungan Risk Quotient untuk efek kronis non karsinogenik dengan membandingkan intake NO <sub>2</sub> populasi dengan dosis referensi inhalasi.	Rumus RQ	Nilai RQ, RQ > 1 perlu dilakukan pengendalian risiko	Rasio
13	Manajemen risiko	Upaya pengelolaan atau penanggulangan efek yang merugikan kesehatan yang disebabkan oleh NO <sub>2</sub> .				

## **BAB 4**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif yaitu penelitian yang menggambarkan secara sistematis serta akurat mengenai fakta karakteristik populasi atau bidang tertentu. Peneliti ingin menggambarkan kualitas udara ambien di kota atau kabupaten Indonesia tahun 2011 dengan melihat konsentrasi NO<sub>2</sub> telah melebihi baku mutu udara ambien atau tidak menurut PP No. 41 tahun 1999.

Dan penelitian ini juga menggunakan studi analisis risiko yaitu penelitian yang menilai risiko kesehatan pada manusia yang terpajan oleh zat-zat toksik (EPA, 1991 dalam Rahman et.al, 2004). Peneliti ingin memperkirakan risiko NO<sub>2</sub> secara numerik apakah konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien saat ini bermasalah atau tidak bagi kesehatan.

#### **4.2 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juli tahun 2012. Lokasi penelitian ini ialah kota dan kabupaten yang termasuk wilayah sampling dalam program pemantauan NO<sub>2</sub> dengan metode pasif yang dilakukan oleh Pusarpedal tahun 2011. Namun tidak semua kota dan kabupaten yang merupakan wilayah sampling, termasuk dalam wilayah penelitian, hanya 142 kota dan kabupaten. Berikut kota dan kabupaten yang termasuk ke dalam wilayah penelitian, yaitu :

1. Aceh terdiri dari Banda Aceh, Kabupaten Aceh Barat, Kabupaten Aceh Besar, Kabupaten Aceh Selatan, Kabupaten Aceh Tengah, Kabupaten Nagan Raya.
2. Sumatera Utara terdiri dari Medan, Kabupaten Labuhan Batu Selatan, Kabupaten Labuhan Batu Utara, Kabupaten Langkat, Kabupaten Tapanuli Utara, Kota Tebing Tinggi.
3. Sumatera Barat terdiri dari Padang, Kabupaten Dharmasraya, Kabupaten Padang Pariaman, Kabupaten Pasaman, Kabupaten Pesisir Selatan,

Kabupaten Sijunjung, Kabupaten Tanah Datar, Kota Padang Panjang, Kota Pariaman.

4. Jambi terdiri dari Kota Jambi, Kabupaten Tanjung Jabung Barat.
5. Sumatera Selatan terdiri dari Palembang, Kabupaten Musi Banyuasin, Kota Palembang, Kota Prabumulih.
6. Lampung terdiri dari Kabupaten Lampung Selatan, Kabupaten Pringsewu.
7. Banten terdiri dari Kabupaten Tangerang, Kota Serang, Kota Cilegon, Kota Tangerang Selatan.
8. DKI Jakarta terdiri dari Jakarta Selatan, Jakarta Barat, Jakarta Utara, Jakarta Pusat, Jakarta Timur.
9. Jawa Barat terdiri dari Bandung, Kabupaten Bekasi, Kabupaten Bogor, Kabupaten Sukabumi, Kota Bogor.
10. Jawa Tengah terdiri dari Semarang, Kabupaten Banjarnegara, Kabupaten Banyumas, Kabupaten Boyolali, Kota Cilacap, Kabupaten Demak, Kabupaten Jepara, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Klaten, Kabupaten Kudus, Kota Magelang, Kabupaten Pati, Kota Pekalongan, Kabupaten Pemalang, Kabupaten Purworejo, Kabupaten Semarang, Kabupaten Sragen, Kabupaten Sukoharjo, Kabupaten Wonosobo, Kota Salatiga, Kota Surakarta.
11. DI Yogyakarta terdiri dari Yogyakarta, Kota Bantul, Kabupaten Gunung Kidul, Kabupaten Kulon Progo, Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta.
12. Jawa Timur terdiri dari Surabaya, Kabupaten Gresik, Kabupaten Jombang, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Magetan, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Tuban, Kabupaten Tulungagung, Kota Batu, Kota Blitar, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Surabaya.
13. Nusa Tenggara Barat terdiri dari Kabupaten Lombok Utara, Kota Bima.
14. Nusa Tenggara Timur terdiri dari Kupang.
15. Kalimantan Selatan terdiri dari Banjarmasin, Kabupaten Balangan, Kabupaten Banjar, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Sungai Tengah, Kabupaten Tabalong, Kabupaten Tanah Laut, Kota Banjarbaru.
16. Kalimantan Barat terdiri dari Kabupaten Ketapang, Kabupaten Kutai Timur, Kabupaten Pontianak, Kabupaten Sintang, Kota Singkawang.

17. Kalimantan Timur terdiri dari Kabupaten Berau.
18. Kalimantan Tengah terdiri dari Palangkaraya, Kabupaten Barito Selatan, Kabupaten Kapuas, Kabupaten Katingan, Kabupaten Waringin Timur.
19. Sulawesi Utara terdiri dari Manado, Kota Bitung, Kota Kotabagu, Kepulauan Siau Tagulandang Biaro, Kota Tomohon, Kabupaten Bolaang Mongondow Utara.
20. Gorontalo terdiri dari Gorontalo, Kota Boalemo, Kota Gorontalo, Kabupaten Bone Balango, Kabupaten Gorontalo Utara, Kota Pohuwanto.
21. Sulawesi Tengah terdiri dari Palu, Kabupaten Donggala.
22. Sulawesi Selatan terdiri dari Makassar, Kota Parepare, Kabupaten Luwu, Kabupaten Bone, Kabupaten Maros, Kabupaten Enrekang, Kabupaten Pangkep, Kabupaten Gowa, Kabupaten Barru, Kabupaten Pinrang, Kabupaten Wajo, Kabupaten Sidrap.
23. Sulawesi Tenggara terdiri dari Kabupaten Kolaka, Kabupaten Konawe Selatan, Kota Kendari.
24. Sulawesi Barat terdiri dari Mamuju, Kabupaten Majene, Kabupaten Mamasa, Mamuju Utara.
25. Maluku terdiri dari Ambon.

### **4.3 Populasi dan Sampel**

#### **4.3.1 Populasi**

Populasi yang termasuk dalam penelitian ini ialah sampel NO<sub>2</sub> yang diambil dari kota dan kabupaten yang termasuk dalam wilayah program pemantauan NO<sub>2</sub> dengan metode pasif yang dilakukan oleh Pusarpedal tahun 2011 .

#### **4.3.2 Sampel**

Sampel dalam penelitian ini ialah sampel NO<sub>2</sub> tahap satu dan tahap dua yang diambil dari kota dan kabupaten yang termasuk dalam wilayah program pemantauan NO<sub>2</sub> dengan metode pasif yang dilakukan oleh Pusarpedal tahun 2011.

## 4.4 Teknik Pengumpulan Data

### 4.4.1 Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini, peneliti tidak mengambil sampel secara langsung atau tidak ikut dalam kegiatan sampling. Pengambilan sampel dilakukan oleh Pusarpedal yang berkerja sama dengan Badan Lingkungan Hidup Daerah. Prosedur pelaksanaan pemantauan NO<sub>2</sub> tertulis dalam Buku Standard Operasional Prosedure (SOP) Pelaksanaan Pemantauan NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> di Udara Ambien dengan Metode Pasif yang mengacu pada SNI 19-7119.9-2005. Berikut tata cara pelaksanaannya :

#### 1. Persiapan Bahan dan Alat

**Tabel 4.1 Bahan dan Alat Pengambilan Sampel**

No	Bahan	Alat
1	Filter Cellulose porositas 0,54 um, diameter 21 mm	Alat pasif ( <i>filter holder</i> )
2	Filter PTFE (Poly Tetra Fluoro Etilene) 0,8 um,diameter 21 mm	Tiang sampler
3	Methanol Hidroksida (CH <sub>3</sub> OH) pro analisis	Pinset
4	Natrium Hidroksida (NaOH) pro analisis	Pipet mikro 50 uL
5	Natrium Iodida (NaI) pro analisis	Beaker glass 1000 mL
6	Aquades dengan Daya Hantar Listrik < 1 uS/cm	Beaker glass 10 mL
7	Plastik pembungkus	Labu ukur 10 mL
8	Tabung sampler	Petri disk
9		Ultrasonic cleaner
10		Spektrofotometer UV-Vis
11		GPS

#### 2. Persiapan Peralatan

##### A. Prosedur Pencucian Peralatan Pasif

1. Lepaskan seluruh rangkaian alat pasif
2. Masukkan alat pasif yang sudah dilepas dari rangkaiannya ke dalam beaker glass 1000 ml, isi beaker glass dengan aquades lalu cuci semua rangkaian alat pasif dengan menggunakan ultrasonic cleaner selama ± 15 menit dan keringkan di dalam lemari pengering.

3. Cuci filter cellulose dengan aquades 3 kali kemudian cuci filter dengan menggunakan ultrasonic cleaner selama  $\pm 10$  menit lalu pindahkan ke dalam petri disk.
4. Rendam filter dengan methanol di dalam beaker gelas selama  $\pm 10$  menit selanjutnya keringkan filter di dalam lemari pengering pada suhu ruangan (kira-kira 25C) sampai filter benar-benar kering.
5. Setelah kering, filter siap untuk dilakukan impregnasi/perendaman.

### **B. Impregnasi Filter : Pembuatan Larutan Penyerap/Absorben**

Impregnasi filter ialah teknik perendaman atau pemberian pereaksi penyerap spesifik terhadap filter yang akan digunakan sebagai media untuk menyerap gas di dara ambien.

Larutan Penyerap Untuk Parameter NO<sub>2</sub>:

1. Timbang NaOH 0,088 gr dalam *beaker glass* 10 mL.
2. Timbang NaI 0,79 gr dalam kaca arloji.
3. Larutkan 0,088 gr NaOH dengan akuades kira-kira 2 tetes sampai larut dalam beker glass 10 ml, kemudian tambahkan 0,79 gr NaI.
4. Pindahkan larutan tersebut ke dalam labu ukur 10 ml.
5. Tambahkan larutan metanol (CH<sub>3</sub>OH) sampai tanda tera.
6. Teteskan 50 uL larutan penyerap pada filter yang sudah dicuci.

### **C. Pemasangan Filter**

Cara pemasangan filter adalah sebagai berikut :

1. Pasang filter yang telah diimpregnasi pada sampler bawah
2. Pasangkan sampler bulk
3. Pasangkan filter teflon PTFE
4. Pasangkan kassa stainless
5. Pasangkan holder depan
6. Siapkan dua buah holder yang sudah dipasang filter sebagai blanko laboratorium

#### **D. Pengepakan Sampler**

1. Masukkan Passive Sampler ke dalam tabung sampler
2. Masukkan tabung sampler masing-masing 5 buah NO<sub>2</sub> sesuai dengan pengkodean dan peruntukkan sampler ke dalam bungkus
3. Pastikan kode sampler sesuai dengan kode daerah yang akan dikirim, dan masukkan ke dalam plastik berperekat selanjutnya masukkan ke dalam amplop coklat.

#### **E. Pengiriman Sampler ke Daerah**

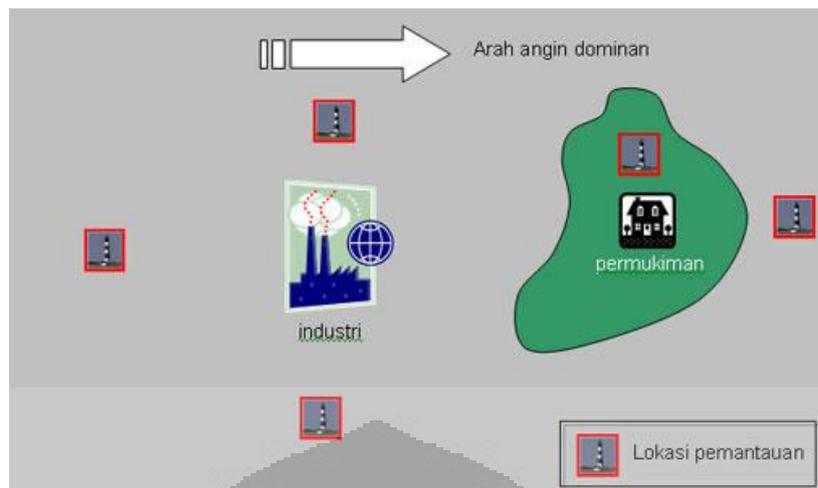
1. Buatlah alamat sesuai dengan kode sampler yang ada di dalam amplop.
2. Alat pasif yang sudah dilakukan pengepakan segera dikirim.

### **3. Pengambilan Contoh Uji**

#### **A. Pemilihan Lokasi dan Titik Pengambilan Contoh**

Pemilihan lokasi dan titik pengambilan contoh dilakukan sebagai berikut :

- a) Lakukan pemilihan lokasi sampling yang dapat mewakili area Transportasi, Industri, Pemukiman dengan kriteria lokasi sebagai berikut :
  - 1). Transportasi (bukan road side) – yang paling pada volume kendaranya pada jalan utama (protokol).
  - 2). Industri – kawasan industry
  - 3). Pemukiman padat penduduk 1
  - 4). Pemukiman pada penduduk 2
- b) Sebagai bahan acuan lakukan penetapan titik pengambilan contoh uji sesuai dengan Kepka BAPEDAL No.205 tahun 1996 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara Sumber Tidak Bergerak.



**Gambar 4.1 Skema Penetapan Lokasi Pemantauan Kualitas Udara Ambien**

Catatan : mengingat sampler yang disediakan terbatas, tempatkan sampler yang kira-kira dapat mewakili (merekpresentasikan) lokasi pengambilan contoh untuk area Transportasi, Industri, Pemukiman.

#### 4.4.2 Pemeriksaan Sampel

Analisis sampel dilakukan oleh peneliti dengan tim Pusarpedal di Laboratorium Udara 2 Pusarpedal. Analisis sampel menggunakan metode spektrofotometri dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Berikut tahapan analisis sampel  $\text{NO}_2$  :

##### 1. Persiapan Bahan dan Alat

**Tabel 4.2 Bahan dan Alat Pemeriksaan Sampel**

No	Bahan	Alat
1	$\text{NaNO}_2$	Labu ukur 100 ml
2	Natrium Iodida (NaI) pro analisis	Labu ukur 1000 ml
3	Natrium Hidroksida (NaOH) pro analisis	Labu ukur 50 ml
4	Sufanilamida	Gelas ukur 100 ml
5	NEDA	Kaca arloji
6	Asam Fosfat $\text{H}_3\text{PO}_4$ (cair)	Spatula
7	Aquades	Pipet 1 ml
8		Pipet Eppendorf 1000 $\mu\text{l}$
9		Tabung reaksi 10 ml NRK Japan
10		Pinset

No	Bahan	Alat
11		Cuvet
12		Magnetic stirrer
13		Ultrasonic cleaner
14		Spektrofotometer UV-Vis Double Beam Shimadzu 1601

## 2. Prosedur Kerja Analisis Sampel

Setelah mempersiapkan alat dan bahan, peneliti membuat beberapa larutan yang dibutuhkan dalam kegiatan analisis. Setelah itu dilanjutkan dengan pembuatan kurva kalibrasi dan dilanjutkan dengan preparasi sampel. Dan terakhir ialah analisis sampel  $\text{NO}_2$ .

### A. Pembuatan larutan induk $\text{NaNO}_2$ 0,1 M.

Larutan induk adalah larutan standar konsentrasi tinggi untuk digunakan dalam membuat konsentrasi lebih rendah. Serbuk  $\text{NaNO}_2$  ditimbang sebanyak 0,69 g dengan menggunakan timbangan digital, kemudian dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 100 ml.

### B. Pembuatan larutan pengencer $\text{NaI}$ .

Serbuk  $\text{NaI}$  sebanyak 0,79 g ditimbang dengan timbangan digital, kemudian dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 1000 ml.

### C. Pembuatan larutan pereaksi.

Timbang sulfanilamida 0,8 g, NEDA sebanyak 0,02 g, dan pipet  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebanyak 0,8 ml. Masukkan ke tiga bahan tersebut ke dalam gelas ukur 100 ml kemudian diaduk menggunakan stirrer bar dan stirrer. Selama proses pengadukan gelas ukur ditutup dengan kaca arloji atau palstik agar larutan tidak rusak. Setelah semua bahan larut masukkan dalam labu ukur 100 ml. (Catatan : larutan ini disiapkan saat akan digunakan)

#### D. Pembuatan Larutan standar NaNO<sub>2</sub> 10 mmol (100 μM).

Larutan standar adalah larutan dengan konsentrasi yang telah diketahui untuk digunakan sebagai pembanding di dalam pengujian. Pipet 0,1 ml (100 μl) NaNO<sub>2</sub> 0,1 M dalam labu ukur 100 ml, lalu diencerkan dengan larutan pengencer NaI sampai tanda batas.

#### E. Preparasi sampel

Filter impregnasi dimasukkan ke dalam test tube 10 ml kemudian larutkan dengan aquades sebanyak 4 ml. Kemudian dihomogenasi dengan alat *ultrasonic cleaner* selama 10 menit.

#### F. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi adalah grafik yang menyatakan hubungan antara konsentrasi larutan standar dengan hasil pembacaan area yang merupakan garis lurus. Buat deret standar seperti di bawah ini untuk kurva kalibrasi :

**Tabel 4.3 Deret Standar**

Konsentrasi	0	1.25	2	5	10	20	50
Volume NaNO <sub>2</sub> 50 μM	0	100 μl	160 μl	400 μl	800 μl	1600 μl	4 ml

Encerkan larutan standar sehingga memiliki konsentrasi 50 μM. Pipet larutan standar 50 μM sesuai dengan volume deret standar. Tempatkan pada test tube, kemudian masing-masing ditera sampai 4 ml dengan NaI. Lalu ditambahkan 4 ml larutan pereaksi. Larutan didiamkan selama 15 menit. Larutan diukur absorbansinya pada Spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm.

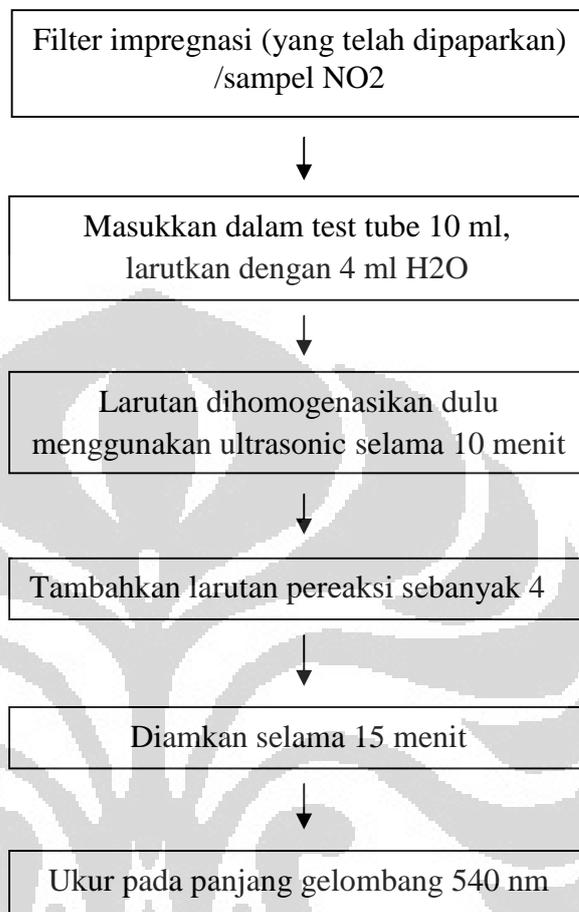
#### G. Cara Kerja Penggunaan Spektrofotometri UV-Vis untuk Pembuatan Kurva Kalibrasi dan Analisis Sampel NO<sub>2</sub>

1. Nyalakan tombol *power*.
2. Pilih *Quantitation*.

3. Pilih nomor 1 untuk menentukan panjang gelombang, kemudian masukkan angka 540, lalu *enter*.
4. Pilih nomor 2 untuk menentukan banyaknya deret standar, kemudian pilih *multi point*. Isi jumlah standar dengan angka 7, order dengan angka 1 dan *intercept* dengan angka 2.
5. Pilih nomor 4 untuk menentukan satuan ukur, pilih nomor 2 untuk ppm.
6. Pilih nomor 5 untuk mencetak data.
7. Masukkan cuvet yang berisikan blanko (aquades), kemudian klik *autozero*.
8. Klik tombol *start* untuk mulai mengukur deret standar.
9. Masukkan konsentrasi 0, 1.25, 2, 5, 10, 20, 50. Klik nomor 2 untuk mengukur.
10. Masukkan sampel standar 0 kemudian klik *start*. Lakukan yang sama sampai standar ke 50.
11. Pilih *CalCurve* untuk melihat kurva kalibrasi. Lalu klik *print*.
12. Pilih *Equation* untuk melihat  $r^2$ . Lalu klik *print*.
13. Klik *return* sampai pada tampilan *quantitation*.
14. Klik *SmplMeas* untuk mulai mengukur sampel.

\*Catatan : sebelum mengukur larutan standar dan sampel, dianjurkan untuk membersihkan cuvet agar menghasilkan angka absorbansi yang sebenarnya. Jika cuvet kotor dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

## H. Diagram Alir Analisis Sampel NO<sub>2</sub>



Gambar 4.2 Diagram Alir Analisis Sampel NO<sub>2</sub>

### 4.4.3 Sumber Data Penelitian

#### a. Data Sekunder

Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu data konsentrasi NO<sub>2</sub>, data lokasi dan waktu pengambilan sampel NO<sub>2</sub>. Data ini bersumber dari Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (Pusarpedal). Dan data jumlah kendaraan, industri, rumah tangga diperoleh dari Badan Pusat Statistik.

### **b. Wawancara**

Metode wawancara dilakukan pada Bidang Pemantauan dan Kajian Kualitas Lingkungan Pusarpedal mengenai prosedur pengambilan sampel.

### **c. Studi Literatur/Kepustakaan**

Studi literatur yang dikumpulkan yaitu mengenai baku mutu kualitas udara ambien, prosedur passive sampling, prosedur analisis NO<sub>2</sub> serta data-data lain yang diperlukan sebagai penunjang.

## **4.5 Pengolahan Data dan Analisis Data**

### **4.5.1 Data Kualitas Udara**

Dalam menyajikan data hasil analisis sampel NO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari alat spektrofotometer UV-Vis, peneliti melakukan beberapa langkah untuk mengelola data tersebut, yaitu :

#### **1. Entry Data (Memasukkan Data)**

Data angka yang dihasilkan alat spektrofotometer UV-Vis merupakan nilai absorbansi larutan deret standar dan sampel NO<sub>2</sub>. Angka tersebut dimasukkan dan diolah dengan menggunakan program software komputer.

#### **2. Perhitungan Data**

Setelah dimasukkan, nilai absorbansi tersebut akan digunakan untuk menghitung nilai konsentrasi dari sampel NO<sub>2</sub> yang sebenarnya. Perhitungan awal tergantung dari persamaan yang dihasilkan dari kurva standar. Nilai absorbansi dimasukkan ke dalam persamaan tersebut yang kemudian akan menghasilkan nilai konsentrasi dengan satuan umol.

Kemudian nilai konsentrasi NO<sub>2</sub> tersebut diubah satuannya menjadi nmol/m<sup>3</sup>, diperoleh melalui persamaan berikut :

$$C_x = \frac{41,2 \times V \times C}{t \times 1,54 \times 10^{-5}}$$

Keterangan :

$C_x$  = konsentrasi  $\text{NO}_2$  ( $\text{nmol}/\text{m}^3$ )

$V$  = volume contoh (ml)

$C$  = konsentrasi  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{mol}$ ), diperoleh dari kurva kalibrasi

$t$  = waktu sampling (detik)

Selanjutnya nilai konsentrasi  $\text{NO}_2$  tersebut diubah lagi satuannya menjadi  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , diperoleh melalui persamaan berikut :

$$\text{NO}_2 = \frac{C_x \times \text{BM}}{1000}$$

Keterangan :

$C_x$  = konsentrasi  $\text{NO}_2$  ( $\text{nmol}/\text{m}^3$ )

$\text{BM}$  = berat molekul  $\text{NO}_2$

Nilai inilah yang menjadi hasil akhir konsentrasi  $\text{NO}_2$  di udara ambien. Satuan ini digunakan agar dapat membandingkan nilai konsentrasi  $\text{NO}_2$  dengan nilai batas baku mutu udara ambien yang sesuai dengan PP No 41 tahun 1999.

### 3. Pengeditan Data

Setelah nilai konsentrasi  $\text{NO}_2$  diketahui, kode sampel diurutkan dari angka terkecil ke terbesar agar lebih mudah dalam penamaan sampel dan pemilihan data. Setelah berurutan, kode sampel diganti dengan nama lokasi sampel.

#### 4.5.2 Analisis Univariat

Data yang diperoleh merupakan data hasil pemantauan  $\text{NO}_2$  di udara ambien dengan metode pasif. Program ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu sampling dilakukan sebanyak 3 kali, dan setiap tahapnya memakan waktu dua minggu. Namun, data yang digunakan dalam penelitian ini hanya tahap satu. Pengolahan data dilakukan dengan komputer menggunakan program yang sesuai dengan standar. Kemudian dilakukan analisis dan data akan disajikan dalam

bentuk grafik atau tabel yang selanjutnya di bandingkan dengan PP No .41 tahun 1999 dan akan diinterpretasi dalam bentuk uraian.

#### 4.5.3 Analisis Bivariat

Analisis bivariat digunakan untuk mengetahui perbedaan antara konsentrasi NO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari area sumber pencemar. Area sumber pencemar terdiri dari area transportasi, industri, permukiman dan permukiman komersial. Uji normalitas dilakukan terhadap data untuk mengetahui kenormalan data. Jika data terdistribusi normal maka langsung dilakukan uji statistik menggunakan uji One Way Anova. Jika data tidak terdistribusi normal, maka dilakukan normalisasi data dengan melakukan transform data. Kemudian data yang sudah normal diuji dengan One Way Anova. Uji One Way Anova digunakan karena peneliti ingin melihat perbedaan mean lebih dari 2 kelompok.

#### 4.5.4 Analisis Risiko

Untuk perhitungan analisis risiko diperlukan data konsentrasi, antropometri dan pola aktivitas. Data antropometri dan pola aktivitas yaitu berat badan (Wb), laju inhalasi (R), lama pajanan (tE), frekuensi pajanan (fE), dan durasi pajanan (Dt) menggunakan data yang berasal dari studi literatur. Data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung *Intake risk agent*, dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tAVG}$$

Keterangan :

I = Asupan (Intake) inhalasi (mg/kg/hari)

C= Konsentrasi risk agent di udara (mg/M<sup>3</sup>)

R= Laju inhalasi (mg/kg/hr)

tE= Lama pajanan (jam/hari)

fE= Frekuensi pajanan (hari/tahun)

Dt= Lama pajanan (tahun), ril atau proyeksi

Wb= Berat badan (kg)

tavg= Periode waktu rata-rata setahun = 365 hari

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

Keterangan :

RQ = Risk Quotient

RfC= Reference Concentration

(Louvar dan Louvar, 1998)



## **BAB 5**

### **GAMBARAN UMUM INDONESIA**

#### **5.1 Letak Geografi**

Secara astronomis, Indonesia terletak antara 6 derajat 08' Lintang Utara dan 11 derajat 15' Lintang Selatan dan antara 94 derajat 45' -141 derajat 05' Bujur Timur dan dilalui oleh garis ekuator atau garis khatulistiwa yang terletak pada garis lintang 0 derajat. Sedangkan berdasarkan posisi geografisnya, sebelah utara Indonesia berbatasan dengan Negara Malaysia, Singapura, Filipina dan Laut Cina Selatan. Di sebelah selatan berbatasan dengan Negara Australia dan Samudera Hindia. Di sebelah barat berbatasan dengan Samudera Hindia. Dan di sebelah Timur berbatasan dengan Negara Papua Nugini, Timor Leste dan Samudera Pasifik. Selain itu, Indonesia juga terletak diantara Benua Asia dan Benua Australia, serta di antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik.

Indonesia terdiri dari 33 provinsi yang terletak di lima pulau besar dan empat kepulauan, yaitu :

1. Pulau Sumatera : Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu dan Lampung.
2. Kepulauan Riau : Kepulauan Riau.
3. Kepulauan Bangka Belitung : Kepulauan Bangka Belitung.
4. Pulau Jawa : DKI Jakarta, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, DI Yogyakarta dan Jawa Timur.
5. Kepulauan Nusa Tenggara (Sunda Kecil) : Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur.
6. Pulau Kalimantan : Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur.
7. Pulau Sulawesi : Sulawesi Utara, Gorontalo, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat dan Sulawesi Tenggara.
8. Kepulauan Maluku : Maluku dan Maluku Utara.
9. Pulau Papua : Papua dan Papua Barat.

Setiap provinsi terbagi lagi wilayahnya menjadi kota dan kabupaten. Tabel dibawah ini merupakan gambaran jumlah dari kota dan kabupaten yang ada di Indonesia.

**Tabel 5.1 Jumlah Kota dan Kabupaten Menurut Provinsi di Indonesia  
Tahun 2011**

No	Provinsi	Ibu Kota Provinsi	Jumlah Kabupaten	Jumlah Kota
1	Aceh	Banda Aceh	18	5
2	Sumatera Utara	Medan	25	8
3	Sumatera Barat	Padang	12	7
4	Riau	Pekanbaru	10	2
5	Kepulauan Riau	Tanjung Pinang	5	2
6	Jambi	Jambi	9	2
7	Sumatera Selatan	Palembang	11	4
8	Kepulauan Bangka Belitung	Pangkal Pinang	6	1
9	Bengkulu	Bengkulu	9	1
10	Lampung	Bandar Lampung	12	2
11	DKI Jakarta	Jakarta	1	5
12	Jawa Barat	Bandung	17	9
13	Banten	Serang	4	4
14	Jawa Tengah	Semarang	29	6
15	DI Yogyakarta	Yogyakarta	4	1
16	Jawa Timur	Surabaya	29	9
17	Bali	Denpasar	8	1
18	Nusa Tenggara Barat	Mataram	9	2
19	Nusa Tenggara Timur	Kupang	20	1
20	Kalimantan Barat	Pontianak	12	2
21	Kalimantan Tengah	Palangka Raya	13	1
22	Kalimantan Selatan	Banjarmasin	11	2
23	Kalimantan Timur	Samarinda	10	4
24	Sulawesi Utara	Manado	11	4
25	Gorontalo	Gorontalo	5	1
26	Sulawesi Tengah	Palu	10	1
27	Sulawesi Selatan	Makassar	21	3
28	Sulawesi Barat	Mamuju	5	0
29	Sulawesi Tenggara	Kendari	10	2
30	Maluku	Ambon	9	2
31	Maluku Utara	Ternate	7	2
32	Papua	Jayapura	28	1
33	Papua Barat	Manokwari	10	1
	Indonesia	Jakarta	399	98

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2011

## 5.2 Penduduk dan Ketenagakerjaan

Penduduk Indonesia adalah semua orang yang berdomisili di wilayah teritorial Republik Indonesia selama 6 bulan atau lebih dan atau mereka yang berdomisili kurang dari 6 bulan tetapi bertujuan menetap. Tabel dibawah ini merupakan gambaran jumlah penduduk Indonesia beserta dengan luas wilayah dan kepadatan penduduk tiap provinsi.

**Tabel 5.2 Penduduk, Luas Wilayah dan Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi Tahun 2010**

No	Provinsi	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk per km <sup>2</sup>
1	Aceh	57.956,00	4.494.410	78
2	Sumatera Utara	72.981,23	12.982.204	178
3	Sumatera Barat	42.012,89	4.846.909	115
4	Riau	87.023,66	5.538.367	64
5	Kepulauan Riau	8.201,72	1.679.163	205
6	Jambi	50.058,16	3.092.265	62
7	Sumatera Selatan	91.592,43	7.450.394	81
8	Kepulauan Bangka Belitung	16.424,06	1.223.296	74
9	Bengkulu	19.919,33	1.715.518	86
10	Lampung	34.623,80	7.608.405	220
11	DKI Jakarta	664,01	9.607.787	14469
12	Jawa Barat	35.377,76	43.053.732	1217
13	Banten	9.662,92	10.632.166	1100
14	Jawa Tengah	32.800,69	32.382.657	987
15	DI Yogyakarta	3.133,15	3.457.491	1104
16	Jawa Timur	47.799,75	37.476.757	784
17	Bali	5.780,06	3.890.757	673
18	Nusa Tenggara Barat	18.572,32	4.500.212	242
19	Nusa Tenggara Timur	48.718,10	4.683.827	96
20	Kalimantan Barat	147.307,00	4.395.983	30
21	Kalimantan Tengah	153.564,50	2.212.089	14
22	Kalimantan Selatan	38.744,23	3.626.616	94
23	Kalimantan Timur	204.534,34	3.553.143	17
24	Sulawesi Utara	13.851,64	2.270.596	164
25	Gorontalo	11.257,07	1.040.164	92
26	Sulawesi Tengah	61.841,29	2.635.009	43
27	Sulawesi Selatan	46.717,48	8.034.776	172
28	Sulawesi Barat	16.787,18	1.158.651	69

No	Provinsi	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk per km <sup>2</sup>
29	Sulawesi Tenggara	38.067,70	2.232.586	59
30	Maluku	46.914,03	1.533.506	33
31	Maluku Utara	31.982,50	1.038.087	32
32	Papua	319.036,05	2.833.381	9
33	Papua Barat	97.024,27	760.422	8
	Indonesia	1.919.931,32	237.641.326	124

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2011

Badan Pusat Statistik mengelompokkan berbagai pekerjaan penduduk Indonesia menjadi 9 kelompok lapangan pekerjaan utama. Dan yang termasuk ke dalam penduduk usia kerja ialah penduduk yang berumur 15 tahun ke atas. Tabel dibawah ini merupakan pengelompokkan lapangan pekerjaan utama penduduk Indonesia beserta dengan jumlah penduduk yang bekerja.

**Tabel 5.3 Jumlah Penduduk yang Bekerja Menurut Lapangan Pekerjaan Utama Tahun 2010**

No	Lapangan Pekerjaan Utama	Jumlah Penduduk yang Bekerja
1	Pertanian, kehutanan, perburuan, dan perikanan	41.494.941
2	Pertambangan	1.254.501
3	Industri Pengolahan	13.824.251
4	Listrik, Gas, dan Air	234.070
5	Bangunan	5.592.897
6	Perdagangan besar, eceran, rumah makan, dan hotel	22.492.176
7	Angkutan, pergudangan, dan komunikasi	5.619.022
8	Keuangan, asuransi, usaha persewaan bangunan, tanah dan jasa perusahaan	1.739.486
9	Jasa Kemasyarakatan.	15.956.423
	Total	108.207.767

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2011

Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui hampir setengah dari jumlah penduduk usia kerja di Indonesia bekerja sebagai petani dan nelayan. Hal ini sesuai dengan keadaan wilayah Indonesia yang memiliki daratan yang luas dan merupakan kepulauan.

### 5.3 Transportasi

Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Kecenderungan peningkatan jumlah kendaraan bermotor merupakan salah satu indikator tingginya kebutuhan masyarakat terhadap transportasi untuk mobilisasi yang semakin tinggi di suatu wilayah. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor hampir terjadi di setiap provinsi, hal tersebut tergambar pada tabel di bawah ini.

**Tabel 5.4 Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi Tahun 2009-2010**

No	Provinsi	2009	2010
1	Aceh	1.809.400	1.950.888
2	Sumatera Utara	3.766.861	4.036.502
3	Sumatera Barat	1.282.440	1.440.460
4	Riau	1.793.180	1.912.083
5	Kepulauan Riau	685.177	753.451
6	Jambi	2.452.571	2.582.678
7	Sumatera Selatan	2.549.073	3.135.741
8	Kepulauan Bangka Belitung	447.545	523.204
9	Bengkulu	550.277	696.965
10	Lampung	1.278.597	1.510.223
11	DKI Jakarta	9.695.077	10.774.473
12	Jawa Barat	3.861.644	5.105.735
13	Banten	751.462	881.155
14	Jawa Tengah	8.445.873	9.307.502
15	DI Yogyakarta	2.541.503	2.964.905
16	Jawa Timur	9.852.167	10.568.384
17	Bali	2.859.195	3.171.824
18	Nusa Tenggara Barat	1.153.282	1.393.816
19	Nusa Tenggara Timur	717.801	908.897
20	Kalimantan Barat	1.361.067	1.501.906
21	Kalimantan Tengah	761.511	846.469
22	Kalimantan Selatan	1.391.957	1.542.767
23	Kalimantan Timur	1.588.241	1.865.181
24	Sulawesi Utara	755.798	943.177
25	Gorontalo	224.819	282.964
26	Sulawesi Tengah	1.472.056	1.762.837
27	Sulawesi Selatan (1)	1.791.677	2.473.641
28	Sulawesi Tenggara	734.655	999.183

No	Provinsi	2009	2010
29	Maluku	259.130	461.724
30	Maluku Utara	30.879	39.756
31	Papua (2)	471.729	568.636
	Indonesia	67.336.644	76.907.127

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2011

Sedangkan jika dilihat dari jenisnya, semua jenis kendaraan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Tabel dibawah ini menggambarkan peningkatan jumlah kendaraan dari tahun 2006 sampai 2010.

**Tabel 5.5 Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya Tahun 2006-2010**

Jenis Kendaraan	2006	2007	2008	2009	2010	Pertumbuhan per Tahun (%)
Mobil penumpang	6.035.291	6.877.229	7.489.852	7.910.407	8.891.041	8,06
Bis	1.350.047	1.736.087	2.059.187	2.160.973	2.250.109	10,76
Truk	3.398.956	4.234.236	4.452.343	4.498.171	4.687.789	6,64
Sepeda Motor	32.528.758	41.955.128	47.683.681	52.767.093	61.078.188	13,34
<b>Jumlah</b>	<b>43.313.052</b>	<b>54.802.680</b>	<b>61.685.063</b>	<b>67.336.644</b>	<b>76.907.127</b>	<b>12,17</b>

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2011

Dari tahun 2006-2010, peningkatan jumlah kendaraan terjadi sebesar 12,17 %. Peningkatan terbesar terjadi pada jumlah sepeda motor yaitu sebesar 13,34 % yang diikuti dengan bis, mobil dan truk.

#### 5.4 Industri

Sektor industri manufaktur/pengolahan sebagai salah satu sektor andalan pembangunan nasional terus mengalami perkembangan yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Selain memiliki kontribusi terhadap PDB, industri manufaktur memiliki peran penting dalam penciptaan lapangan kerja baru.

Industri pengolahan ialah suatu kegiatan produksi yang mengubah barang dasar menjadi barang jadi maupun setengah jadi dan atau dari barang yang kurang

nilainya menjadi barang yang lebih tinggi nilainya. Industri pengolahan dibedakan atas 4 kelompok industri, yaitu :

1. Industri Mikro yaitu perusahaan/usaha dengan banyaknya tenaga kerja 1 s/d 4 orang termasuk pengusaha/pemilik.
2. Industri Kecil yaitu perusahaan/usaha dengan banyaknya tenaga kerja 5 s/d 19 orang termasuk pengusaha/pemilik.
3. Industri Sedang yaitu perusahaan/usaha dengan banyaknya tenaga kerja 20 s/d 99 orang termasuk pengusaha/pemilik.
4. Industri Besar yaitu perusahaan/usaha dengan banyaknya tenaga kerja 100 orang termasuk pengusaha/pemilik.

**Tabel 5.6 Jumlah Industri Pengolahan Besar dan Sedang, Jawa dan Luar Jawa, 2001-2008**

Lokasi	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Jawa	17.413	17.118	16.607	16.901	16.995	24.348	23.067	21.207
Luar Jawa	3.983	4.028	3.717	3.784	3.734	5.120	4.931	4.487
<b>Jumlah</b>	21.396	21.146	20.324	20.685	20.729	29.468	27.998	25.694

Sumber : Badan Pusat Statistik

## BAB 6

### HASIL PENELITIAN

Pada bab ini akan dipaparkan hasil mengenai gambaran konsentrasi NO<sub>2</sub> di Indonesia yang merupakan bagian dari program pemantauan kualitas udara ambien di Pusarpedal. Dalam pelaksanaan pemantauan kualitas udara ambien ini, wilayah pemantauan terdiri dari 450 kota dan kabupaten yang tersebar di seluruh provinsi di Indonesia. Di setiap kota atau kabupaten tersebut dipilih lokasi sampling yang terdiri dari lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 tahap dan lama pengukuran yaitu selama 2 minggu untuk setiap tahapnya. Setelah dilakukan pengukuran dan analisis sampel di Laboratorium Udara Pusarpedal maka didapatkan hasil nilai konsentrasi NO<sub>2</sub> per kota atau kabupaten dan kemudian ditampilkan dalam data per provinsi yang disajikan dalam tabel. Nilai konsentrasi NO<sub>2</sub> yang dipaparkan merupakan hasil rata-rata sampel tahap 1 dan tahap 2. Pengukuran ini dilakukan antara bulan November hingga Desember 2011.

#### 6.1 Kondisi Kualitas Udara Ambien Untuk Parameter NO<sub>2</sub>

Konsentrasi NO<sub>2</sub> dari hasil pemantauan ini dapat dibandingkan dengan baku mutu udara ambien yaitu 100 ug/m<sup>3</sup> untuk pengukuran 1 tahun yang tercantum dalam PP No. 41 tahun 1999. Tabel 6.1 merupakan nilai rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> tahap 1 dan 2.

**Tabel 6.1 Konsentrasi NO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>) Tahun 2011**

No	Provinsi	Kota/Kabupaten	Transportasi	Industri	Pemukiman	Komersial
1	Aceh	Banda Aceh	27,45	6,66	19,76	22,40
		Kabupaten Aceh Barat	7,58	3,77	3,69	9,48
		Kabupaten Aceh Besar	41,29	7,94	8,06	4,97
		Kabupaten Aceh Selatan	12,32	27,94	3,53	14,87
		Kabupaten Aceh Tengah	11,14	3,00	18,45	11,08
		Kabupaten Nagan Raya	4,45	5,37	2,23	1,75
2	Sumatera Utara	Kabupaten Labuhan Batu Selatan	19,80	7,30	9,65	13,72

No	Provinsi	Kota/Kabupaten	Transportasi	Industri	Pemukiman	Komersial
		Kabupaten Labuhan Batu Utara	31,56	13,26	13,42	13,01
		Kabupaten Langkat	24,67	7,12	7,58	7,54
		Kabupaten Tapanuli Utara	8,35	12,24	7,51	11,01
		Kota Tebing Tinggi	27,85	29,75	18,37	
		Bapedalda UPT Lab. Lingkungan Medan	51,50	41,77	41,90	58,57
3	Sumatera Barat	Padang	40,63	30,08	22,10	20,76
		Kabupaten Dharmasraya	22,81	20,77	13,30	18,57
		Kabupaten Padang Pariaman	10,71	11,05	13,25	13,07
		Kabupaten Pasaman	6,00	10,20	21,26	5,63
		Kabupaten Pesisir Selatan	10,93	18,79	1,96	11,42
		Kabupaten Sijunjung		8,77	5,86	12,55
		Kabupaten Tanah Datar	9,62	6,06	9,20	6,78
		Kota Padang Panjang	26,25	10,86		25,09
		Kota Pariaman	12,48	8,82	8,18	11,08
4	Jambi	Kota Jambi		13,83		17,25
		Kabupaten Tanjung Jabung Barat	5,16	4,46	5,44	8,44
5	Sumatera Selatan	Palembang	85,72	32,26	49,15	56,74
		Kabupaten Musi Banyuasin	19,70	16,50	11,27	
		Kota Palembang	42,82	24,62	31,75	36,49
		Kota Prabumulih	40,06	22,16	29,91	42,85
6	Lampung	Kabupaten Lampung Selatan	17,12	33,87	6,12	6,26
		Kabupaten Pringsewu	45,18	25,38	36,82	24,33
7	Banten	Kabupaten Tangerang		24,79	19,66	19,34
		Kota Serang	63,90	19,42	18,56	10,83
		Kota Cilegon	89,38	54,68	43,49	95,75
		Kota Tangerang Selatan	80,55	44,69	26,23	43,06
8	DKI Jakarta	Prov Jakarta	98,84	60,37	18,92	40,68

No	Provinsi	Kota/Kabupaten	Transportasi	Industri	Pemukiman	Komersial
		Jakarta Selatan	109,82	65,74	37,96	97,12
		Jakarta Barat	106,77	41,60	57,89	42,46
		Jakarta Utara	92,43	63,62		71,68
		Jakarta Pusat	86,43		57,31	46,49
		Jakarta Timur	68,54	58,43	65,92	79,31
9	Jawa Barat	Bandung	81,45	42,44	47,69	50,75
		Kabupaten Bekasi	72,97	56,70	42,05	23,86
		Kabupaten Bogor	42,05	53,45	26,60	41,45
		Kabupaten Sukabumi	26,34	18,30	16,51	5,66
		Kota Bogor	68,20	36,83	44,09	65,40
10	Jawa Tengah	Semarang	54,85	31,91	32,83	51,11
		Kabupaten Banjarnegara	58,52	60,80	43,12	32,61
		Kabupaten Banyumas	32,48	36,71	28,54	27,13
		Kabupaten Boyolali	51,34	23,64	33,96	25,61
		Kota Cilacap	37,85	27,31	15,62	13,46
		Kabupaten Demak	40,59	27,51	14,60	17,31
		Kabupaten Jepara	46,87	12,78	14,59	17,91
		Kabupaten Karanganyar	43,86	39,35	25,64	18,45
		Kabupaten Klaten	51,81	28,43	23,62	38,51
		Kabupaten Kudus	34,71	44,07	32,84	31,63
		Kota Magelang	53,98	18,04	14,86	31,84
		Kabupaten Pati	80,20	26,62	36,67	41,82
		Kota Pekalongan	63,98	30,61	20,51	40,22
		Kabupaten Pemasang	42,74	32,38	19,74	13,32
		Kabupaten Purworejo	28,93	19,07	12,66	28,60
		Kabupaten Semarang	30,08	43,39	17,09	56,98
		Kabupaten Sragen	30,52	23,28	32,28	31,47
		Kabupaten Sukoharjo	64,26	64,30	31,53	28,01
		Kabupaten Wonosobo	25,89	11,54	12,76	14,46
		Kota Salatiga	31,39	18,51	26,57	49,65
		Kota Surakarta	34,55	37,36	14,30	31,19
11	DI Yogyakarta	Yogyakarta	26,98	19,64	18,15	12,39
		Kota Bantul	45,36	45,34	21,98	29,88
		Kabupaten Gunung Kidul	37,46	22,97	10,64	16,04
		Kabupaten Kulon Progo	17,55	8,31	8,28	14,94
		Kabupaten Sleman	22,22	9,53	14,58	16,74
		Kota Yogyakarta	32,31	28,84	32,88	41,35

No	Provinsi	Kota/Kabupaten	Transportasi	Industri	Pemukiman	Komersial
12	Jawa Timur	Surabaya	81,48	60,64	34,38	49,32
		Kabupaten Gresik	70,76	75,37	34,94	43,73
		Kabupaten Jombang	38,84	63,33	20,33	20,82
		Kabupaten Lamongan	48,98	27,75	18,40	24,98
		Kabupaten Magetan	16,93	11,39	6,71	15,13
		Kabupaten Mojokerto	42,93	27,35	28,44	30,19
		Kabupaten Nganjuk	61,95	39,15	19,48	31,17
		Kabupaten Probolinggo	57,16	54,70	16,52	37,47
		Kabupaten Tuban	52,13	52,13	20,96	33,73
		Kabupaten Tulungagung	22,17	26,09	23,76	18,80
		Kota Batu	22,79	22,79	22,79	22,79
		Kota Blitar	60,96	21,47	26,69	38,87
		Kota Madiun	81,66	72,04	33,60	
Kota Malang	43,42	37,35	30,19	20,95		
Kota Surabaya	54,55	21,77	50,51	24,57		
13	NTB	Kabupaten Lombok Utara	9,18	15,05	4,72	6,89
		Kota Bima	19,15	15,00	6,43	11,09
14	NTT	Kupang	62,52	13,09	34,89	26,42
15	Kalimantan Selatan	Banjarmasin	34,20	51,63	23,38	21,62
		Kabupaten Balangan	22,10	18,29	9,32	11,50
		Kabupaten Barito Kuala	27,88	13,08	13,51	10,11
		Kabupaten Sungai Tengah	37,93	14,54	10,16	19,37
		Kabupaten Tabalong	14,35	28,01	36,62	55,36
		Kabupaten Tanah Laut	15,27	11,08	10,26	
		Kota Banjarbaru	24,82	16,58	14,89	30,90
16	Kalimantan Barat	Kabupaten Ketapang	23,01	4,74	9,62	9,16
		Kabupaten Kutai Timur	12,89	13,13	10,45	14,22
		Kabupaten Pontianak	43,96	27,25		21,24
		Kabupaten Sintang	38,57	19,83	8,08	11,36
		Kota Singkawang	23,00	11,59	4,80	18,15
17	Kalimantan Timur	Kabupaten Berau	36,23	19,38	22,99	34,02
18	Kalimantan Tengah	Palangkaraya	28,13	14,10	23,35	27,72
		Kabupaten Barito Selatan	9,06		2,89	5,49

No	Provinsi	Kota/Kabupaten	Transportasi	Industri	Pemukiman	Komersial
		Kabupaten Kapuas	15,38	9,77	6,37	16,73
		Kabupaten Katingan	29,04	35,84	20,99	9,67
		Kabupaten Waringin Timur	37,79	5,94	13,21	28,39
<b>19</b>	Sulawesi Utara	Manado	47,07	22,19	14,98	24,07
		Kota Bitung	36,86	24,54	33,45	41,68
		Kota Kotabagu	5,53	9,87	12,27	22,03
		Kepulauan Siau Tagulandang Biaro	11,18	5,14	6,87	3,39
		Kota Tomohon	13,82	3,81		
		Kabupaten Bolaang Mongondow Utara	7,03	7,15	5,37	6,45
<b>20</b>	Gorontalo	Gorontalo	16,37	7,21	17,77	13,82
		Kabupaten Boalemo	23,67	13,87	10,55	12,81
		Kota Gorontalo	16,61	14,45	15,08	17,11
		Kabupaten Bone Balango	14,10	9,93	9,24	5,86
		Kabupaten Gorontalo Utara	12,30	8,08	6,28	7,32
		Kota Pohuwanto	8,89	17,46	15,40	8,48
<b>21</b>	Sulawesi Tengah	Palu	32,48	25,29	38,91	24,87
		Kabupaten Donggala	29,10	17,25	19,32	20,22
<b>22</b>	Sulawesi Selatan	Makasar	78,40	31,45	28,60	29,15
		Kota Parepare	27,81	28,10	12,66	11,63
		Kabupaten Luwu	16,39	40,66	9,80	7,10
		Kabupaten Bone	63,87	24,18	39,33	31,18
		Kabupaten Maros	38,88	28,51	12,56	9,82
		Kabupaten Enrekang	42,97	18,19	11,96	5,94
		Kabupaten Pangkep	45,98		32,12	17,35
		Kabupaten Gowa	23,44	3,60	14,29	23,88
		Kabupaten Barru	17,23	8,48	10,95	22,01
		Kabupaten Pinrang	28,59	16,42	19,65	
		Kabupaten Wajo	30,02	15,72	8,90	15,12
		Kabupaten Sidrap	25,97	15,17	17,06	14,56
<b>23</b>	Sulawesi Tenggara	Kabupaten Kolaka	20,19	22,92	11,37	11,72
		Kabupaten Konawe	12,86	6,34	6,05	5,54

No	Provinsi	Kota/Kabupaten	Transportasi	Industri	Pemukiman	Komersial
		Kabupaten Konawe Selatan	4,51	3,37	9,34	5,67
		Kota Kendari	33,29	8,59	23,10	26,56
24	Sulawesi Barat	Mamuju	22,66	23,38		9,07
		Kabupaten Majene	28,54	5,87	8,94	18,41
		Kabupaten Mamasa	13,38	13,52	16,41	11,16
		Mamuju Utara	12,93	9,63	8,75	5,42
25	Maluku	Ambon	41,72	15,16	26,48	43,36

Berdasarkan tabel 6.1 menunjukkan nilai konsentrasi NO<sub>2</sub> di kota dan kabupaten di Indonesia sebagian besar masih berada dibawah nilai baku mutu udara ambien. Namun, konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi pemantauan transportasi di Jakarta Selatan dan Jakarta Barat menunjukkan sudah melewati baku mutu yaitu sebesar 109,82 ug/m<sup>3</sup> dan 106,77 ug/m<sup>3</sup>. Untuk mempermudah melihat persebaran data per provinsi pada tabel 6.1, maka digunakanlah analisis statistik frekuensi yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.2.

**Tabel 6.2 Distribusi Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Udara Ambien Menurut Provinsi Tahun 2011**

No	Lokasi	Jumlah	Mean	Median	Std. Deviasi	Minimum	Maksimum
1	Aceh						
	Transportasi	6	17,37	11,73	14,14	4,45	41,29
	Industri	6	9,11	6,01	9,39	3	27,94
	Permukiman	6	9,28	5,87	7,86	2,23	19,76
	Komersial	6	10,75	10,28	7,33	1,75	22,4
2	Sumatera Utara						
	Transportasi	6	27,28	26,26	14,32	8,35	51,5
	Industri	6	18,57	12,75	14,06	7,12	41,77
	Permukiman	6	16,4	11,53	13,15	7,51	41,9
	Komersial	5	20,77	13,01	21,26	7,54	58,57
3	Sumatera Barat						
	Transportasi	8	17,42	11,7	11,64	6	40,63
	Industri	9	13,93	10,86	7,72	6,06	30,08

No	Lokasi	Jumlah	Mean	Median	Std. Deviasi	Minimum	Maksimum
	Permukiman	8	11,88	11,22	7,09	1,96	22,1
	Komersial	9	13,88	12,55	6,42	5,63	25,09
<b>4</b>	<b>Jambi</b>						
	Transportasi	1	5,16	5,16		5,16	5,16
	Industri	2	9,14	9,14	6,62	4,46	13,83
	Permukiman	1	5,44	5,44		5,44	5,44
	Komersial	2	12,84	12,84	6,22	8,44	17,25
<b>5</b>	<b>Sumatera Selatan</b>						
	Transportasi	4	47,07	41,44	27,75	19,7	85,72
	Industri	4	23,88	23,39	6,53	16,5	32,26
	Permukiman	4	30,52	30,83	15,48	11,27	49,15
	Komersial	4	45,36	42,85	10,35	36,49	56,74
<b>6</b>	<b>Lampung</b>						
	Transportasi	2	31,15	31,15	19,84	17,12	45,18
	Industri	2	29,62	29,62	6	25,38	33,87
	Permukiman	2	21,47	21,47	21,7	6,12	36,82
	Komersial	2	15,29	15,29	12,77	6,26	24,33
<b>7</b>	<b>Banten</b>						
	Transportasi	3	77,94	80,55	12,94	63,9	89,38
	Industri	4	35,89	34,74	16,58	19,42	54,68
	Permukiman	4	26,98	22,94	11,51	18,56	43,49
	Komersial	4	42,24	31,2	38,18	10,83	95,75
<b>8</b>	<b>DKI Jakarta</b>						
	Transportasi	6	93,8	95,63	15,13	68,54	109,82
	Industri	5	57,95	60,37	9,57	41,6	65,74
	Permukiman	5	47,6	57,31	19,05	18,92	65,92
	Komersial	6	62,95	59,08	23,23	40,68	97,12
<b>9</b>	<b>Jawa Barat</b>						
	Transportasi	5	58,2	68,2	23,1	26,34	81,45
	Industri	5	41,54	42,44	15,29	18,3	56,7
	Permukiman	5	35,38	42,05	13,27	16,51	47,69
	Komersial	5	37,42	41,45	23,28	5,66	65,4
<b>10</b>	<b>Jawa Tengah</b>						
	Transportasi	21	44,73	42,74	14,33	25,89	80,2
	Industri	21	31,31	28,43	13,79	11,54	64,3

No	Lokasi	Jumlah	Mean	Median	Std. Deviasi	Minimum	Maksimum
	Permukiman	21	24,01	23,62	9,2	12,66	43,12
	Komersial	21	30,54	31,19	12,56	13,32	56,98
<b>11</b>	<b>DI Yogyakarta</b>						
	Transportasi	6	30,31	29,64	10,21	17,55	45,36
	Industri	6	22,44	21,3	13,71	8,31	45,34
	Permukiman	6	17,75	16,36	8,91	8,28	32,88
	Komersial	6	21,89	16,39	11,32	12,39	41,35
<b>12</b>	<b>Jawa Timur</b>						
	Transportasi	15	50,45	52,13	19,98	16,93	81,66
	Industri	15	40,88	37,35	20,53	11,39	75,37
	Permukiman	15	25,85	23,76	10,24	6,71	50,51
	Komersial	14	29,46	27,58	10,1	15,13	49,32
<b>13</b>	<b>NTB</b>						
	Transportasi	2	14,16	14,16	7,05	9,18	19,15
	Industri	2	15,02	15,02	0,03	15	15,05
	Permukiman	2	5,57	5,57	1,21	4,72	6,43
	Komersial	2	8,99	8,99	2,97	6,89	11,09
<b>14</b>	<b>NTT</b>						
	Transportasi	1	62,52	62,52		62,52	62,52
	Industri	1	13,09	13,09		13,09	13,09
	Permukiman	1	34,89	34,89		34,89	34,89
	Komersial	1	26,42	26,42		26,42	26,42
<b>15</b>	<b>Kalimantan Selatan</b>						
	Transportasi	7	25,22	24,82	8,9	14,35	37,93
	Industri	7	21,88	16,58	14,21	11,08	51,63
	Permukiman	7	16,87	13,51	9,94	9,32	36,62
	Komersial	6	24,81	20,49	16,75	10,11	55,36
<b>16</b>	<b>Kalimantan Barat</b>						
	Transportasi	5	28,29	23,01	12,69	12,89	43,96
	Industri	5	15,31	13,13	8,56	4,74	27,25
	Permukiman	4	8,24	8,85	2,49	4,8	10,45
	Komersial	5	14,83	14,22	4,91	9,16	21,24
<b>17</b>	<b>Kalimantan Timur</b>						
	Transportasi	1	36,23	36,23		36,23	36,23

No	Lokasi	Jumlah	Mean	Median	Std. Deviasi	Minimum	Maksimum
	Industri	1	19,38	19,38		19,38	19,38
	Permukiman	1	22,99	22,99		22,99	22,99
	Komersial	1	34,02	34,02		34,02	34,02
<b>18</b>	<b>Kalimantan Tengah</b>						
	Transportasi	5	23,88	28,13	11,51	9,06	37,79
	Industri	4	16,41	11,93	13,37	5,94	35,84
	Permukiman	5	13,36	13,21	8,89	2,89	23,35
	Komersial	5	17,6	16,73	10,36	5,49	28,39
<b>19</b>	<b>Sulawesi Utara</b>						
	Transportasi	6	20,25	12,5	17,38	5,53	47,07
	Industri	6	12,11	8,51	8,98	3,81	24,54
	Permukiman	5	14,59	12,27	11,24	5,37	33,45
	Komersial	5	19,52	22,03	15,4	3,39	41,68
<b>20</b>	<b>Gorontalo</b>						
	Transportasi	6	15,32	15,23	4,99	8,89	23,67
	Industri	6	11,83	11,9	4,04	7,21	17,46
	Permukiman	6	12,38	12,81	4,38	6,28	17,77
	Komersial	6	10,9	10,64	4,35	5,86	17,11
<b>21</b>	<b>Sulawesi Tengah</b>						
	Transportasi	2	30,79	30,79	2,39	29,1	32,48
	Industri	2	21,27	21,27	5,68	17,25	25,29
	Permukiman	2	29,11	29,11	13,85	19,32	38,91
	Komersial	2	22,54	22,54	3,29	20,22	24,87
<b>22</b>	<b>Sulawesi Selatan</b>						
	Transportasi	12	36,63	29,3	18,78	16,39	78,4
	Industri	11	20,95	18,19	10,78	3,6	40,66
	Permukiman	12	18,15	13,47	9,9	8,9	39,33
	Komersial	11	17,07	15,12	8,55	5,94	31,18
<b>23</b>	<b>Sulawesi Tenggara</b>						
	Transportasi	4	17,71	16,52	12,2	4,51	33,29
	Industri	4	10,3	7,46	8,68	3,37	22,92
	Permukiman	4	12,46	10,35	7,42	6,05	23,1
	Komersial	4	12,37	8,69	9,88	5,54	26,56

No	Lokasi	Jumlah	Mean	Median	Std. Deviasi	Minimum	Maksimum
<b>24</b>	Sulawesi Barat						
	Transportasi	4	19,37	18,02	7,58	12,93	28,54
	Industri	4	13,1	11,57	7,53	5,87	23,38
	Permukiman	3	11,36	8,94	4,37	8,75	16,41
	Komersial	4	11,01	10,11	5,47	5,42	18,41
<b>25</b>	Maluku						
	Transportasi	1	41,72	41,72		41,72	41,72
	Industri	1	15,16	15,16		15,16	15,16
	Permukiman	1	26,48	26,48		26,48	26,48
	Komersial	1	43,36	43,36		43,36	43,36

Dari tabel 6.1 dan 6.2 menunjukkan nilai maksimum tertinggi pada lokasi pemantauan transportasi dari seluruh provinsi berada di DKI Jakarta atau lebih tepatnya di Jakarta Selatan yaitu sebesar 109,82 ug/m<sup>3</sup>. Tetapi nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi transportasi di Jakarta Barat yaitu sebesar 106,77 ug/m<sup>3</sup>. Di lokasi industri, nilai maksimum tertinggi berada di Jawa Timur, tepatnya di Kabupaten Gresik yaitu sebesar 75,37 ug/m<sup>3</sup>. Di lokasi permukiman, nilai maksimum tertinggi berada di DKI Jakarta, tepatnya di Jakarta Timur yaitu sebesar 65,92 ug/m<sup>3</sup>. Dan di lokasi komersial, nilai maksimum tertinggi berada di DKI Jakarta, tepatnya di Jakarta Selatan yaitu sebesar 97,12 ug/m<sup>3</sup>. Tetapi nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi komersial di Kota Cilegon yaitu 95,75 ug/m<sup>3</sup>.

Jika melihat nilai mean Provinsi Jambi, NTT, Kalimantan Timur, dan Maluku bisa dikatakan keempat provinsi tersebut tidak memiliki nilai mean disebabkan hanya terdapat satu data konsentrasi NO<sub>2</sub> di provinsi tersebut. Berdasarkan tabel 6.2, dapat dilihat nilai mean tertinggi sebagian besar berada di lokasi pemantauan transportasi. Dengan nilai mean tertinggi berada di DKI Jakarta sebesar 93,8 ug/m<sup>3</sup> dan nilai mean terendahnya berada di NTB sebesar 14,16 ug/m<sup>3</sup>. Pada lokasi industri, nilai mean tertinggi berada di DKI Jakarta sebesar 57,95 ug/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk nilai mean terendah berada di Aceh sebesar 9,11 ug/m<sup>3</sup>. Untuk lokasi permukiman, nilai mean tertinggi berada di DKI Jakarta sebesar 47,6 ug/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk nilai mean terendah berada di NTB sebesar 5,57 ug/m<sup>3</sup>. Dan untuk lokasi komersial, nilai mean tertinggi berada di

DKI Jakarta sebesar 62,95 ug/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk nilai mean terendah berada di NTB sebesar 8,99 ug/m<sup>3</sup>.

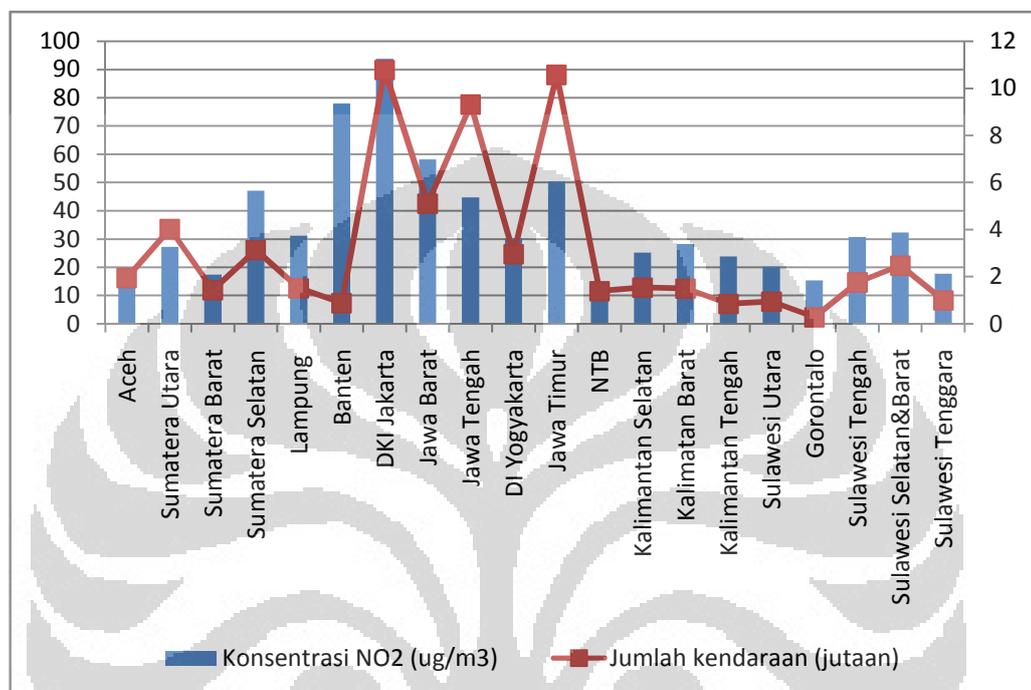
## 6.2 Perbandingan Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> Dengan Jumlah Kendaraan Bermotor

Untuk mengetahui besarnya pengaruh jumlah kendaraan bermotor terhadap tingginya nilai rata-rata (mean) konsentrasi NO<sub>2</sub> di tiap provinsi, maka nilai rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dan jumlah kendaraan bermotor di tiap provinsi akan dijabarkan dalam tabel. Dan selanjutnya, kedua data tersebut akan dibandingkan dengan menggunakan grafik. Data jumlah kendaraan merupakan data tahun 2010 yang bersumber dari Badan Pusat Statistik.

**Tabel 6.3 Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Lokasi Transportasi dan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi**

No	Provinsi	Konsentrasi NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Jumlah Kendaraan
1	Aceh	17,37	1.950.888
2	Sumatera Utara	27,28	4.036.502
3	Sumatera Barat	17,42	1.440.460
4	Sumatera Selatan	47,07	3.135.741
5	Lampung	31,15	1.510.223
6	Banten	77,94	881.155
7	DKI Jakarta	93,8	10.774.473
8	Jawa Barat	58,2	5.105.735
9	Jawa Tengah	44,73	9.307.502
10	DI Yogyakarta	30,31	2.964.905
11	Jawa Timur	50,45	10.568.384
12	NTB	14,16	1.393.816
13	Kalimantan Selatan	25,22	1.542.767
14	Kalimantan Barat	28,29	1.501.906
15	Kalimantan Tengah	23,88	846.469
16	Sulawesi Utara	20,25	943.177
17	Gorontalo	15,32	282.964
18	Sulawesi Tengah	30,79	1.762.837
19	Sulawesi Selatan&Barat	32,32	2.473.641
20	Sulawesi Tenggara	17,71	999.183

**Grafik 6.1 Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> Lokasi Transportasi dengan Jumlah Kendaraan Menurut Provinsi**



Berdasarkan grafik 6.1, provinsi di Pulau Jawa memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dan jumlah kendaraan bermotor lebih tinggi dibandingkan provinsi lain. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui tinggi rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi transportasi di tiap provinsi memiliki pola kecenderungan yang sama dengan jumlah kendaraan pada provinsi tersebut. Terlihat jika nilai rata-rata konsentrasi tinggi diikuti dengan jumlah kendaraan yang banyak dan begitu pula sebaliknya.

Namun, hal yang berbeda terjadi di beberapa provinsi. Banten diketahui memiliki jumlah kendaraan lebih sedikit dari Lampung tetapi rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> di Banten lebih tinggi dibandingkan Lampung. Di Jawa Tengah diketahui memiliki jumlah kendaraan yang lebih banyak dibandingkan dengan Jawa Barat tetapi memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> lebih rendah dibandingkan dengan Jawa Barat. DKI Jakarta dan Jawa Timur diketahui memiliki jumlah kendaraan

bermotor yang hampir sama, tetapi DKI Jakarta memiliki nilai rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan Jawa Timur.

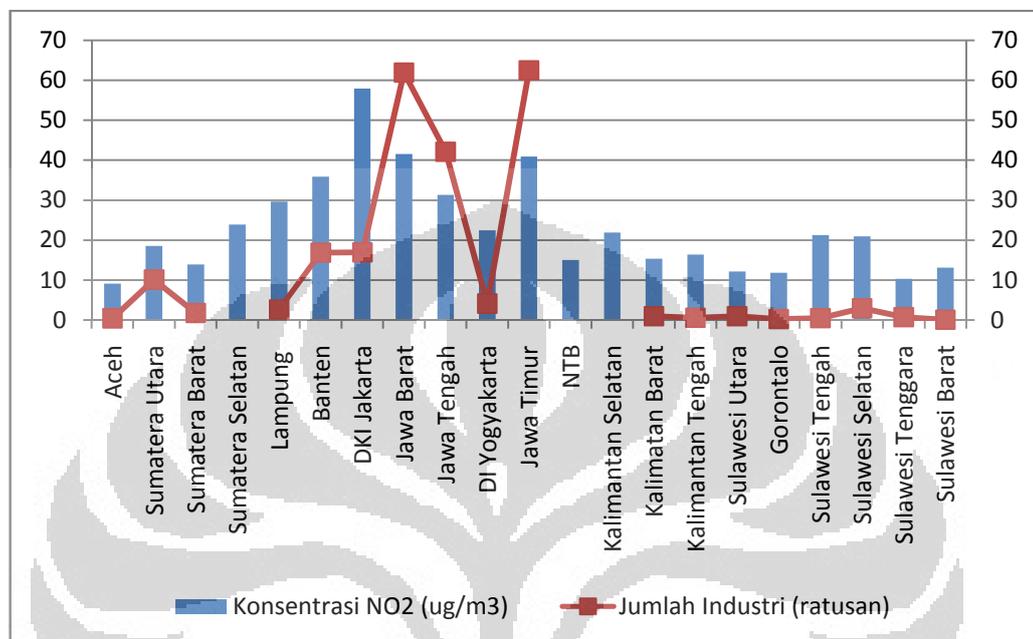
### 6.3 Perbandingan Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan Jumlah Industri

Untuk mengetahui besarnya pengaruh jumlah industri terhadap tingginya nilai rata-rata (mean) konsentrasi NO<sub>2</sub> di tiap provinsi, maka nilai rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dan jumlah industri di tiap provinsi akan dijabarkan dalam tabel. Dan selanjutnya, kedua data tersebut akan dibandingkan dengan menggunakan grafik. Jumlah industri yang dijabarkan merupakan jumlah industri pengolahan besar dan sedang yang bersumber dari Badan Pusat Statistik.

**Tabel 6.4 Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Lokasi Industri dan Jumlah Industri Pengolahan Sedang dan Besar Menurut Provinsi**

No	Provinsi	Konsentrasi NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Jumlah Industri
1	Aceh	9,11	49
2	Sumatera Utara	18,57	1015
3	Sumatera Barat	13,93	183
4	Sumatera Selatan	23,88	
5	Lampung	29,62	267
6	Banten	35,89	1693
7	DKI Jakarta	57,95	1699
8	Jawa Barat	41,54	6195
9	Jawa Tengah	31,31	4213
10	DI Yogyakarta	22,44	416
11	Jawa Timur	40,88	6248
12	NTB	15,02	
13	Kalimantan Selatan	21,88	
14	Kalimantan Barat	15,31	103
15	Kalimantan Tengah	16,41	60
16	Sulawesi Utara	12,11	101
17	Gorontalo	11,83	30
18	Sulawesi Tengah	21,27	52
19	Sulawesi Selatan	20,95	301
20	Sulawesi Tenggara	10,3	78
21	Sulawesi Barat	13,1	15

**Grafik 6.2 Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> Lokasi Industri dengan Jumlah Industri Sedang dan Besar Menurut Provinsi**



Pada grafik 6.2, terlihat rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dan jumlah industri di provinsi di Pulau Jawa lebih tinggi dibandingkan di provinsi lain. Dari grafik diatas juga dapat diketahui tinggi rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi industri memiliki pola kecenderungan yang sama dengan jumlah industri di tiap provinsi. Terlihat jika nilai rata-rata konsentrasi tinggi diikuti dengan jumlah industri yang banyak dan begitu pula sebaliknya.

Namun berbeda dengan provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur yang diketahui memiliki jumlah industri lebih banyak dibandingkan DKI Jakarta. Tetapi ketiga provinsi tersebut memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> lebih rendah dibandingkan DKI Jakarta.

Pada grafik juga terlihat provinsi yang berada di Pulau Kalimantan dan Sulawesi memiliki jumlah industri yang tidak jauh berbeda. Hal tersebut disertai dengan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> yang tidak jauh berbeda pula. Tetapi jika dilihat secara rinci pada tabel, Kalimantan Tengah memiliki jumlah industri yang lebih sedikit dibandingkan Kalimantan Barat tetapi memiliki rata-rata konsentrasi yang

lebih tinggi. Sedangkan di Sulawesi Tenggara memiliki jumlah industri yang lebih banyak dibandingkan dengan Gorontalo dan Sulawesi Barat tetapi memiliki rata-rata konsentrasi yang lebih rendah. Namun perbedaan konsentrasi tersebut tidak jauh berbeda.

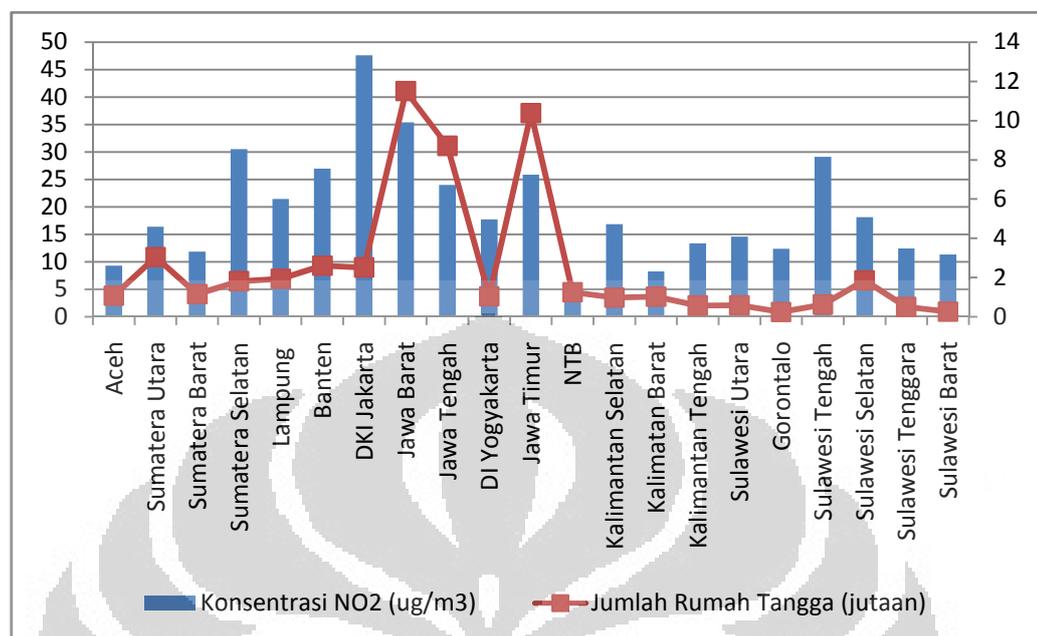
#### 6.4 Perbandingan Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan Jumlah Rumah Tangga

Untuk mengetahui besarnya pengaruh jumlah rumah tangga terhadap tingginya nilai rata-rata (mean) konsentrasi NO<sub>2</sub> di tiap provinsi, maka nilai rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dan jumlah rumah tangga di tiap provinsi akan dijabarkan dalam tabel. Dan selanjutnya, kedua data tersebut akan dibandingkan dengan menggunakan grafik. Jumlah rumah tangga yang dijabarkan merupakan jumlah rumah tangga tahun 2010 yang bersumber dari Badan Pusat Statistik.

**Tabel 6.5 Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Lokasi Permukiman dan Jumlah Rumah Tangga Menurut Provinsi**

No	Provinsi	Konsentrasi NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Jumlah Rumah Tangga (ribuan)
1	Aceh	9,28	1.066,50
2	Sumatera Utara	16,4	3.037,70
3	Sumatera Barat	11,88	1.152,50
4	Sumatera Selatan	30,52	1.813,60
5	Lampung	21,47	1.934,60
6	Banten	26,98	2.596,60
7	DKI Jakarta	47,60	2.510,00
8	Jawa Barat	35,38	11.493,70
9	Jawa Tengah	24,01	8.704,50
10	DI Yogyakarta	17,75	1.038,00
11	Jawa Timur	25,85	10.379,50
12	NTB	5,57	1.252,60
13	Kalimantan Selatan	16,87	975,3
14	Kalimantan Barat	8,24	1.023,10
15	Kalimantan Tengah	13,36	572,8
16	Sulawesi Utara	14,59	581,9
17	Gorontalo	12,38	244
18	Sulawesi Tengah	29,11	620,6
19	Sulawesi Selatan	18,15	1.848,00
20	Sulawesi Tenggara	12,46	502,1
21	Sulawesi Barat	11,36	258,6

**Grafik 6.3 Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Lokasi Permukiman dengan Jumlah Rumah Tangga Menurut Provinsi**



Berdasarkan grafik 6.3, terlihat rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dan jumlah rumah tangga di provinsi di Pulau Jawa lebih tinggi dibandingkan di provinsi lain. Pada grafik diatas, juga dapat diketahui tinggi rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi permukiman di tiap provinsi memiliki pola kecenderungan yang sama dengan jumlah rumah tangga pada provinsi tersebut. Terlihat jika nilai rata-rata konsentrasi tinggi diikuti dengan jumlah rumah tangga yang banyak dan begitu pula sebaliknya. Namun, hal berbeda terjadi pada Sumatera Selatan yang memiliki jumlah rumah tangga lebih sedikit dibandingkan dengan Lampung dan Sumatera Utara tetapi memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi.

Hal yang sama terjadi di DKI Jakarta, diketahui memiliki jumlah rumah tangga yang lebih sedikit dibandingkan dengan Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur tetapi memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi. Begitu juga yang terjadi antara Sulawesi Tengah dengan Sulawesi Selatan. Sulawesi Tengah memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi walaupun memiliki jumlah rumah tangga yang lebih sedikit dari pada Sulawesi Selatan.

## 6.5 Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Tiap Pulau

Penelitian ini menggunakan analisis bivariat untuk mengetahui perbedaan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> antar lokasi pemantauan di tiap pulau. Uji perbedaan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dilakukan untuk mengetahui lokasi pemantauan yang menyumbang NO<sub>2</sub> paling besar di tiap pulau. Sehingga untuk analisis bivariat ini digunakan uji statistik *one way anova* untuk menguji perbedaan rata-rata (mean) lebih dari 2 kelompok. Bila *p-value* yang dihasilkan kurang dari 0,05 maka rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> antar lokasi pemantauan tersebut dinyatakan mempunyai perbedaan yang signifikan.

Sebelum dilakukan uji perbedaan, dilakukan uji normalitas terhadap data konsentrasi NO<sub>2</sub>. Dari hasil uji normalitas menunjukkan data konsentrasi NO<sub>2</sub> untuk area transportasi, industri, permukiman dan komersial berdistribusi tidak normal. Sedangkan salah satu syarat menggunakan uji *one way anova* ialah data berdistribusi normal, sehingga sebelum dilakukan uji perbedaan, dilakukan normalisasi data dengan melakukan transform data.

Berikut ini adalah *p-value* yang merupakan hasil analisis rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> yang dilakukan dengan uji *one way anova*. Dari analisis yang dilakukan akan menghasilkan *p-value* yang menunjukkan ada tidaknya perbedaan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> diantara keempat lokasi pemantauan. Jika *p-value* < 0,05 maka menunjukkan adanya perbedaan signifikan, sedangkan jika *p-value* > 0,05 maka menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan.

**Tabel 6.6 Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Tiap Pulau**

Lokasi pemantauan	P value				
	Sumatera	Jawa	Nusa Tenggara	Kalimantan	Sulawesi
Transportasi					
Industri					
Permukiman	0,103	0,0005	0,689	0,005	0,004
Komersial					

Berdasarkan tabel 6.6 menunjukkan Pulau Sumatera memiliki *p-value* = 0,103, maka dapat dikatakan tidak ada perbedaan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> yang

signifikan antar keempat lokasi pemantauan tersebut. Sama halnya dengan Pulau Nusa Tenggara yang memiliki  $p\text{-value} = 0,689$ . Sedangkan Pulau Jawa memiliki  $p\text{-value} = 0,0005$ , maka dapat dikatakan ada perbedaan rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang signifikan antar keempat lokasi pemantauan tersebut. Sama halnya dengan Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi yang memiliki  $p\text{-value} = 0,005$  dan  $p\text{-value} = 0,004$ .

**Tabel 6.7 Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi  $\text{NO}_2$  Antar Lokasi Pemantauan di Pulau Jawa**

Lokasi Pemantauan	P value			
	Transportasi	Industri	Permukiman	Komersial
Transportasi		0,0005	0,0005	0,0005
Industri	0,0005		0,029	1
Permukiman	0,0005	0,029		0,298
Komersial	0,0005	1	0,298	

Pada tabel 6.7 menunjukkan hasil analisis bivariat lebih lanjut untuk Pulau Jawa. Analisis tersebut membuktikan bahwa lokasi pemantauan yang berbeda signifikan ialah transportasi dengan industri, transportasi dengan permukiman, transportasi dengan komersial dan industri dengan permukiman.

**Tabel 6.8 Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi  $\text{NO}_2$  Antar Lokasi Pemantauan di Pulau Kalimantan**

Lokasi Pemantauan	P value			
	Transportasi	Industri	Permukiman	Komersial
Transportasi		0,169	0,003	0,535
Industri	0,169		0,954	1
Permukiman	0,003	0,954		0,341
Komersial	0,535	1	0,341	

Pada tabel 6.8 menunjukkan hasil analisis bivariat lebih lanjut untuk Pulau Kalimantan. Analisis tersebut membuktikan bahwa lokasi pemantauan yang berbeda signifikan ialah transportasi dengan pemukiman.

**Tabel 6.9 Analisis Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> Antar Lokasi Pemantauan di Pulau Sulawesi**

Lokasi Pemantauan	P value			
	Transportasi	Industri	Permukiman	Komersial
Transportasi		0,01	0,048	0,011
Industri	0,01		1	1
Permukiman	0,048	1		1
Komersial	0,011	1	1	

Pada tabel 6.9 menunjukkan hasil analisis bivariat lebih lanjut untuk Pulau Sulawesi. Analisis tersebut membuktikan bahwa lokasi pemantauan yang berbeda signifikan adalah transportasi dengan industri, transportasi dengan permukiman, dan transportasi dengan komersial.

## 6.6 Analisis Risiko NO<sub>2</sub> Terhadap Kesehatan

Untuk mengetahui konsentrasi NO<sub>2</sub> udara ambien mempunyai risiko terhadap kesehatan atau tidak, maka dalam penelitian ini juga menggunakan metode studi risk assessment atau analisis risiko. Dalam metode ini dibutuhkan beberapa informasi dalam proses perhitungannya, diantaranya data mengenai agen pajanan, antropometri dan pola aktivitas. Namun, dikarenakan penelitian ini hanya mempunyai data agen pajanan maka hanya bisa mensimulasikan proses analisis risiko. Data antropometri dan pola aktivitas diasumsikan dari referensi-referensi yang ada dan kemudian diambil data yang dapat mewakili atau mendekati situasi yang sebenarnya dari keadaan populasi yang menjadi objek simulasi analisis risiko.

### 6.6.1 Konsentrasi Pajanan

Data konsentrasi NO<sub>2</sub> yang dijabarkan pada hasil ialah konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi di tiap lokasi pemantauan. Konsentrasi NO<sub>2</sub> yang digunakan diantaranya:

1. Lokasi transportasi di Jakarta Selatan dengan konsentrasi 0,10982 mg/m<sup>3</sup>,
2. Lokasi industri di Kabupaten Gresik dengan konsentrasi 0,07537 mg/m<sup>3</sup>,
3. Lokasi permukiman di Jakarta Timur dengan konsentrasi 0,06592 mg/m<sup>3</sup>
4. Lokasi permukiman komersial di Jakarta Selatan dengan konsentrasi 0,09712 mg/m<sup>3</sup>.

### 6.6.2 Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas

Karakteristik antropometri dan pola aktivitas responden meliputi berat badan, waktu pajanan harian, frekuensi pajanan dalam satu tahun dan durasi pajanan. Data antropometri dan pola aktivitas didapatkan dari studi literatur. Berikut merupakan data antropometri dan pola aktivitas yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Berat badan (Wb) yang digunakan ialah 55 kg karena merupakan berat orang dewasa asia (Nukman et al.,2005).
2. Lama pajanan harian (tE) yang digunakan ialah 8 jam untuk mewakili populasi ibu rumah tangga.
3. Frekuensi pajanan (fE) yang digunakan ialah 350 hari/tahun merupakan nilai default residensial menurut EPA (Kolluru et al.,1996).
4. Durasi pajanan (Dt) yang digunakan ialah 30 tahun untuk nilai default residensial menurut EPA (Kolluru et al.,1996).

### 6.6.3 Analisis Dosis Respon

Nilai besaran kuantitatif dosis-respons suatu risk agent dinyatakan dengan RfD (Reference Dose). Nilai RfC merupakan nilai acuan untuk dosis nonkarsinogenik untuk inhalasi. Nilai ini didapatkan berdasarkan perhitungan pembagian NOAEL dengan UF (*Uncertainty Factor*) dan MF (*Modifying Factor*). Pada penelitian ini tidak melakukan penghitungan dikarenakan nilai RfC untuk NO<sub>2</sub> karena telah ditetapkan oleh US-EPA sebesar 0,002 mg/kg/hari (Nukman et al., 2005). Nilai RfC ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung karakteristik risiko.

### 6.6.4 Analisis Pemajanan dan Perhitungan Intake NO<sub>2</sub>

Perhitungan intake NO<sub>2</sub> yang merupakan risk agent dilakukan dengan menggunakan rumus atau persamaan berikut :

$$I = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$$

Selain data konsentrasi NO<sub>2</sub> (C), perhitungan intake menggunakan informasi mengenai R (laju inhalasi), tE (lama pajanan), fE (frekuensi pajanan), Dt (lama pajanan (tahunan)), Wb (berat badan) dan tavg (periode waktu rata-rata).

Untuk nilai R digunakan 20 m<sup>3</sup> (Kolluru et al.,1996) dan dikonversi menjadi 0,83 m<sup>3</sup>/jam (Nukman et al.,2005). Pada simulasi analisis risiko ini, kelompok berisiko ditetapkan yaitu ibu rumah tangga dengan lama pajanan 8 jam. Nilai fE diambil dari nilai default US-EPA yaitu 350 hari/tahun untuk nilai default residensial (Kolluru et al.,1996). Dan nilai Dt juga diambil dari nilai default US-EPA yaitu 30 tahun untuk nilai default residensial (Kolluru et al.,1996). Untuk berat badan digunakan 55 kg yang merupakan rata-rata berat badan orang asia (Nukman et al.,2005). Berikut contoh perhitungannya dan untuk melihat hasil keseluruhannya dapat dilihat pada lampiran.

Intake lifetime NO<sub>2</sub> untuk Ibu Rumah Tangga di area transportasi :

$$= \frac{0,10982 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,83 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{8 \text{ jam}}{\text{hari}} \times 350 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{55 \text{ kg} \times 30 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari}} = 0,0127 \text{ mg/kg/hari}$$

**Tabel 6.10 Intake NO<sub>2</sub> 2 Kelompok Populasi di 4 Lokasi Pemantauan**

Lokasi	Konsentrasi NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Ibu Rumah Tangga
Transportasi	0,10982	0,0127
Industri	0,07537	0,0087
Permukiman	0,06592	0,0076
Komersial	0,09712	0,0112

### 6.6.5 Karakteristik Risiko

RQ dihitung sebelum menentukan manajemen risiko karena RQ menyatakan risiko potensial yang terjadi. Jika RQ > 1 maka kemungkinan risiko terjadi. Berikut contoh perhitungannya dan untuk melihat hasil keseluruhannya dapat dilihat pada lampiran.

$$RQ \text{ NO}_2 \text{ lifetime} = \frac{0,0127}{0,02} = 0,6357$$

**Tabel 6.11 RQ NO<sub>2</sub> Kelompok Ibu Rumah Tangga di 4 Lokasi Pemantauan**

Lokasi	Ibu Rumah Tangga
Transportasi	0,6357
Industri	0,4363
Permukiman	0,3816
Komersial	0,5621

### 6.6.6 Manajemen Risiko

Dari hasil perhitungan RQ, kelompok ibu rumah tangga tidak memiliki risiko. Manajemen risiko harus dilakukan ketika nilai  $RQ > 1$  tetapi untuk  $RQ < 1$  manajemen risiko dapat dilakukan untuk mengetahui batas aman intake konsentrasi. Manajemen risiko dilakukan dengan cara memanipulasi intake agar nilainya sama dengan RfC. Untuk mengetahui batas aman konsentrasi NO<sub>2</sub>, maka digunakan rumus berikut.

$$C_{\text{aman}} = \frac{W_b \times t_{\text{avg}} \times RfC}{R \times tE \times fE \times Dt}$$

Berikut perhitungannya :

$$C_{\text{NO}_2 \text{ aman}} = \frac{55 \times 10950 \times 0,02}{0,83 \times 8 \times 350 \times 30} = 0,173 \text{ mg/m}^3$$

## **BAB 7**

### **PEMBAHASAN**

#### **7.1. Keterbatasan Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan dalam pelaksanaannya. Beberapa keterbatasan yang dialami oleh peneliti, diantaranya ialah

1. Data konsentrasi NO<sub>2</sub> yang digunakan dalam penelitian ini hanya data pemantauan tahap 1 dan 2. Walaupun data tahap 1 dan 2 sudah dapat mewakili tetapi jika data konsentrasi tahap 3 disertakan akan dapat menggambarkan kualitas udara ambien yang lebih terwakili.
2. Data konsentrasi NO<sub>2</sub> tahap 1 dan 2 tidak lengkap. Sehingga tidak semua kota dan kabupaten di Indonesia dapat diketahui kualitas udaranya.
3. Pengambilan data konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan data jumlah kendaraan, industri dan rumah tangga tidak dilakukan pada waktu atau tahun yang sama, sehingga dapat menyebabkan risiko salah interpretasi data dalam hasil penelitian.
4. Tidak adanya data meteorologi dan topografi. Sehingga pengaruh meteorologi dan topografi tidak dapat dianalisis.
5. Data antropometri dan pola aktivitas yang digunakan untuk menganalisis risiko kesehatan bukan berdasarkan hasil survei di lapangan yang sebenarnya. Peneliti hanya mengambil data yang berasal dari referensi-referensi yang sudah ada atau menggunakan studi literatur. Sehingga kemungkinan salah dalam menentukan tingkat risiko menjadi lebih besar.

#### **7.2. Kualitas Udara Ambien**

Sumber pencemar NO<sub>2</sub> sebagian besar berasal dari kegiatan antropogenik. Sumber pencemar akibat kegiatan antropogenik dapat dibagi dalam pencemaran akibat aktivitas transportasi, industri, permukiman dan persampahan (Soedomo, 2001). Hampir sama dengan teori tersebut, pemantauan kualitas udara oleh Pusarpedal juga melakukan pengukuran

terhadap lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial. Dengan melakukan pemantauan kualitas udara terhadap keempat lokasi ini maka dapat diketahui lokasi yang mempunyai kualitas udara paling buruk akibat pencemar  $\text{NO}_2$ . Selain itu, data pemantauan yang telah dikumpulkan dapat digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap program pengendalian pencemaran udara di daerah tersebut dan juga dapat digunakan untuk memprediksi pencemaran udara yang akan terjadi.

Dalam penelitian ini, baku mutu udara ambien  $\text{NO}_2$  yang digunakan ialah  $100 \text{ ug/m}^3$ . Dari hasil pemantauan diketahui bahwa konsentrasi  $\text{NO}_2$  pada lokasi pemantauan transportasi di Jakarta Selatan dan Jakarta Barat telah melewati nilai tersebut. Hasil tersebut sedikit berbeda dengan hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Susanto dan Prayudi (2000) dan Nukman et al. (2005).

Dalam penelitian Susanto dan Prayudi (2000) dilakukan pengukuran  $\text{NO}_2$  dengan metode pasif di Jakarta dan sekitarnya yang menunjukkan konsentrasi  $\text{NO}_2$  di tempat-tempat tersebut masih berada di bawah baku mutu. Sedangkan dalam penelitian Nukman et al. (2005), dilakukan pengukuran terhadap 5 parameter pencemar udara ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , TSP,  $\text{PM}_{10}$ , Pb) di 9 kota besar (Medan, Palembang, Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Surabaya, Banjarmasin dan Makassar) dengan pengukuran dilakukan di area terminal, pusat niaga, permukiman dan stasiun KLH. Hasil pengukuran terhadap  $\text{NO}_2$  menunjukkan bahwa konsentrasi  $\text{NO}_2$  di 9 kota tersebut juga masih berada di bawah baku mutu.

Sedangkan dalam penelitian Sari dan Driejana (2009) di jalan raya kota Bandung juga menunjukkan hasil yang sama dengan pemantauan, bahwa konsentrasi  $\text{NO}_2$  masih berada di bawah baku mutu. Hasil pengukurannya berkisar antara  $27,6\text{-}56,3 \text{ ug/m}^3$  dengan menggunakan metode pasif. Namun hasil tersebut sedikit berbeda dengan hasil pemantauan ini yaitu pada lokasi transportasi di Bandung memiliki konsentrasi  $\text{NO}_2$  sebesar  $81,45 \text{ ug/m}^3$ . Hal ini mungkin disebabkan karena lokasi sampling yang berbeda sehingga memberikan hasil yang berbeda.

Dilihat dari hasil pemantauan, konsentrasi NO<sub>2</sub> di DKI Jakarta pada lokasi transportasi tegolong tinggi dan sudah ada yang melewati baku mutu. Jika dilakukan analisis, hal ini dapat disebabkan karena Jakarta merupakan ibukota negara yang menjadi pusat perekonomian dan pemerintahan, sehingga banyak aktivitas manusia yang dilakukan disana. Bukan hanya warga Jakarta saja tetapi juga warga pinggiran kota yang datang untuk bekerja. Dalam menunjang aktivitas tersebut, kebutuhan transportasi yang tinggi menjadi hal yang tak dapat dihindari.

DKI Jakarta diketahui memiliki luas wilayah yang paling kecil diantara provinsi lain tetapi memiliki jumlah kendaraan bermotor paling banyak di Indonesia. Dengan padatnya jumlah kendaraan bermotor dan tidak diimbangi dengan panjang ruas jalan sehingga menimbulkan kemacetan. Dari kemacetan tersebut dapat mengakibatkan pencemaran udara yang lebih besar akibat dari kendaraan bermotor. Di Jakarta Selatan sendiri yang biasanya menjadi titik kemacetan ialah kawasan Fatmawati, Cilandak dan Cipete. Sedangkan di Jakarta Barat, titik kemacetan ialah daerah Slipi, Semanggi, Tol Gatot Subroto, Mampang dan Pancoran (republika.co.id : Titik-titik Kemacetan di Jakarta Sepi, 2012).

Pada lokasi permukiman, konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi juga berada di Jakarta Timur. Menurut Soedomo (2001), tingginya konsentrasi NO<sub>2</sub> pada daerah permukiman dapat disebabkan karena proses pembakaran dalam keperluan pengolahan makanan dan juga pembakaran sampah. Seperti diketahui, Jakarta juga mempunyai masalah dengan pengelolaan sampah dikarenakan tidak ada lahan yang cukup untuk menampung sampah warganya sendiri. Sehingga sering terjadi pembakaran sampah di permukiman dan hal ini dapat menjadi salah satu alasan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi permukiman di Jakarta Timur menjadi tinggi.

Dalam hasil juga menyebutkan bahwa Kabupaten Gresik merupakan kabupaten yang memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi di area industri. Jika dilakukan analisis lebih lanjut, Kabupaten Gresik dikenal sebagai salah satu kawasan industri utama di Jawa Timur. Di Gresik sendiri sekarang sudah berdiri sedikitnya 1.432 industri besar dan kecil

(gresik.co : Perkembangan Gresik Sebagai Kota Industri Semakin Menggeliat, 2012). Beberapa industri yang berada disana antara lain Semen Gresik, Petrokimia Gresik, Nippon Paint, industri perkayuan dan Maspion. Selain itu, di Gresik juga terdapat sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap. Dengan demikian, hal-hal tersebut mungkin menjadi alasan Kabupaten Gresik memiliki konsentrasi  $\text{NO}_2$  tertinggi untuk area industri.

Untuk area komersial, Jakarta Selatan dan Kota Cilegon merupakan kota yang memiliki nilai konsentrasi  $\text{NO}_2$  tertinggi. Faktor-faktor yang bisa mendukung hal tersebut bisa dikarenakan Jakarta Selatan diketahui banyak terdapat tempat perkantoran dan komersial. Sehingga banyak aktivitas kendaraan bermotor, terbukti dari Jakarta Selatan memiliki konsentrasi  $\text{NO}_2$  tertinggi di lokasi transportasi. Dan di Kota Cilegon sebagian besar penduduk bekerja di bidang perdagangan, hotel dan restoran (BPS, 2011). Seperti yang telah disebutkan, aktivitas perdagangan identik dengan padatnya arus lalu lintas kendaraan bermotor. Ditambah lagi, kota Cilegon merupakan pintu gerbang masuk keluarnya pulau Jawa dan juga merupakan pusat industri di Banten. Dengan demikian, banyak terjadi aktivitas manusia di kota tersebut yang pasti disertai dengan ramainya arus transportasi.

Analisis juga dilakukan untuk provinsi yang memiliki nilai rata-rata (mean) konsentrasi  $\text{NO}_2$  tertinggi. Nilai rata-rata konsentrasi tertinggi untuk area transportasi, industri, permukiman dan komersial diketahui seluruhnya berada di DKI Jakarta. DKI Jakarta, selain memiliki jumlah kendaraan terbanyak dan kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia, juga memiliki jumlah industri pengolahan besar dan sedang yang cukup banyak yaitu 1699 perusahaan. Sehingga dapat dikatakan, Jakarta merupakan provinsi dengan padat industri. Hal ini dapat menjadi alasan DKI Jakarta memiliki rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_2$  tertinggi untuk lokasi industri. Sedangkan tingginya rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_2$  pada lokasi permukiman di Jakarta dapat disebabkan akibat pembakaran sampah yang sering dilakukan masyarakat.

Dengan demikian, program penanggulangan pencemaran udara untuk wilayah Jakarta dirasa perlu diutamakan. Hal ini perlu dilakukan karena pencemaran udara yang tinggi akan menimbulkan masalah kesehatan. Masalah kesehatan tentunya akan memberikan beban tambahan terhadap masyarakat dan juga pemerintah. Dari hasil penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan pencemaran udara, ternyata pencemaran udara telah terbukti memberikan pengaruh terhadap gangguan kesehatan. Menurut Wardani (2003), ISPA merupakan penyakit dominan yang diderita masyarakat yang tinggal di permukiman kawasan industri Kota Cilegon.

Namun dari semua analisis yang dilakukan, peneliti hanya memaparkan serta mengaitkan tingkat konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan sumber pencemarnya saja. Penting diketahui bahwa banyak faktor yang mempengaruhi tingkat pencemaran udara, diantaranya faktor meteorologi dan topografi. Seperti yang diungkapkan oleh Soedomo (2001), perubahan-perubahan dalam parameter-parameter meteorologi akan membawa pengaruh besar dalam penyebaran dan difusi pencemar udara yang diemisikan. Topografi juga mempunyai potensi yang besar dalam mempengaruhi kualitas udara di Indonesia, sebagai contoh kasus pencemaran udara yang terjadi di wilayah Bandung. Untuk itu pendataan lengkap mengenai faktor meteorologi dan topografi dalam program pemantauan kualitas udara ini penting untuk dilakukan. Hal ini terkait jika tidak terjadi kesesuaian antara data mengenai konsentrasi pencemar dengan data sumber pencemar yang ada di suatu wilayah maka dapat dianalisis dengan kedua faktor tersebut..

Kegiatan pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh Pusarpedal dalam penelitian ini merupakan kegiatan pemantauan udara pada lokasi sumber pencemar. Dengan dilakukannya kegiatan ini, dapat diketahui seberapa besar pencemaran yang terjadi jika dikaitkan dengan besar intensitas kegiatan sumber pencemar. Namun, adanya kesalahan dalam pelaksanaan mungkin saja dapat terjadi, misalnya kesalahan dalam sampling dan analisis laboratorium. Sehingga untuk menghindari

kesalahan tersebut diperlukan orang yang memiliki kemampuan yang ahli dibidangnya. Dengan demikian, data yang dihasilkan pun akan akurat.

Sampling NO<sub>2</sub> dilakukan pada 450 kota dan kabupaten di Indonesia dengan menggunakan metode pasif. Dengan wilayah pemantauan yang banyak dan tidak diawasi secara langsung maka kemungkinan besar banyak terjadi kesalahan dalam proses sampling yang tidak diketahui. Hal ini juga dapat mempengaruhi hasil konsentrasi NO<sub>2</sub> yang didapat sehingga data bisa saja menjadi tidak akurat. Sehingga sosialisasi yang jelas mengenai metode, cara pelaksanaan dan pentingnya hasil pemantauan perlu dilakukan untuk meminimalisir kesalahan-kesalahan tersebut.

### **7.3. Perbandingan Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Lokasi Transportasi dengan Jumlah Kendaraan**

Telah banyak diketahui bahwa sektor transportasi merupakan sumber pencemar yang memberikan kontribusi paling besar terhadap pencemaran udara. Pencemaran udara yang terjadi di perkotaan 70% diakibatkan oleh kendaraan bermotor (Kusminingrum dan Gunawan, 2008). Hal tersebut juga terlihat dalam hasil pemantauan ini, nilai tertinggi rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> sebagian besar berada di area transportasi. Dari grafik 6.1 terlihat pola grafik antara rata-rata konsentrasi dengan jumlah kendaraan bermotor cenderung sama yaitu rata-rata konsentrasi yang tinggi disertai dengan jumlah kendaraan yang banyak.

Perbedaan pola grafik terjadi antara Banten dengan Lampung. Hal ini dapat disebabkan karena aktivitas penduduk yang terjadi di daerah tersebut. Menurut Badan Pusat Statistik (2011), diketahui penduduk Banten sebagian besar bekerja di sektor pertanian, perdagangan dan juga industri yang pasti akan sering menggunakan alat transportasi untuk menunjang kegiatan-kegiatan tersebut. Kemungkinan hal ini dipengaruhi oleh faktor jumlah industri di Banten yang lebih banyak dari Lampung sehingga ramainya aktivitas kendaraan bermotor yang bukan berasal dari Banten mempengaruhi tingginya konsentrasi NO<sub>2</sub> di sana. Dan ditambah

lagi Banten merupakan pintu masuk keluarnya pulau Jawa. Selain itu, diketahui tidak semua kota atau kabupaten di Banten melaksanakan pengukuran  $\text{NO}_2$ . Sehingga rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_2$  menjadi terlihat lebih tinggi karena pengukuran hanya dilakukan pada kota atau kabupaten yang merupakan daerah industri.

Hal berbeda juga terjadi di Jawa Tengah yang memiliki jumlah kendaraan yang lebih banyak dibandingkan dengan Jawa Barat tetapi memiliki rata-rata konsentrasi yang lebih rendah. Keadaan ini dapat terjadi akibat pola aktivitas penduduk di Jawa Barat yang mungkin memerlukan mobilisasi yang tinggi dibandingkan dengan Jawa Tengah sehingga alat transportasi semakin sering digunakan. Terlihat dari jumlah industri di Jawa Barat lebih banyak dibandingkan dengan Jawa Tengah.

Sedangkan untuk DKI Jakarta dengan Jawa Timur yang memiliki jumlah kendaraan bermotor yang hampir sama tetapi konsentrasi berbeda, kemungkinan disebabkan karena luas wilayah DKI Jakarta yang lebih kecil. Sehingga di Jakarta sering terjadi kemacetan kendaraan bermotor yang akan menghasilkan beban pencemaran udara yang lebih besar.

#### **7.4. Perbandingan Konsentrasi $\text{NO}_2$ di Lokasi Industri dengan Jumlah Industri**

Dari hasil yang telah dipaparkan, terdapat pola kecenderungan yang sama antara rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_2$  dengan jumlah industri. Hal ini membuktikan bahwa intensitas industri yang tinggi berpengaruh terhadap tingginya konsentrasi  $\text{NO}_2$ . Sama halnya dengan hasil penelitian Sivacoumare et al. (2000) yang menunjukkan peningkatan level pencemaran udara di India terjadi akibat padatnya aktivitas industri. Hal ini dapat terjadi akibat banyaknya emisi yang dihasilkan dari proses penggunaan bahan bakar di industri tersebut.

Berdasarkan hasil grafik 6.2, hal yang berbeda terjadi di Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur yang memiliki jumlah industri lebih banyak tetapi memiliki rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_2$  jauh lebih rendah dibandingkan DKI Jakarta. Hal ini dapat disebabkan karena wilayah

Jakarta yang sempit, tetapi memiliki industri yang padat sehingga dapat menghasilkan rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang lebih tinggi di udara dibandingkan dengan wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur yang memiliki jumlah industri yang banyak tetapi dikarenakan wilayahnya yang luas, industri menjadi tersebar.

Kemungkinan lain yang dapat menyebabkan konsentrasi berbeda ialah akibat perbedaan proses industri dan banyaknya penggunaan bahan bakar pada industri di wilayah tersebut. Dalam penelitian Cole et al. (2004) menunjukkan bahwa banyaknya polusi udara berhubungan positif dengan penggunaan energi. Dan menurut Soedomo (2001), emisi pencemaran industri sangat tergantung dari jenis industri dan prosesnya, serta perlu diperhitungkan pencemaran udara dari peralatan yang digunakannya.

Sehingga untuk mengetahui jenis dan jumlah emisi yang dihasilkan dari suatu industri dapat diketahui dengan penggunaan jenis dan banyaknya bahan bakar yang digunakan. Untuk itu, diperlukan adanya pendataan yang lebih rinci dan lengkap oleh Dinas Perindustrian untuk penggunaan bahan bakar di industri. Hal ini bermanfaat terkait dengan strategi dalam penanggulangan pencemaran udara.

Dan menurut Susanto (2004), emisi  $\text{NO}_x$  dari hasil pembakaran tidak tergantung pada kualitas bahan baku yang digunakan, tetapi tergantung pada tinggi rendahnya temperatur pembakaran. Hal ini disebabkan karena pada suhu tinggi nitrogen dan oksigen di udara akan bereaksi sangat cepat yang menghasilkan  $\text{NO}$ . Oleh karena itu, perlu pendataan mengenai jenis-jenis industri agar dapat diketahui mengenai proses industri tersebut apakah menggunakan proses pembakaran dengan suhu tinggi atau tidak. Dengan demikian, dapat diperkirakan industri yang berkontribusi paling besar dalam pencemaran  $\text{NO}_2$ .

### **7.5. Perbandingan Konsentrasi NO<sub>2</sub> di Lokasi Permukiman dengan Jumlah Rumah Tangga**

Dengan pesatnya pengembangan daerah perkotaan, banyak permukiman yang dibangun demi memenuhi kebutuhan masyarakat. Keberadaan permukiman seharusnya berada jauh dari daerah industri atau bebas polusi (Cai et al. (1987) dalam Hong et al. (1998)). Namun saat ini, permukiman termasuk menjadi salah satu sumber pencemar. Aktivitas rumah tangga akibat pembakaran untuk pengolahan makanan maupun sampah yang menjadi alasan permukiman menjadi salah satu sumber pencemar (Soedomo, 2001).

Dari hasil yang dipaparkan, permukiman dalam penelitian ini diwakili oleh rumah tangga disebabkan keterbatasan data mengenai jumlah permukiman. Dari grafik 6.3 dapat disimpulkan tingginya rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh banyaknya jumlah rumah tangga yang ada di provinsi tersebut. Namun, perbedaan terjadi di Sumatera Selatan dengan Lampung dan Sumatera Utara yang mungkin disebabkan kebiasaan membakar sampah oleh masyarakat di permukiman.

Sama halnya DKI Jakarta yang memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur tetapi memiliki jumlah rumah tangga yang jauh lebih sedikit dengan ketiga provinsi tersebut. Peneliti berpendapat bahwa DKI Jakarta memiliki luas wilayah yang sempit dibandingkan dengan ketiga provinsi tersebut sehingga pengelolaan sampah menjadi salah satu masalah di DKI Jakarta. Keterbatasan kemampuan pengelolaan sampah oleh Dinas Kebersihan dapat menjadi salah satu alasan bagi penduduk DKI Jakarta mengolah sendiri sampahnya dengan cara membakar di tempat sampah masing-masing. Namun, perlu dilakukan survei langsung mengenai aktivitas pembakaran sampah, apakah benar perbedaan rata-rata konsentrasi diakibatkan oleh aktivitas tersebut.

## 7.6. Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> Diantara Lokasi Sumber Pencemar

Hasil data pemantauan di setiap daerah dapat dimanfaatkan untuk memberikan informasi mengenai besarnya emisi yang dihasilkan dari lokasi sumber pencemar dan memberikan gambaran tentang kualitas udara di daerah tersebut. Dari tabel 6.6 diharapkan menjadi informasi mengenai sumber pencemar yang memiliki peran paling besar terhadap pencemaran udara yang terjadi di setiap pulau di Indonesia.

Dari hasil analisis bivariat yang telah dilakukan di Pulau Jawa, perbedaan yang signifikan terjadi antara lokasi transportasi dengan permukiman, transportasi dengan permukiman dan transportasi dengan komersial. Dapat dikatakan transportasi memiliki nilai rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi industri, permukiman dan komersial. Selain itu, antara lokasi industri dengan permukiman juga terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi yang signifikan. Jika diurutkan berdasarkan p-value maka kontribusi NO<sub>2</sub> di Pulau Jawa lebih besar dipengaruhi oleh sumber pencemar yang berasal dari transportasi, industri, komersial dan terakhir permukiman. Hal ini dapat terjadi karena jumlah kendaraan bermotor dan industri paling banyak terdapat di Pulau Jawa.

Kemudian untuk Pulau Kalimantan, perbedaan yang signifikan hanya terjadi antara lokasi transportasi dengan permukiman. Jika diurutkan berdasarkan p-value maka kontribusi NO<sub>2</sub> di Pulau Kalimantan lebih besar dipengaruhi oleh sumber pencemar yang berasal dari transportasi, industri, komersial dan terakhir permukiman.

Sedangkan untuk Pulau Sulawesi, perbedaan yang signifikan terjadi antara lokasi transportasi dengan industri, transportasi dengan permukiman dan transportasi dengan komersial. Jika diurutkan berdasarkan p-value maka kontribusi NO<sub>2</sub> di Pulau Sulawesi lebih besar dipengaruhi oleh sumber pencemar yang berasal dari transportasi, permukiman, komersial dan industri. Industri menjadi yang terakhir dapat

disebabkan karena industri di Sulawesi tergolong masih sedikit dibandingkan pulau lain.

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan pengendalian emisi NO<sub>2</sub> di Pulau Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi dapat lebih difokuskan untuk lokasi transportasi dan industri. Sedangkan untuk Pulau Sulawesi, pengendalian pencemaran udara lebih difokuskan untuk area transportasi dan permukiman.

## **7.7. Analisis Risiko NO<sub>2</sub> Terhadap Kesehatan**

### **7.7.1. Konsentrasi NO<sub>2</sub>**

Dari hasil pengukuran NO<sub>2</sub> di kota dan kabupaten di Indonesia, hanya di Jakarta Selatan dan Jakarta Barat yang memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> yang berada di atas nilai baku mutu. Namun, analisis risiko terhadap NO<sub>2</sub> tetap dilakukan untuk semua lokasi pemantauan agar dapat mengetahui konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien saat ini dapatkah menimbulkan risiko atau tidak untuk ke depannya walaupun masih berada di bawah baku mutu. Pada bab hasil, konsentrasi NO<sub>2</sub> yang digunakan ialah konsentrasi tertinggi di tiap lokasi pemantauan. Hal ini dilakukan karena jika konsentrasi tertinggi tidak memiliki risiko maka konsentrasi dibawahnya pun tidak memiliki risiko.

### **7.7.2. Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas**

Data antropometri dan pola aktivitas merupakan data yang diasumsikan dari beberapa referensi. Hal ini disebabkan peneliti tidak melakukan survei langsung untuk mendapatkan data tersebut. Tetapi data yang digunakan ialah data yang sesuai atau hampir sama dengan kondisi atau karakteristik penduduk Indonesia.

Untuk data berat badan digunakan berat 55 kg. Dalam penelitian Nukman et al. (2005) dijelaskan bahwa berat tersebut merupakan angka berat badan yang dipakai oleh IRIS untuk menetapkan RfC atau RfD yang nilai NOAEL atau LOAEL-nya berasal dari studi-studi epidemiologi di kawasan asia. Dalam penelitiannya yang dilakukan di 5 kawasan 9 kota di

Indonesia, dilakukan pengukuran berat badan terhadap 1378 responden IRT, PKL dan pegawai yang mendapatkan nilai median 55 kg. Oleh karena itu, berat badan 55 kg dapat dianggap sebagai berat badan standar orang Indonesia dewasa normal.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nukman et al. (2005) yang membagi populasi berisiko ke dalam 3 kelompok yaitu ibu rumah tangga mewakili pajanan 24 jam/hari dan pedagang kaki lima mewakili pajanan 12 jam/hari dan pegawai yang mewakili 8 jam/hari. Tetapi dalam penelitian ini, populasi berisiko ditetapkan hanya ibu rumah tangga saja. Hal ini dikarenakan ibu rumah tangga biasanya selalu berada di sekitar tempat tinggal sehingga besarnya pajanan konsentrasi NO<sub>2</sub> pun selalu sama. Untuk lama pajanan harian (tE), diasumsikan 8 jam untuk populasi ibu rumah tangga. Hal ini dikarenakan konsentrasi NO<sub>2</sub> yang terukur merupakan konsentrasi di udara ambien di luar ruangan. Sedangkan ibu rumah tangga tidak 24 jam berada di luar rumah sehingga diasumsikan ibu rumah tangga selama 8 jam berada di luar ruangan.

Untuk frekuensi pajanan (fE), digunakan nilai default yang bersumber dari EPA yaitu 350 hari/tahun (Kolluru et al., 1996). Dalam penelitian Nukman et al. (2005) menemukan bahwa semua segmen populasi berisiko pada semua latar tempat mukim mempunyai frekuensi pajanan 350 hari/tahun. Oleh karena itu, 350 hari/tahun juga bisa digunakan sebagai nilai default nasional. Untuk durasi pajanan (Dt) juga menggunakan nilai default residensial yang bersumber dari EPA yaitu 30 tahun untuk pajanan lifetime (Kolluru et al., 1996).

### **7.7.3. Karakteristik Risiko**

Berdasarkan hasil perhitungan intake dan RQ dapat disimpulkan dari keempat nilai konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi pada setiap lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial tidak memiliki risiko kesehatan terhadap kelompok ibu rumah tangga. Dengan demikian, manajemen risiko tidak perlu dilakukan. Namun, karena estimasi ini diasumsikan pada data yang bersumber dari referensi yang ada, mungkin

menghasilkan estimasi yang kurang tepat. Seharusnya perlu dilakukan survei ke lapangan untuk mendapatkan data antropometri dan pola aktivitas yang sesungguhnya agar pengestimasi menjadi lebih tepat.

Seharusnya dengan metode analisis risiko ini, penentuan dan penyesuaian baku mutu udara dapat dilakukan sesuai dengan karakteristik setiap daerah di Indonesia. Namun, seperti yang dijelaskan dalam penelitian Nukman et al. (2005) badan legislasi maupun regulasi belum menetapkan nilai default ukuran-ukuran antropometri orang Indonesia, sehingga masih perlu dilakukan kajian kembali.



## BAB 8

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 8.1. Kesimpulan

Kualitas udara ambien di 142 kota dan kabupaten di Indonesia menurut parameter NO<sub>2</sub> tahun 2011, hampir semua berada di bawah nilai baku mutu udara ambien. Namun, konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi pemantauan transportasi di Jakarta Selatan dan Jakarta Barat menunjukkan sudah melewati nilai baku mutu yaitu sebesar 109,82 ug/m<sup>3</sup> dan 106,77 ug/m<sup>3</sup>.

Menurut hasil pemantauan NO<sub>2</sub> tahun 2011, nilai konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi pada lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial di Indonesia berada di Jakarta Selatan, Kabupaten Gresik, Jakarta Timur dan Jakarta Selatan. Selain itu, DKI Jakarta merupakan provinsi yang memiliki rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi pada lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial.

Berdasarkan grafik, perbandingan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah kendaraan bermotor, industri dan rumah tangga memiliki kecenderungan berbanding lurus. Menurut hasil analisis perbedaan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub>, Pulau Jawa, Kalimantan dan Sulawesi memiliki perbedaan signifikan. Dari ketiga pulau tersebut diketahui lokasi transportasi yang memiliki rata-rata konsentrasi tertinggi diantara ketiga lokasi pemantauan lain.

Berdasarkan hasil simulasi analisis risiko, pada lokasi transportasi, industri, permukiman dan komersial yang memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi dapat disimpulkan bahwa kelompok ibu rumah tangga tidak memiliki risiko akibat NO<sub>2</sub> di udara. Selain itu, perhitungan manajemen risiko menghasilkan batas konsentrasi NO<sub>2</sub> aman yang dapat dihirup sebesar 0,173 mg/m<sup>3</sup>.

## 8.2. Saran

### 1. Untuk Pusarpedal

- a. Melakukan evaluasi terhadap pemasangan alat pasif sampler apakah dapat diterapkan pada semua wilayah program pemantauan jika dilihat dari kondisi lingkungan wilayah tersebut. Jika tidak dapat diterapkan maka mencari lagi titik pemantauan yang sesuai.
- b. Dapat memberikan pelatihan dan sosialisasi yang lebih jelas kepada badan lingkungan hidup daerah mengenai cara pemasangan alat pasif sampler di tempat yang tepat agar hasil pengukuran parameter pencemar benar dan akurat. Dapat dilakukan dengan cara melakukan simulasi/praktek pemasangan alat pada lokasi pemantauan yang sebenarnya.
- c. Melakukan kerjasama dengan badan lingkungan hidup daerah dalam pencatatan kondisi meteorologi pada saat kegiatan sampling berlangsung dan ketersediaan data topografi pada setiap wilayah program pemantauan kualitas udara.

### 2. Untuk Badan Pusat Statistik

- a. Perlunya kerjasama dengan Dinas Perhubungan, Dinas Kepolisian, dan Dinas Perindustrian mengenai kelengkapan data jumlah kendaraan, industri, dan rumah tangga pada tingkat kota atau kabupaten agar dapat dilakukan analisis lebih rinci terhadap pencemaran udara di tingkat kota atau kabupaten.
- b. Perlunya kerjasama dengan Dinas Perindustrian mengenai pendataan tentang jumlah bahan bakar yang digunakan oleh industri pada tingkat kota atau kabupaten agar dapat dianalisis banyaknya pencemar yang akan diemisikan oleh industri ke udara.

### 3. Untuk Pihak Lain

- a. Untuk Dinas Tata Ruang dan Pemukiman, perlu banyak dibangunnya ruang terbuka hijau di tengah kota dengan tanaman-tanaman yang memiliki kemampuan mengurangi polusi udara.

Serta menghimbau masyarakat untuk menanam tanaman pada halaman rumah dan tidak membakar sampah di lokasi permukiman.

- b. Untuk Dinas Perhubungan, perlu meningkatkan mutu pelayanan angkutan umum agar masyarakat dengan senang hati memilih menggunakan angkutan umum dibandingkan kendaraan pribadi. Serta menghimbau masyarakat untuk menggunakan sepeda daripada kendaraan bermotor saat bepergian ke tempat yang tidak terlalu jauh.
- c. Untuk Dinas Pekerjaan Umum, perlu memperbaiki sarana jalan yang rusak, agar tidak timbul kemacetan yang lebih parah dan membangun jalan-jalan alternatif yang dapat menyingkat waktu perjalanan.
- d. Untuk Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, perlu menghimbau masyarakat agar menggunakan bahan bakar gas untuk kendaraannya karena penggunaan BBG dapat mengurangi pencemaran udara akibat BBM.
- e. Untuk Dinas Perpajakan, agar menaikkan pajak kendaraan bermotor sehingga masyarakat lebih memilih untuk tidak membeli kendaraan.

#### **4. Peneliti Lain**

- a. Agar melakukan studi atau penelitian yang lebih spesifik terhadap kota atau kabupaten yang memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> yang dianggap tinggi apakah terbukti telah menimbulkan gangguan kesehatan jika dilihat dari jumlah penyakit yang kira-kira disebabkan oleh pencemaran udara di wilayah tersebut. Kemudian dibandingkan dengan jumlah penyakit di daerah yang memiliki konsentrasi NO<sub>2</sub> rendah.

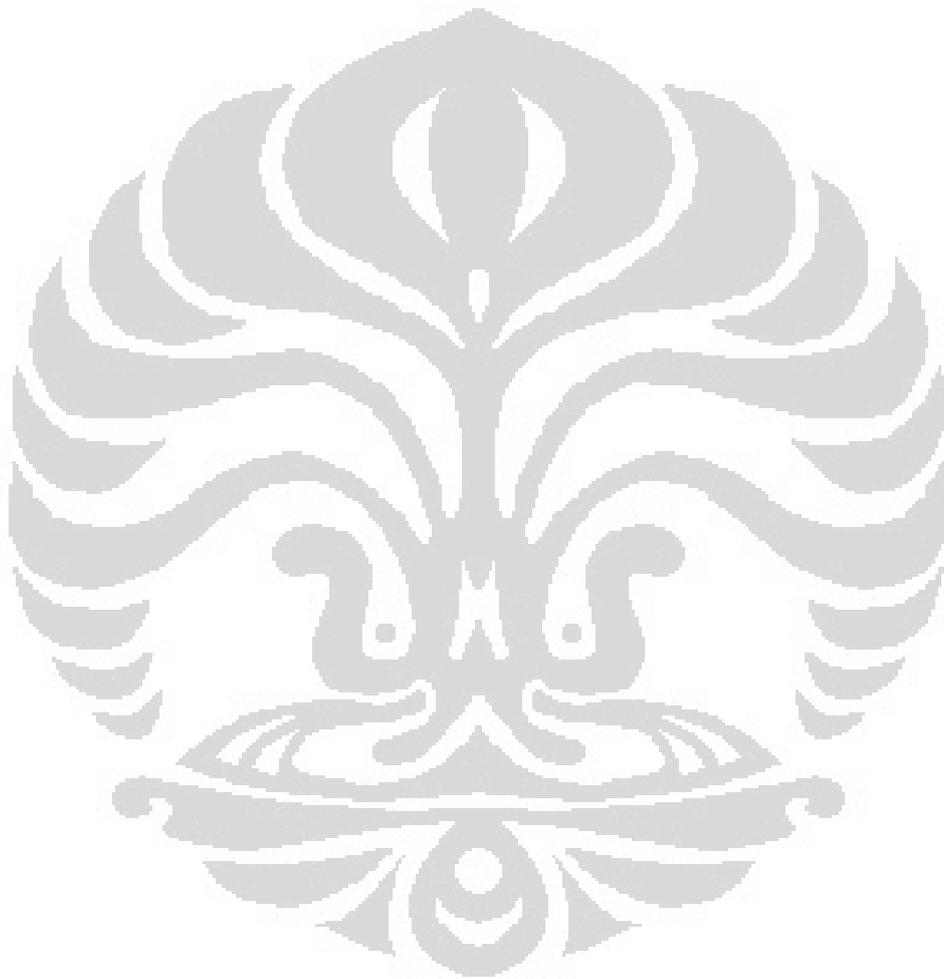
## DAFTAR PUSTAKA

- Agency For Toxic Substances And Disease Registry. (2002). *Nitrogen Oxide (nitric oxide, nitrogen dioxide, etc)*. (diakses 26 Februari 2012).
- Aidila, Tahta. (2012). Titik-titik Kemacetan di Jakarta Sepi. (diakses 15 Juni 2012 pada [www.republika.co.id](http://www.republika.co.id)).
- Anonim. (2012). Perkembangan Gresik Sebagai Kota Industri Semakin Menggeliat. (diakses 15 Juni 2012 pada [www.gresik.co](http://www.gresik.co)).
- Badan Pusat Statistik . (2011). Statistik Transportasi.
- Badan Pusat Statistik. (2011). Statistik Indonesia.
- BPLHD Jakarta. (2010). *Status lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta 2010*.
- CAI-Asia Center. (2010). *Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>): Status and Trends in Asia. CAI-Asia Factsheet*. (diunduh 30 Maret 2012 pada [cleanairinitiative.org](http://cleanairinitiative.org))
- Chauhan, A.J., Inskip, H.M., Linaker, C.H., Smith, S., Schreiber, J., Johnston, S.L., Holtage, S.T. (2003). Personal Exposure to Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) and Severity of virus Induced Asthma in Children. *Lancet*, 1939-1944. (diunduh 30 Maret 2012 pada [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)).
- Clark, N.A., Demers, P.A., Karr, C.J., Koehoorn, M., Lencar, C., Tamburic, L., Brauer M.. (2009). Effect of Early Life Exposure to Air Pollution on Development of Childhood Asthma. *Environmental Health Perspectives*. (diunduh pada 30 Maret 2012)
- Cole, M.A., Elliott, R.J.R., Shimamoto, K. (2004). Industrial Characteristics, Environmental Regulations and Air Pollution: an Analysis of the UK Manufacturing Sector. *University of Brimingham. Journal of Environmental Economics and Management*, 121-143.
- Departemen Kesehatan RI. (2004). *Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- Fardiaz, Sriyadi. (1992). *Polusi Air Dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Peterson, J. S. (2012). *Nitrous Dioxide Toxicity*. Stanford University School of Medicine. (diakses 30 Maret 2012 pada [emedicine.medscape.com](http://emedicine.medscape.com))

- Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI. (2007). *Memprakirakan Dampak Lingkungan: Kualitas Udara*. Jakarta: Author.
- Kemp, D. D. (1994). *Global Environmental Issues: A Climatological Approach*. London: Routledge.
- Kolluru, V. R. (1996). *Risk Assessment and Management Handbook*. New York: McGrawhill inc.
- Kusminingrum N. dan Gunawan G. (2008). *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa Dan Bali*. Bandung: Puslitbang.
- Louvar F.L. and Louvar B.D. (1998). *Health and Environmental Risk Analysis: Fundamental with Application Volume 2*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- MassDEP (Massachusetts Department of Environmental Protection). (2012). *Nitrogen Dioxide*. (diunduh pada 30 Maret 2012 pada [www.mass.gov](http://www.mass.gov))
- McGranahan, G. and Murray, F. (2003). *Air Pollution & Health In Rapidly Developing Countries*. London: Earthscan Publication.
- Ministry of Environment New Zealand. (2009). *Nitrogen Dioxide*. (diakses pada 30 Maret 2012 pada [www.mfe.govt.nz](http://www.mfe.govt.nz))
- Mulia, Ricki. (2005). *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Parwata, I W. (2004). *Dinamika Permukiman Perdesaan Pada Masyarakat Bali*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi RI.
- Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Pusarpedal. (2011). *Standar Operasional Prosedur (SOP) Pelaksanaan Pemantauan NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> di Udara Ambien Dengan Metode Pasif*. Tangerang:Kementrian Lingkungan Hidup RI.
- Rahman, A., Hartono, B., Adi, H. K., Hermawati, E. & Setiakarnawijaya, Y.. (2004). *Analisis Kualitas Lingkungan, Modul KML22420, ed 5*. Depok: Laboratorium Kesehatan Lingkungan.
- Sari P.T & Driejana. (2009). *Konsentrasi Oksida Nitrogen (NO<sub>x</sub>) Tepi Jalan (Roadside Concentration) di Kota Bandung*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB. (diunduh 15 April 2012 pada [www.ftsl.itb.ac.id](http://www.ftsl.itb.ac.id))

- Sivacoumar, R., Bhanarkar, A.D., Goyal, S.K., Gadkari, S.K., Aggarwal, A.L.. (2000). Air Pollution Modelling for an Industrial Complex and Model Performance Evaluation. *Environmental Pollution*, 471-477. National Environmental Research Institute
- Slamet, J.S. (1994). *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Gajah Mada University Press.
- Soedomo, Moestikahadi. (2003). *Kumpulan Karya Ilmiah: Pencemaran Udara*. Bandung: ITB Press.
- Suparwoko & Firdauz, Feris. (2007). *Profil Pencemaran Udara Kawasan Perkotaan Yogyakarta: Studi Kasus di Kawasan Malioboro, Kridosono dan UGM Yogyakarta*. Yogyakarta: Logika, vol 4 No 2 Juli 2007.
- Susanto, Joko Prayitno. (2004). Pemanfaatan Passive Sampler Untuk Monitoring Kualitas NO<sub>2</sub> Dalam Udara Ambien di Beberapa Lokasi di Indonesia. P3TL-BPPT. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 75-81.
- Susanto, JP dan Prayudi, T. (2000). Penerapan Metode Passive Sampler Untuk Analisa NO<sub>2</sub> Udara Ambien di Beberapa Lokasi di Jakarta dan Sekitarnya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 227-232.
- Tugaswati, AT. (1987). *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. (diunduh 24 Februari 2012 pada [www.kpbb.org](http://www.kpbb.org))
- US-EPA. (2012). *An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ) Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>)*. (diakses 15 April 2012 pada [www.epa.gov](http://www.epa.gov))
- US-EPA. (2012). *Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>)*. (diakses 14 April 2012 pada [www.epa.gov](http://www.epa.gov))
- Wardani, Wahyu. (2003). *Pola Persebaran Kualitas Udara Ambient Kawasan Permukiman di Sekitar Industri Cilegon Sebagai Acuan Ruang Terbuka Hijau di Kota Cilegon*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Wardhana, Wisnu Arya. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- WHO. (2009). *Global Health Risk: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks*. (diunduh 14 April 2012 pada [www.who.int](http://www.who.int)).

WHO. (2012). *Outdoor Air Pollution*. (diunduh 24 Februari 2012 pada [www.who.int](http://www.who.int)).



**Lampiran 1 : Tabel Analisis Bivariat  
Pulau Jawa**

**Oneway**

**Descriptives**

KonsentrasiNO2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
transportasi	56	1.6796	.20302	.02713	1.6253	1.7340	1.23	2.04
industri	56	1.5064	.23416	.03129	1.4437	1.5691	.92	1.88
permukiman	56	1.3856	.21098	.02819	1.3291	1.4421	.83	1.82
komersial	56	1.4692	.24588	.03286	1.4033	1.5350	.75	1.99
Total	224	1.5102	.24721	.01652	1.4777	1.5428	.75	2.04

### Test of Homogeneity of Variances

KonsentrasiNO2

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.627	3	220	.598

### ANOVA

KonsentrasiNO2	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.572	3	.857	17.059	.000
Within Groups	11.056	220	.050		
Total	13.628	223			

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

KonsentrasiNO2

Bonferroni

(I) sumber pencemar	(J) sumber pencemar	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
transportasi	industri	.17319*	.04236	.000	.0604	.2860
	permukiman	.29403*	.04236	.000	.1812	.4068
	komersial	.21042*	.04236	.000	.0976	.3232
industri	transportasi	-.17319*	.04236	.000	-.2860	-.0604
	permukiman	.12084*	.04236	.029	.0080	.2336
	komersial	.03723	.04236	1.000	-.0756	.1500
permukiman	transportasi	-.29403*	.04236	.000	-.4068	-.1812
	industri	-.12084*	.04236	.029	-.2336	-.0080
	komersial	-.08361	.04236	.298	-.1964	.0292
komersial	transportasi	-.21042*	.04236	.000	-.3232	-.0976
	industri	-.03723	.04236	1.000	-.1500	.0756
	permukiman	.08361	.04236	.298	-.0292	.1964

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Pulau Kalimantan

### Oneway

#### Descriptives

KonsentrasiNO2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
transportasi	18	1.3830	.19420	.04577	1.2864	1.4796	.96	1.64
industri	17	1.1948	.26064	.06322	1.0608	1.3288	.68	1.71
permukiman	17	1.0737	.27773	.06736	.9309	1.2165	.46	1.56
komersial	17	1.2384	.25354	.06149	1.1081	1.3688	.74	1.74
Total	69	1.2248	.26701	.03214	1.1606	1.2889	.46	1.74

### Test of Homogeneity of Variances

KonsentrasiNO2

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.517	3	65	.672

### ANOVA

KonsentrasiNO2	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.857	3	.286	4.655	.005
Within Groups	3.991	65	.061		
Total	4.848	68			

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

KonsentrasiNO2

Bonferroni

(I) sumber pencemar	(J) sumber pencemar	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
transportasi	industri	.18823	.08380	.169	-.0398	.4163
	permukiman	.30934*	.08380	.003	.0813	.5374
	komersial	.14459	.08380	.535	-.0835	.3726
industri	transportasi	-.18823	.08380	.169	-.4163	.0398
	permukiman	-.12111	.08499	.954	-.1102	.3524
	komersial	-.04364	.08499	1.000	-.2749	.1877
permukiman	transportasi	-.30934*	.08380	.003	-.5374	-.0813
	industri	-.12111	.08499	.954	-.3524	.1102
	komersial	-.16475	.08499	.341	-.3960	.0665
komersial	transportasi	-.14459	.08380	.535	-.3726	.0835
	industri	.04364	.08499	1.000	-.1877	.2749
	permukiman	.16475	.08499	.341	-.0665	.3960

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Pulau Nusa Tenggara

### Oneway

#### Descriptives

KonsentrasiNO2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
transportasi	3	1.3470	.42036	.24269	.3028	2.3912	.96	1.80
industri	3	1.1569	.03458	.01996	1.0710	1.2427	1.12	1.18
permukiman	3	1.0083	.46766	.27000	-.1535	2.1700	.67	1.54
komersial	3	1.1017	.29597	.17088	.3665	1.8369	.84	1.42
Total	12	1.1535	.32363	.09342	.9478	1.3591	.67	1.80

### Test of Homogeneity of Variances

KonsentrasiNO2

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.768	3	8	.111

### ANOVA

KonsentrasiNO2	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.184	3	.061	.506	.689
Within Groups	.968	8	.121		
Total	1.152	11			

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

KonsentrasiNO2

Bonferroni

(I) sumber pencemar	(J) sumber pencemar	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
transportasi	industri	.19015	.28408	1.000	-.7981	1.1784
	permukiman	.33873	.28408	1.000	-.6495	1.3270
	komersial	.24532	.28408	1.000	-.7430	1.2336
industri	transportasi	-.19015	.28408	1.000	-1.1784	.7981
	permukiman	-.14857	.28408	1.000	-.8397	1.1368
	komersial	.05516	.28408	1.000	-.9331	1.0434
permukiman	transportasi	-.33873	.28408	1.000	-1.3270	.6495
	industri	-.14857	.28408	1.000	-1.1368	.8397
	komersial	-.09341	.28408	1.000	-1.0817	.8949
komersial	transportasi	-.24532	.28408	1.000	-1.2336	.7430
	industri	-.05516	.28408	1.000	-1.0434	.9331
	permukiman	.09341	.28408	1.000	-.8949	1.0817

## Pulau Sulawesi

### Oneway

#### Descriptives

KonsentrasiNO2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
transportasi	34	1.3185	.28713	.04924	1.2183	1.4187	.65	1.89
industri	33	1.1039	.29112	.05068	1.0007	1.2072	.53	1.61
permukiman	32	1.1379	.23112	.04086	1.0545	1.2212	.73	1.59
komersial	32	1.1052	.27437	.04850	1.0063	1.2041	.53	1.62
Total	131	1.1682	.28397	.02481	1.1191	1.2173	.53	1.89

### Test of Homogeneity of Variances

KonsentrasiNO2

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.053	3	127	.372

### ANOVA

KonsentrasiNO2	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.061	3	.354	4.765	.004
Within Groups	9.422	127	.074		
Total	10.483	130			

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

KonsentrasiNO2

Bonferroni

(I) sumber pencemar	(J) sumber pencemar	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
transportasi	industri	.21453*	.06656	.010	.0361	.3929
	permukiman	.18061*	.06709	.048	.0008	.3604
	komersial	.21327*	.06709	.011	.0335	.3931
industri	transportasi	-.21453*	.06656	.010	-.3929	-.0361
	permukiman	-.03393	.06758	1.000	-.2150	.1472
	komersial	-.00126	.06758	1.000	-.1824	.1799
permukiman	transportasi	-.18061*	.06709	.048	-.3604	-.0008
	industri	.03393	.06758	1.000	-.1472	.2150
	komersial	.03267	.06810	1.000	-.1498	.2152
komersial	transportasi	-.21327*	.06709	.011	-.3931	-.0335
	industri	.00126	.06758	1.000	-.1799	.1824
	permukiman	-.03267	.06810	1.000	-.2152	.1498

### Multiple Comparisons

KonsentrasiNO2

Bonferroni

(I) sumber pencemar	(J) sumber pencemar	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
transportasi	industri	.21453*	.06656	.010	.0361	.3929
	permukiman	.18061*	.06709	.048	.0008	.3604
	komersial	.21327*	.06709	.011	.0335	.3931
industri	transportasi	-.21453*	.06656	.010	-.3929	-.0361
	permukiman	-.03393	.06758	1.000	-.2150	.1472
	komersial	-.00126	.06758	1.000	-.1824	.1799
permukiman	transportasi	-.18061*	.06709	.048	-.3604	-.0008
	industri	.03393	.06758	1.000	-.1472	.2150
	komersial	.03267	.06810	1.000	-.1498	.2152
komersial	transportasi	-.21327*	.06709	.011	-.3931	-.0335
	industri	.00126	.06758	1.000	-.1799	.1824
	permukiman	-.03267	.06810	1.000	-.2152	.1498

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Pulau Sumatera

### Oneway

#### Descriptives

KonsentrasiNO2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
transportasi	27	1.2726	.33605	.06467	1.1397	1.4056	.65	1.93
industri	29	1.1031	.31384	.05828	.9837	1.2225	.48	1.62
permukiman	27	1.0500	.37388	.07195	.9021	1.1979	.29	1.69
komersial	27	1.1333	.33773	.06500	.9997	1.2669	.24	1.77
Total	110	1.1391	.34573	.03296	1.0738	1.2044	.24	1.93

### Test of Homogeneity of Variances

KonsentrasiNO2

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.367	3	106	.777

### ANOVA

KonsentrasiNO2	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.734	3	.245	2.111	.103
Within Groups	12.294	106	.116		
Total	13.029	109			

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

KonsentrasiNO2

Bonferroni

(I) sumber pencemar	(J) sumber pencemar	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
transportasi	industri	.16956	.09108	.392	-.0753	.4144
	permukiman	.22267	.09269	.108	-.0265	.4719
	komersial	.13930	.09269	.815	-.1099	.3885
industri	transportasi	-.16956	.09108	.392	-.4144	.0753
	permukiman	.05310	.09108	1.000	-.1918	.2980
	komersial	-.03026	.09108	1.000	-.2751	.2146
permukiman	transportasi	-.22267	.09269	.108	-.4719	.0265
	industri	-.05310	.09108	1.000	-.2980	.1918
	komersial	-.08336	.09269	1.000	-.3326	.1658
komersial	transportasi	-.13930	.09269	.815	-.3885	.1099
	industri	.03026	.09108	1.000	-.2146	.2751
	permukiman	.08336	.09269	1.000	-.1658	.3326