



UNIVERSITAS INDONESIA

**TINJAUAN TENTANG KUALITAS UDARA AMBIEN (NO₂,
SO₂, *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE*) TERHADAP
KEJADIAN ISPA
DI KOTA BEKASI TAHUN 2004-2011**

SKRIPSI

EKA SATRIANI SAKTI

0806335933

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**TINJAUAN TENTANG KUALITAS UDARA AMBIEN (NO₂,
SO₂, *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE*) TERHADAP
KEJADIAN ISPA
DI KOTA BEKASI TAHUN 2004-2011**

SKRIPSI

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

EKA SATRIANI SAKTI

0806335933

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
UNIVERSITAS INDONESIA
JUNI 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 : Eka Satriani Sakti

NPM : 0806335933

Tanda tangan:



Tanggal : 7 Juni 2012

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Eka Satriani Sakti

NPM : 0806335933

Mahasiswa Program : S1 Reguler Kesehatan Masyarakat

Tahun Akademik : 2008

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

“Tinjauan tentang Kualitas Udara Ambien (NO_2 , SO_2 , *Total Suspended Particulate*) terhadap Kejadian ISPA di Kota Bekasi Tahun 2004-2011”

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, 2 Juli 2012



(Eka Satriani Sakti)

HALAMAN PENGESAHAN

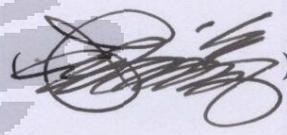
Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Eka Satriani Sakti
NPM : 0806335933
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Tinjauan tentang Kualitas Udara Ambien
(NO₂, SO₂, *Total Suspended Particulate*)
terhadap Kejadian ISPA Di Kota Bekasi
Tahun 2004-2011

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. dr. I Made Djaja, SKM, M.Sc ()

Penguji : Sri Tjahjani Budi Utami, drg, MKes ()

Penguji : Dzulfiqar Khaidir Sulong, SH ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juni 2012

RIWAYAT HIDUP

Nama : Eka Satriani Sakti
Tempat Tanggal Lahir : Jakarta, 5 Desember 1990
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat Rumah : Perum Taman Tridaya Indah II Blok H19 No.2 RT
03/ RW 14, Kelurahan Tridayasakti, Kecamatan
Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat
Alamat Email : eka_satriani@yahoo.co.id
Pendidikan Formal : 1. SDN Tengah 04 Jakarta (Tahun 1996-2002)
2. SMP Negeri 20 Jakarta (Tahun 2002-2005)
3. SMA Negeri 48 Jakarta (Tahun 2005-2008)
4. Universitas Indonesia (Tahun 2008-2012)

KATA PENGANTAR

Segala puji serta syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat, dan kasih sayang sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini. Penulisan skripsi ini disusun sebagai tugas akhir dan prasyarat kelulusan Program Sarjana Kesehatan Masyarakat (SKM) FKM UI.

Pada penelitian skripsi, tema yang saya pilih adalah “Tinjauan tentang Kualitas Udara Ambien (NO_2 , SO_2 , *Total Suspended Particulate*) terhadap Kejadian ISPA di Kota Bekasi Tahun 2004-2011”.

Selama kegiatan skripsi ini, saya mendapat banyak masukan, bimbingan, informasi, dan kerjasama yang baik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya akan mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah banyak berperan dalam kegiatan ini, antara lain:

1. **Prof. Dr. dr. I Made Djaja, SKM, M.Sc**, selaku pembimbing akademik yang selalu membimbing dengan sabar dan memberi arahan.
2. **Bapak Dzulfiqar Khaidir Sulong, SH** dari BPLH Kota Bekasi yang telah bersedia menjadi penguji dan membantu saya mendapatkan data pengukuran kualitas udara dengan mudah.
3. **Ibu Sri Tjahjani Budi Utami, drg, MKes** dari Departemen KL FKM UI yang telah bersedia menjadi penguji dan memberi arahan dalam menyempurnakan skripsi saya.
4. **Bapak Duladin** dari Dinas Kesehatan Kota Bekasi yang telah banyak membantu saya dalam memperoleh data ISPA di Kota Bekasi.
5. **Papa, Mama, dan adik tersayang** yang selalu mendoakan dan tak henti-hentinya memberikan semangat. Kalian sangat berjasa dalam pembuatan skripsi ini.
6. **Ka Bondan Irawan alias Kabo** yang telah memberikan beasiswa tugas akhir dan segala saran serta nasihatnya sehingga saya dapat dengan mudah menyelesaikan skripsi ini
7. **Teman satu bimbingan, Ka Fitri, Pak Erdi, ibu S2, Ka Intan Nurhadyana** yang saling memberikan semangat dan mendukung saat konsul. Juga

untuk Naufal dan Widya yang walaupun sudah lulus tetapi masih banyak memberikan petunjuk.

8. **Teman seperjuangan**, Indah, Fatma, Rhiza, Vidia, Nina, Emon, dan lainnya yang suka ke perpustakaan bareng, *sharing* bareng, makan bareng, menggila bareng. Kalian membuat skripsi ini menjadi menyenangkan.
9. **Teman-teman di FKM UI**, KL 2008, UC 2011, adik-adik KISI yang selalu memberikan semangat dan doa yang tulus selama proses ini.
10. **TS 2008** yang telah mengisi hari-hari saya selama 4 tahun ini. Keberadaan kalian sangat berarti hingga merubah saya menjadi pribadi yang sekarang ini. Doa dan dukungan kalian yang memperlancar penyelesaian skripsi ini.
11. **Etoser 2008** keluarga baru senasib seperjuangan. Kita sukses bersama ya..
12. **Nobiko**, laptop Axioo tersayang yang setia menemani kehidupan saya di kampus. Kamu sangat berjasa nak..
13. **Playlist** yang telah menemani saya dalam proses penulisan dari awal hingga akhir, Murotal Musyari Rasyid, ceramah Ustadz Yusuf Mansyur, Deppapepe, CN Blue, dan lainnya.
14. **Semua pihak** yang telah berkontribusi dalam penyelesaian laporan ini yang tak dapat saya sebutkan satu per satu.

Saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Dalam penulisan skripsi ini, saya menyadari masih terdapat kekurangan-kekurangan sehingga skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan untuk perbaikan-perbaikan di masa yang akan datang.

Depok, 7 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Eka Satriani Sakti
NPM : 0806336274
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Departemen : Kesehatan Lingkungan
Jenis Karya : Skripsi

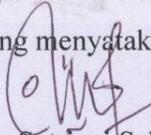
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Tinjauan tentang Kualitas Udara Ambien (NO_2 , SO_2 , *Total Suspended Particulate*) terhadap Kejadian ISPA di Kota Bekasi Tahun 2004-2011”

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 7 Juni 2012

Yang menyatakan

(Eka Satriani Sakti)

vii

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Pertanyaan Penelitian.....	5
1.4. Tujuan.....	5
1.4.1. Tujuan Umum.....	5
1.4.2. Tujuan Khusus.....	5
1.5. Manfaat.....	5
1.5.1. Bagi Peneliti.....	5
1.5.2. Bagi Masyarakat.....	5
1.5.3. Bagi Pemerintah atau Pengambil Kebijakan.....	6
1.6. Lingkup Penelitian.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	7
2.1.1. Definisi dan Karakteristik.....	7
2.1.2. Sumber.....	7
2.1.3. Dampak terhadap Kesehatan.....	8
2.1.4. Mekanisme Paparan ke Manusia.....	8
2.1.5. Baku Mutu.....	9
2.1.6. Cara Pengukuran.....	10
2.1.7. Cara Pencegahan dan Pengendalian.....	13
2.2. Sulfur Dioksida (SO ₂).....	13
2.2.1. Definisi dan Karakteristik.....	13
2.2.2. Sumber.....	14
2.2.3. Dampak terhadap Kesehatan.....	14
2.2.4. Mekanisme Paparan ke Manusia.....	15
2.2.5. Baku Mutu.....	16
2.2.6. Cara Pengukuran.....	16
2.2.7. Cara Pencegahan dan Pengendalian.....	19
2.3. <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i>	20
2.3.1. Definisi dan Karakteristik.....	20
2.3.2. Sumber.....	21

2.3.3.	Dampak terhadap Kesehatan	21
2.3.4.	Mekanisme Paparan ke Manusia	23
2.3.5.	Baku Mutu	23
2.3.6.	Cara Pengukuran	24
2.3.7.	Cara Pencegahan dan Pengendalian	25
2.4.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penyebaran Polutan Udara	25
2.5.	Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)	26
2.5.1.	Definisi	26
2.5.2.	Bebagai Paparan Penyebab ISPA	26
2.5.3.	Mekanisme Terjadinya ISPA dalam Tubuh Manusia	27
2.5.4.	Diagnosa dan Cara Pengukuran	27
2.5.5.	Pengobatan dan Rehabilitasi	28
2.6.	Hubungan NO ₂ , SO ₂ , dan TSP dengan Kejadian ISPA	28
BAB 3.	KERANGKA KONSEPSIONAL	31
3.1.	Kerangka Teori	31
3.2.	Kerangka Konsep	33
3.3.	Definisi Operasional	34
BAB 4.	METODE PENELITIAN	35
4.1.	Rancangan Studi	35
4.2.	Lokasi dan Waktu Penelitian	35
4.3.	Unit Analisis	35
4.4.	Rancangan Sampel	35
4.4.1.	Populasi	35
4.4.2.	Sampel	35
4.5.	Teknik Pengumpulan Data	36
4.6.	Analisis Data	36
4.6.1.	Manajemen Data	36
4.6.2.	Analisis Data	36
4.6.2.1.	Analisis Univariat	36
4.6.2.2.	Analisis Bivariat	36
4.6.2.3.	Analisis Multivariat	37
BAB 5.	GAMBARAN UMUM WILAYAH	38
5.1.	Luas dan Letak Geografis	38
5.2.	Pembagian Wilayah Administratif	38
5.3.	Penduduk	39
5.4.	Topografi	40
5.5.	Iklim	40
5.6.	Struktur Tata Ruang Wilayah	41
5.7.	Sistem Transportasi dan Jalan Raya	42
BAB 6.	HASIL	43
6.1.	Analisis Univariat	43
6.1.1.	Konsentrasi NO ₂	43
6.1.2.	Konsentrasi SO ₂	50
6.1.3.	Konsentrasi TSP	57

6.1.4. Jumlah Kasus ISPA.....	64
6.2. Analisis Bivariat.....	71
6.2.1. Konsentrasi NO ₂ dengan Jumlah Kasus ISPA.....	71
6.2.2. Konsentrasi SO ₂ dengan Jumlah Kasus ISPA.....	71
6.2.3. Konsentrasi TSP dengan Jumlah Kasus ISPA.....	71
6.3. Analisis Multivariat.....	72
BAB 7. PEMBAHASAN.....	78
7.1. Kualitas Udara di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	78
7.1.1. Konsentrasi NO ₂	78
7.1.2. Konsentrasi SO ₂	79
7.1.3. Konsentrasi TSP.....	81
7.2. Kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	83
7.3. Hubungan Kualitas Udara dengan Kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	84
7.3.1. Konsentrasi NO ₂ dengan Jumlah Kasus ISPA.....	84
7.3.2. Konsentrasi SO ₂ dengan Jumlah Kasus ISPA.....	85
7.3.3. Konsentrasi TSP dengan Jumlah Kasus ISPA.....	86
7.4. Keterbatasan Penelitian.....	87
BAB 8. KESIMPULAN DAN SARAN.....	88
8.1. Kesimpulan.....	89
8.2. Saran.....	89
8.2.1. Bagi Pemerintah atau Pengambil Kebijakan.....	89
8.2.1.1. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH).....	89
8.2.1.2. Dinas Kesehatan.....	89
8.2.1.3. Dinas Perhubungan.....	89
8.2.2. Bagi Masyarakat.....	90
8.2.3. Bagi Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM).....	91
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Definisi Operasional.....	34
Tabel 5.1 Luas Wilayah menurut Kecamatan di Kota Bekasi.....	38
Tabel 5.2 Arahlan Pengembangan BWK Kota Bekasi.....	41
Tabel 6.1 Distribusi Frekuensi Konsentrasi NO ₂ di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	49
Tabel 6.2 Distribusi Frekuensi Konsentrasi SO ₂ di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	56
Tabel 6.3 Distribusi Frekuensi Konsentrasi TSP di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	63
Tabel 6.4 Distribusi Frekuensi Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	70
Tabel 6.5 Analisis Korelasi dan Regresi Konsentrasi NO ₂ terhadap Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	71
Tabel 6.6 Analisis Korelasi dan Regresi Konsentrasi SO ₂ terhadap Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	71
Tabel 6.7 Analisis Korelasi dan Regresi Konsentrasi TSP terhadap Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.....	72
Tabel 6.8 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 6 Variabel.....	73
Tabel 6.9 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 5 Variabel.....	74
Tabel 6.10 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 4 Variabel.....	74
Tabel 6.11 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 3 Variabel.....	75
Tabel 6.12 Analisis Regresi Linear Ganda 3 Variabel terhadap Jumlah Kasus ISPA.....	76

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Peralatan Uji Konsentrasi NO ₂ 10
Gambar 2.2	Peralatan Uji Konsentrasi SO ₂ 17
Gambar 2.3	Alat <i>High Volume Sampler</i> 24
Gambar 3.1	Kerangka Teori 32
Gambar 3.2	Kerangka Konsep..... 33
Gambar 5.1	Peta Kota Bekasi..... 39
Gambar 6.1	Grafik Konsentrasi NO ₂ pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011 43
Gambar 6.2	Grafik Konsentrasi NO ₂ di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011 44
Gambar 6.3	Grafik Konsentrasi NO ₂ di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011 45
Gambar 6.4	Grafik Konsentrasi NO ₂ di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011 46
Gambar 6.5	Grafik Konsentrasi NO ₂ di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011 47
Gambar 6.6	Grafik Konsentrasi NO ₂ di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011 48
Gambar 6.7	Grafik Konsentrasi NO ₂ di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011 49
Gambar 6.8	Grafik Konsentrasi SO ₂ pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011 50
Gambar 6.9	Grafik Konsentrasi SO ₂ di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011 51
Gambar 6.10	Grafik Konsentrasi SO ₂ di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011 52
Gambar 6.11	Grafik Konsentrasi SO ₂ di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011 53
Gambar 6.12	Grafik Konsentrasi SO ₂ di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011 54
Gambar 6.13	Grafik Konsentrasi SO ₂ di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011 55
Gambar 6.14	Grafik Konsentrasi SO ₂ di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011 56
Gambar 6.15	Grafik Konsentrasi TSP pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011 57
Gambar 6.16	Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011 58
Gambar 6.17	Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011 59
Gambar 6.18	Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011 60
Gambar 6.19	Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011 61

Gambar 6.20	Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011	62
Gambar 6.21	Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011	63
Gambar 6.22	Grafik Jumlah Kasus ISPA pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011	64
Gambar 6.23	Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011	65
Gambar 6.24	Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011	66
Gambar 6.25	Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011	67
Gambar 6.26	Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011	68
Gambar 6.27	Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011	69
Gambar 6.28	Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011	70
Gambar 6.29	Grafik Prediksi Konsentrasi TSP terhadap Jumlah Kasus ISPA	72
Gambar 6.30	Grafik Prediksi Konsentrasi SO ₂ , Konsentrasi TSP, dan Interaksi NO ₂ dengan SO ₂ terhadap Jumlah Kasus ISPA	76

ABSTRAK

Nama : Eka Satriani Sakti
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Judul : Tinjauan tentang Kualitas Udara Ambien (NO_2 , SO_2 , *Total Suspended Particulate*) terhadap Kejadian ISPA di Kota Bekasi Tahun 2004-2011

Kota Bekasi merupakan kota yang padat dan berbatasan dengan Ibukota DKI Jakarta. Pencemaran udara di Kota Bekasi mayoritas disebabkan oleh kegiatan transportasi. Konsentrasi zat pencemar udara yang cenderung mengalami peningkatan akan memberikan dampak negatif bagi kesehatan terutama bagi kesehatan saluran pernapasan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kualitas udara ambien (parameter NO_2 , SO_2 , dan TSP) dengan kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011. Desain studi yang digunakan adalah studi ekologi *time trend* dengan sampel penelitian 6 Kecamatan. Data kualitas udara diperoleh dari Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH) Kota Bekasi. Data kasus ISPA diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Bekasi.

Variabel yang berhubungan signifikan dengan kejadian ISPA berdasarkan hasil analisis korelasi dan regresi adalah TSP (p value = 0,029; $r = -0,226$). Hasil uji regresi linear ganda menunjukkan bahwa variabel SO_2 , TSP, dan interaksi antara NO_2 dengan SO_2 mempengaruhi kejadian ISPA (p value = 0,004; $r = 0,369$). Persamaan garis regresi yang menjelaskan variabel-variabel yang mempengaruhi ISPA adalah jumlah kasus ISPA = $651,09 + 5,054$ (konsentrasi SO_2) - $0,512$ (konsentrasi TSP) - $0,042$ ($\text{NO}_2 * \text{SO}_2$).

Untuk mencegah peningkatan jumlah kasus ISPA dan peningkatan konsentrasi zat pencemar di udara sebaiknya dilakukan kerjasama lintas sektor oleh Pemerintah Kota Bekasi dalam hal uji emisi kendaraan bermotor, uji emisi cerobong asap industri, penambahan jumlah pepohonan di sepanjang jalan raya, penyelesaian masalah di titik-titik kemacetan, promosi bahan bakar gas, dan penyuluhan kesehatan.

Kata kunci :
Studi ekologi *time trend*, ISPA, konsentrasi NO_2 , konsentrasi SO_2 , konsentrasi TSP

ABSTRACT

Name : Eka Satriani Sakti
Study Program : Public Health
Title : The Review about Ambient Air Quality (NO₂, SO₂, Total Suspended Particulate) against Acute Respiratory Infection (ARI) Occurrence in Bekasi City in 2004-2011

Bekasi city is densely populated city and bordering the capital city DKI Jakarta. Air pollution in Bekasi city is caused by transportation activity. Increasing of air pollutant every year can cause negative effect to health especially respiratory health.

This study aims to determine the relationship between ambient air quality (parameter NO₂, SO₂, TSP) with ARI occurrence in Bekasi city in 2004-2011. The study design used is time trend ecological study with 6 subdistrict as sample. Air quality data is obtained from Environmental Management Agency of Bekasi city. ARI cases data is obtained from Departement of Health of Bekasi city.

Based on correlation and regression analysis, TSP has a significant correlation with ARI occurrence (p value = 0,029; r = - 0,226). The result of multiple linear regression test show that SO₂, TSP, and interaction between NO₂ with SO₂ affect ARI occurrence (p value = 0,004; r = 0,369). The equation of multiple linear regression which describe the variables that affect ARI is ARI cases = 651,09 + 5,054 (SO₂ concentration) – 0,512 (TSP concentration) – 0,042 (NO₂ * SO₂).

To prevent the increasing of ARI cases and increasing of pollutant concentration, the government of Bekasi city should make cross-sectors corporation to do vehicle emission test, industry emission test, adding the amount of trees along the road, problem solving in traffic jam area, fuel gas promotion, and health promotion.

Key words :

Time trend ecological study, ARI, NO₂ concentration, SO₂ concentration, TSP concentration

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Nitrogen dioksida (NO_2) adalah salah satu dari kelompok polutan nitrogen oksida (NO_x) bersama dengan NO , HNO_2 , dan HNO_3 . Namun, NO_2 menjadi hal yang paling menarik dan menjadi indikator dari seluruh kelompok NO_x ini (CAI-Asia Factsheet, 2010). Nitrogen dioksida merupakan gas yang berwarna kemerahan dan berbau tajam (Fardiaz, 1992). NO_2 terbentuk dengan cepat dari emisi kendaraan bermotor, pembangkit listrik, dan proses industri. Paparan NO_2 di dekat jalan raya perlu perhatian khusus untuk kelompok rentan yaitu penderita asma, anak-anak, dan manula (U.S. Environmental Protection Agency, 2010). Gejala dari paparan NO_2 meliputi asfiksi, edema paru, batuk, sesak, sianosis dan bronkiolitis obliterans (Handayani, dkk, 2003).

Sulfur dioksida merupakan salah satu dari kelompok oksida sulfur (SO_x) bersama sulfur trioksida (SO_3). Sulfur dioksida mempunyai ciri-ciri berbau tajam dan tidak terbakar di udara sedangkan sulfur trioksida bukan merupakan komponen reaktif (Fardiaz, 1992). Sumber terbesar dari SO_2 adalah pembakaran bahan bakar fosil dari pembangkit listrik (73%) dan kegiatan industri lainnya (20%) (U.S. Environmental Protection Agency, 2010). Pengaruh SO_2 terhadap manusia adalah iritasi saluran pernapasan. Dari penelitian diketahui iritasi tenggorokan terjadi pada paparan SO_2 5 ppm atau lebih bahkan pada kelompok rentan iritasi dapat terjadi pada konsentrasi 1 – 2 ppm (Fardiaz, 1992).

Total suspended particulate (TSP) adalah berupa padatan atau cairan yang ada di udara dalam bentuk asap, debu, dan uap. Komposisi dan ukuran partikulat sangat menentukan seberapa parah paparan yang terjadi. Ukuran partikulat debu bervariasi tetapi yang membahayakan kesehatan umumnya berkisar antar 0,1 mikron - 10 mikron. Sumber TSP secara alami berasal dari debu tanah atau pasir halus yang terbang terbawa oleh angin kencang, abu vulkanik akibat letusan gunung berapi, dan semburan uap air panas di sekitar daerah sumber panas bumi. Sumber TSP akibat ulah manusia berasal dari pembakaran batubara, proses industri, kebakaran hutan, dan gas buangan transportasi (Wardhana, 2004).

Pencemaran udara oleh TSP akan menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan atau khususnya pneumokoniosis.

Nilai baku mutu NO₂ dalam udara ambien berdasarkan WHO adalah rata-rata tahunan 40 µg/m³ atau 0,016 ppm dan rata-rata per jam 200 µg/m³ atau 0,08 ppm (WHO,2005). Di Australia baku mutu NO₂ dalam udara ambien yang ditetapkan adalah 0,12 ppm per jam dan 0,03 ppm untuk rata-rata per tahun (www.environment.gov.au). Di Indonesia, baku mutu NO₂ dalam udara ambien mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu 400 µg/m³.

Nilai baku mutu SO₂ dalam udara ambien berdasarkan WHO adalah rata-rata per 24 jam 20 µg/m³ atau 0,008 ppm dan rata-rata per 10 menit 500 µg/m³ atau 0,2 ppm. Di Australia, batasan baku mutu SO₂ dalam udara ambien adalah 0,20 ppm per jam, 0,08 ppm per hari, dan 0,02 ppm per tahun (Department of the Environment and Heritage of Australia, 2004). Baku mutu SO₂ dalam udara ambien di Indonesia mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu 900 µg/m³.

Nilai baku mutu TSP dalam udara ambien menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara adalah 230 µg/m³ selama 24 jam.

Kondisi NO₂ di Italia pada tahun 2005-2007 rata-rata sebesar 41.5 µg/m³. Sedangkan menurut catatan pengukuran di Brisbane, Australia, kadar NO₂ rata-rata per tahun dari tahun 1996-2004 adalah 19.8 ppb. Berdasarkan pengukuran di 234 kota di Asia, konsentrasi NO₂ per tahunnya sekitar 30.7 µg/m³ dengan tren meningkat dari tahun 2002 hingga 2006 dan menurun di tahun 2007-2008 (CAI-Asia Factsheet, 2010). Kondisi NO₂ di Kota Bekasi berdasarkan pengukuran yang dilakukan oleh Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bekasi cenderung meningkat pada setiap tahunnya. Pada pengukuran dengan titik sampel di Terminal Bekasi konsentrasi NO₂ pada tahun 2009 adalah 95,64 µg/m³. Pada tahun 2010 sempat terjadi penurunan menjadi 55,39 µg/m³. Namun pada tahun 2011 terjadi peningkatan drastis menjadi 292,4 µg/m³.

Kadar SO₂ di Italia menurut penelitian yang dilakukan yaitu 3,4 µg/m³ rata-rata dari tahun 2005 hingga 2007. Sedangkan di Benua Australia, menurut

penelitian yang dilakukan di Brisbane, kadar SO₂ rata-rata dari tahun 1996-2004 adalah 5.4 ppb. SO₂ di Asia memang cenderung turun setiap tahunnya tetapi konsentrasinya masih melebihi baku mutu yang ditetapkan WHO. Pada tahun 2008, rata-rata konsentrasi SO₂ di Asia sama dengan standar baku mutu WHO yaitu 20 µg/m³ (CAI-Asia Factsheet, 2010). Kondisi SO₂ di Kota Bekasi memang terlihat cenderung turun dari tahun ke tahun. Hasil pengukuran Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bekasi di Terminal Bekasi pada tahun 2009 menunjukkan konsentrasi SO₂ sebesar 474,83 µg/m³. Pada tahun selanjutnya mengalami penurunan yaitu 25,70 µg/m³ di tahun 2010 dan 2011.

Data *World Bank* tahun 2004 menjabarkan konsentrasi TSP di beberapa negara. Konsentrasi TSP di Kairo, Mesir sebesar 169 µg/m³. Di Delhi, India konsentrasi TSP terukur sebesar 150 µg/m³ sedangkan di kota Kalkuta sebesar 128 µg/m³. Konsentrasi TSP di kota Tianjin, China sebesar 125 µg/m³. Di Indonesia sendiri konsentrasi TSP sendiri sebesar 104 µg/m³. Pengukuran yang dilakukan pada tahun 2003 di Jakarta, Bekasi, Bogor, dan Tangerang menunjukkan konsentrasi TSP di Jakarta Timur sebesar 310,38 µg/m³, Bekasi 170,71 µg/m³, Bogor 105,41 µg/m³, dan Tangerang 130,90 µg/m³ (Gindo, 2007). Kondisi TSP di Kota Bekasi setiap tahunnya mengalami peningkatan. Pada tahun 2009, hasil pengukuran Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bekasi di Terminal Bekasi konsentrasinya sebesar 185,71 µg/m³. Pada tahun 2010 mengalami penurunan menjadi 77,08 µg/m³. Namun pada tahun 2011 kembali meningkat dan melebihi ambang batas yaitu sebesar 465,9 µg/m³.

Infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) adalah salah satu penyebab utama kematian balita di dunia dengan diagnosis gejala yang sulit dan tidak pasti. Berdasarkan *Multiple Indicator Cluster Survey* (MICS), ISPA diartikan sebagai suatu penyakit dengan gejala batuk, bernapas cepat dan pendek, kesulitan dalam bernapas yang bukan disebabkan hidung tersumbat. ISPA diklasifikasikan menjadi infeksi saluran pernapasan atas dan infeksi saluran pernapasan bawah. Infeksi saluran pernapasan atas adalah yang paling umum terjadi. Infeksi saluran pernapasan atas meliputi rhinitis, sinusitis, infeksi telinga, faringitis akut, epiglottitis, dan laringitis. Mayoritas infeksi saluran pernapasan atas disebabkan oleh virus yaitu *respiratory syncytial viruses* (RSVs), *parainfluenza* dan *influenza*

virus, human metapneumovirus, adenoviruses, corona viruses dan virus lainnya yang belum teridentifikasi. Infeksi saluran pernapasan bawah yang biasanya terjadi adalah pneumonia dan bronkiolitis. Biasanya infeksi ini disebabkan oleh virus dan bakteri.

Pada tahun 2000, 1,9 juta anak meninggal dunia akibat ISPA dengan 70% berasal dari Afrika dan Asia Tenggara (WHO, 2002). Prevalensi ISPA di Indonesia pada tahun 2007 adalah 25,5%. Prevalensi ISPA di Jawa Barat mendekati prevalensi nasional yaitu 24,73% (Riskesdas, 2007). Di Kota Bekasi, ISPA masih menjadi salah satu penyakit yang perlu perhatian khusus. Berdasarkan hasil rekapan data jumlah kasus ISPA yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Kota Bekasi, diketahui jumlah kasus ISPA pada tahun 2007 adalah 32.069 kasus. Pada tahun 2009 dan 2010 mengalami peningkatan cukup drastis yaitu menjadi 62.108 kasus dan 64.661 kasus.

Dari penelitian yang dilakukan di Salamanca, Meksiko diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara SO_2 dengan gejala penyakit pernapasan yaitu *wheezing* (OR = 1.0213) dan ISPA (OR = 1,0521) setiap kenaikan konsentrasi sebanyak $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan NO_2 terlihat signifikan pengaruhnya pada penurunan fungsi saluran pernapasan (Linares et al, 2010). Penelitian di Palermo, Italia juga membuktikan bahwa polutan meningkatkan resiko kesehatan terutama pada saluran pernapasan, sebesar 2.2% (95% CI: 1.3-3.1) pada PM_{10} , 4.4% (95% CI: 0.3-8.6) pada SO_2 , 2.3% (95% CI: 0.1-4.7) pada CO, dan 1.5% (95% CI: 0.4-2.6) pada NO_2 (Tramoto et al, 2011). Hasil penelitian efek polutan PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 di Beijing adalah PM_{10} memiliki efek pada penyakit kardiovaskular dan pernapasan meskipun lebih besar efeknya terhadap kardiovaskular, SO_2 memiliki efek yang sama besar pada penyakit pernapasan dan kardiovaskular, sedangkan NO_2 memiliki efek terbesar pada penyakit pernapasan daripada kardiovaskular (Zhang, et.al, 2011).

1.2. Perumusan Masalah

Konsentrasi NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP) di Kota Bekasi yang cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 2011, konsentrasi NO_2 meningkat menjadi $292,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi SO_2 sebesar $25,70$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi TSP mencapai $465,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini akan memberikan dampak negatif bagi kesehatan terutama bagi kesehatan saluran pernapasan.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Adakah hubungan antara kualitas udara ambien (NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate*) dengan kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011?

1.4. Tujuan

1.4.1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan antara konsentrasi NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam udara ambien dengan kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran konsentrasi NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam udara ambien di Kota Bekasi tahun 2004-2011
2. Mengetahui gambaran kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011
3. Mengetahui hubungan konsentrasi NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam udara ambien dengan kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Bagi Peneliti

- a. Dapat mengetahui hubungan antara konsentrasi NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam udara ambien dengan kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.

1.5.2. Bagi Masyarakat

- a. Dapat menambah pengetahuan masyarakat tentang ISPA dan kaitannya dengan pajanan NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP).

1.5.3. Bagi Pemerintah atau Pengambil Kebijakan

- a. Sebagai bahan pertimbangan bagi Dinas Kesehatan Kota Bekasi dalam membuat kebijakan dan kegiatan pengendalian dan pencegahan ISPA.
- b. Sebagai bahan pertimbangan Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bekasi tentang pengendalian kualitas udara di Kota Bekasi.

1.6. Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April-Mei 2012. Penelitian ini meneliti tentang pencemar udara ambien, dalam hal ini NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP) di Kota Bekasi. Desain studi yang digunakan adalah desain studi ekologi *time trend* untuk melihat hubungan antara konsentrasi NO_2 , SO_2 , dan *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nitrogen Dioksida (NO₂)

2.1.1. Definisi dan Karakteristik

Nitrogen dioksida (NO₂) adalah salah satu dari kelompok polutan NO_x bersama dengan NO, HNO₂, dan HNO₃ (CAI-Asia Factsheet, 2010). Nitrogen dioksida adalah gas toksik, kelarutannya dalam air rendah, tetapi mudah larut dalam larutan alkali, karbon disulfida dan kloroform. Gas ini berwarna coklat kemerahan dan pada suhu di bawah 21,2°C akan berubah menjadi cairan berwarna kuning. Baunya khas dan mengganggu bahkan dapat mengiritasi saluran napas pada konsentrasi 1-3 ppm (Handayani, dkk, 2003).

Waktu tinggal rata-rata NO₂ di atmosfer adalah 3 hari (Fardiaz, 1992). Di atmosfer, gas ini akan mengalami siklus fotolitik NO₂ bersama dengan gas NO dan oksigen dengan bantuan sinar matahari. Siklus fotolitik ini dapat terganggu jika dalam terdapat hidrokarbon (HC). HC akan berinteraksi dengan atom oksigen membentuk radikal bebas HC yang sangat reaktif. Radikal bebas HC akan cepat bereaksi dengan NO sehingga konsentrasi NO₂ semakin meningkat. Selain itu, radikal bebas HC dapat bereaksi dengan O₂ dan NO₂ membentuk *Peroxyl Acetyl Nitrates* (PAN). Campuran antara PAN dengan ozon (O₃) dan karbonmonoksida (CO) akan membentuk kabut foto kimia (Wardhana, 2004).

2.1.2. Sumber

Sumber nitrogen dioksida mayoritas berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas. Di daerah perkotaan, nitrogen dioksida 80% diproduksi dari kendaraan bermotor. Sumber lainnya adalah penyulingan gasoline dan logam, pembangkit listrik yang berbahan bakar batu bara, proses industri, dan pemasakan makanan pada rumah tangga (www.environment.gov.au).

2.1.3. Dampak terhadap Kesehatan

Pajanan nitrogen dioksida sangat berpengaruh pada saluran pernapasan. Bukti ilmiah menunjukkan bahwa pajanan NO₂ selama 30 menit hingga 24 jam akan membawa efek yang merugikan bagi pernapasan yaitu inflamasi atau peradangan saluran napas pada orang sehat dan peningkatan gejala pada penderita asma. Beberapa studi juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara peningkatan konsentrasi NO₂ dengan peningkatan kunjungan rumah sakit dan UGD yang berkaitan dengan penyakit pernapasan terutama asma (U.S. Environmental Protection Agency, 2010).

Pengaruh pajanan NO₂ ditentukan oleh konsentrasi saat pajanan, proses akut atau kronik serta lama pajanan. Gejala yang dapat terjadi akibat pajanan NO₂ meliputi asfiksi, edema paru, batuk, sesak, sianosis dan bronkiolitis obliterans. Selain itu, pajanan NO₂ juga mempunyai efek toksik langsung terhadap makrofag alveolar sehingga mengurangi daya fagosit dan aktivitas bakterisidal. Hal ini meningkatkan kemungkinan terjadinya infeksi bakteri pada saluran pernapasan. Pajanan NO₂ juga menimbulkan gangguan sekresi mukus, kerusakan silia dan gangguan imunitas humoral (Handayani,dkk, 2003).

Di kota-kota Eropa dan Amerika Utara, pengukuran konsentrasi NO₂ yang dilakukan berhubungan dengan penurunan fungsi paru-paru (WHO, 2005). Selain itu, inhalasi NO₂ dapat memicu eksaserbasi asma dan meningkatkan frekuensi infeksi tergantung konsentrasi dan cara pajanan. Pada konsentrasi tinggi NO₂ dapat menyebabkan edema atau pembengkakan paru dan dapat menimbulkan kematian.

2.1.4. Mekanisme Pajanan ke Manusia

Inhalasi NO₂ dapat menyebabkan gangguan paru dan saluran pernapasan, kemudian dapat masuk ke dalam peredaran darah dan menimbulkan akibat di organ tubuh lain. Kelarutan NO₂ dalam air rendah sehingga dapat mudah melewati trakea, bronkus, dan mencapai alveoli. Di dalam saluran pernapasan NO₂ akan terhidrolisis membentuk asam nitrit

(HNO₂) dan asam nitrat (HNO₃) yang bersifat korosif terhadap mukosa permukaan saluran napas. (Handayani,dkk, 2003).

2.1.5. Baku Mutu

Nilai baku mutu NO₂ dalam udara ambien berdasarkan WHO adalah rata-rata tahunan 40 µg/m³ atau 0,016 ppm dan rata-rata per jam 200 µg/m³ atau 0,08 ppm (WHO,2005). Di Australia baku mutu NO₂ dalam udara ambien yang ditetapkan adalah 0,12 ppm per jam dan 0,03 ppm untuk rata-rata per tahun (www.environment.gov.au). Di Indonesia, baku mutu NO₂ dalam udara ambien mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu 400 µg/m³.

2.1.6. Cara Pengukuran

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), nitrogen dioksida (NO₂) diukur dengan menggunakan metode *Griess Saltzman*. Alat yang digunakan untuk metode ini adalah spektrofotometer. Prinsip kerjanya adalah menyerap gas NO₂ ke dalam larutan *Griess Saltzman* sehingga terbentuk senyawa azo dye berwarna merah muda. Konsentrasi larutan ditentukan oleh spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.

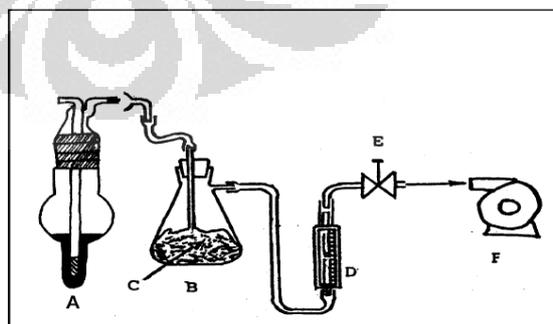
Bahan yang diperlukan dalam pengukuran NO₂ adalah:

- a. Hablur asam sulfaniat (H₂NC₆H₄SO₃H)
- b. Larutan asam asetat glacial (CH₃COOH pekat)
- c. Air suling bebas nitrit
- d. Larutan induk N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorida (NEDA, C₁₂H₆C₁₂N₂)
- e. Aseton (C₃H₆O)
- f. Larutan penjerap *Griess Saltzman*
 - i. Larutkan 5 g asam sulfaniat (H₂NC₆H₄SO₃H) dalam gelas piala 1000 mL dengan 140 mL asam asetat glacial, aduk secara hati-hati dengan stirrer sambil ditambahkan air suling hingga kurang lebih 800 mL

- ii. Pindahkan larutan tersebut ke dalam labu ukur 1000 mL
 - iii. Tambahkan 20 mL larutan induk NEDA dan 10 mL aseton, tambahkan air suling hingga tanda tera lalu homogenkan
 - iv. Masukkan larutan penjerap ke dalam botol pyrex berwarna gelap dan simpan dalam lemari pendingin
- g. Larutan induk nitrit (NO_2^-) 1640 $\mu\text{g/mL}$
- i. Keringkan natrium nitrit (NaNO_2) dalam oven selama 2 jam pada suhu 105°C dan dinginkan dalam desikator
 - ii. Timbang 0,246 g natrium nitrit di atas kemudian larutkan ke dalam labu ukur 100 mL dengan air suling, tambahkan air suling hingga tanda tera lalu homogenkan
 - iii. Pindahkan larutan tersebut ke dalam botol coklat dan simpan di lemari pendingin
- h. Larutan standar nitrit (NO_2^-)
- i. Masukkan 10 mL larutan induk natrium nitrat ke dalam labu ukur 1000 mL, tambahkan air suling hingga tanda tera lalu homogenkan

Sedangkan alat yang dibutuhkan pada pengukuran NO_2 adalah :

- a. Peralatan pengambilan contoh uji NO_2 seperti pada gambar. Setiap unit peralatan disambung dengan selang silicon dan tidak mengalami kebocoran



Gambar 2.1. Peralatan Uji Konsentrasi NO_2

Keterangan gambar :

A = botol penjerap (*fritted bubbler*)

B = perangkap uap (*mist trap*)

C = arang aktif (soda lime)

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

E = kran pengatur

F = pompa

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

Langkah pengukuran NO_2 adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan contoh uji
 - a. Susun peralatan pengambilan contoh uji seperti pada gambar diatas
 - b. Masukkan larutan penjerap *Griess Saltzman* sebanyak 10 mL ke dalam botol penjerap. Atur botol penjerap agar terlindungi dari hujan adan sinar matahari langsung
 - c. Hidupkan pompa penghisap udara dan atur kecepatan alir 0,4 L/menit setelah stabil catat laju alir awal (F1)
 - d. Lakukan pengambilan contoh uji selama 1 jam dan catat temperatur dan tekanan udara

- e. Setelah 1 jam catat laju alir akhir (F2) dan kemudian matikan pompa penghisap
 - f. Analisis dilakukan di lapangan setelah pengambilan contoh uji
2. Pembuatan kurva kalibrasi
- a. Optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat
 - b. Masukkan masing-masing 0,0 mL ; 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,6 mL; 0,8 mL; dan 1,0 mL larutan standar nitrit menggunakan pipet volumetric atau buret mikro ke dalam tabung uji 25 mL
 - c. Tambahkan larutan penjerap sampai tanda tera. Kocok dengan baik dan biarkan selama 15 menit agar pembentukan warna sempurna
 - d. Ukur serapan masing-masing larutan standar dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm
 - e. Buat kurva kalibrasi antara serapan dengan jumlah NO₂
3. Pengujian contoh uji
- a. Masukkan larutan contoh uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer lalu ukur intensitas warna merah muda yang terbentuk pada panjang gelombang 550 nm
 - b. Baca serapan contoh uji kemudian hitung konsentrasi dengan menggunakan kurva kalibrasi
 - c. Lakukan langkah diatas untuk larutan penjerap yang diukur sebagai larutan blanko
4. Penghitungan konsentrasi NO₂
- Jumlah NO₂ (µg) tiap 1 mL larutan standar yang digunakan dapat dihitung dengan rumus :

$$NO_2 = \frac{a}{100} \times \frac{46}{69} \times \frac{1}{f} \times \frac{10}{1000} \times 10^6$$

Keterangan :

NO_2 = jumlah NO_2 dalam larutan standar NaNO_2 ($\mu\text{g/mL}$)

a = berat NaNO_2 yang ditimbang (g)

46 = berat molekul NO_2

69 = berat molekul NaNO_2

f = faktor yang menunjukkan jumlah mol NaNO_2 yang menghasilkan warna yang setara dengan 1 mol NO_2 (nilai $f = 0,82$)

$10/1000$ = faktor pengenceran dari larutan induk NaNO_2

10^6 = konversi dari gram ke μg

2.1.7. Cara Pencegahan dan Pengendalian

Beberapa cara untuk mencegah peningkatan konsentrasi NO_2 adalah :

- a. Mengimplementasikan standar kualitas bahan bakar nasional
- b. Mendukung implementasi standar emisi kendaraan yang lebih ketat
- c. Mengembangkan kemampuan kendaraan berbahan bakar diesel
- d. Mengembangkan dan mempromosikan bahan bakar alternatif
- e. Mengembangkan sistem prediksi polusi di kota besar
- f. Mempromosikan penggunaan sepeda
(www.environment.gov.au)

2.2. Sulfur Dioksida (SO_2)

2.2.1. Definisi dan Karakteristik

Sulfur dioksida (SO_2) termasuk dalam kelompok sulfur oksida atau sering ditulis SO_x bersama dengan sulfur trioksida (SO_3). SO_2 mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara. Konsentrasi SO_2 di udara akan mulai terdeteksi oleh indera penciuman manusia ketika konsentrasi berkisar antara 0,3 – 1 ppm (Wardhana, 2004).

SO_2 berpotensi besar untuk berpindah ke tempat yang lebih jauh (lebih dari 500-1000 km) karena waktu tinggalnya di atmosfer hanya

beberapa hari. Hal ini dapat menimbulkan hujan asam regional bahkan dapat menyebrang ke negara lain. Hujan asam dapat mengakibatkan pengasaman pada badan air sehingga berdampak buruk pada ekosistem di dalamnya. Selain itu, hujan asam juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman, bangunan, warisan budaya, dan material lainnya (CAI-Asia Factsheet No 5, 2010).

2.2.2. Sumber

Secara alami SO_2 berasal dari letusan vulkanik, alga yang memproduksi dimetil sulfida, dan proses dekomposisi pada tanah dan tumbuhan. (CAI-Asia Factsheet No 5, 2010). Sumber SO_2 dari aktivitas manusia adalah proses pembakaran dan proses industri. Proses pembakaran yang dapat menghasilkan SO_2 adalah pembakaran batubara pada generator listrik dan mesin-mesin. Proses industri yang menghasilkan SO_2 adalah industri pemurnian petroleum. Industri asam sulfat, industri peleburan baja, dan sebagainya (Fardiaz, 1992).

2.2.3. Dampak terhadap Kesehatan

SO_2 memberikan efek negatif pada sistem pernapasan dan fungsi paru-paru. Peradangan yang disebabkan SO_2 akan mengakibatkan batuk, sekresi lendir yang berlebihan, peningkatan gejala asma dan bronkitis kronis serta membuat manusia lebih mudah mendapatkan infeksi pada saluran pernapasan (WHO, 2005).

Menurut Kirk dan Othmer dalam Fardiaz (1992), konsentrasi SO_2 sebesar 8-12 ppm dapat menyebabkan iritasi tenggorokan. Pada konsentrasi 20 ppm dapat mengakibatkan iritasi mata dan batuk. SO_2 berbahaya bagi orang tua dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernapasan dan kardiovaskular. Individu dengan gejala tersebut akan sangat sensitif terhadap pajanan SO_2 meskipun dengan konsentrasi yang rendah misalnya 0,2 ppm atau lebih.

Otot saluran pernapasan akan mengalami kejang jika teriritasi oleh SO_2 dan kejang akan lebih berat jika konsentrasi SO_2 lebih tinggi

sementara suhu udara rendah. Jika waktu pajanan SO₂ cukup lama dan dalam konsentrasi yang tinggi maka akan terjadi peradangan pada selaput lendir yang diikuti oleh kelumpuhan sistem pernapasan, kerusakan jaringan epitel, dan akhirnya kematian. Jika konsentrasi SO₂ masih relatif rendah tetapi waktu pajanan pendek dan berulang-ulang, maka gas tersebut dapat memicu terjadinya kanker (Wardhana, 2004).

2.2.4. Mekanisme Pajanan ke Manusia

Rute pajanan SO₂ ke tubuh manusia yang utama adalah melalui inhalasi. SO₂ mudah larut dalam air sehingga dapat terabsorpsi di dalam hidung dan sebagian besar juga ke saluran pernapasan. Partikulat sulfat dalam gas buang kendaraan bermotor berukuran kecil sehingga partikulat tersebut dapat masuk sampai ke dalam alveoli paru-paru dan bagian lain yang sempit. SO₂ dapat menyebabkan iritasi terhadap saluran pernapasan, membengkaknya membran mukosa, dan dapat menghambat aliran udara pada saluran pernapasan. Kondisi ini akan menjadi lebih parah bagi kelompok yang rentan seperti penderita penyakit jantung atau paru-paru dan para lanjut usia. (Satriyo, 2008)

Selain melalui inhalasi, gas ini juga dapat memajan manusia melalui kulit dan mata terutama di kondisi lingkungan yang lembab. Gejala dari iritasi kulit oleh SO₂ adalah rasa gatal, nyeri, dan kulit menjadi kemerahan. Apabila gas ini mengiritasi mata maka akan menyebabkan nyeri dan peradangan pada jaringan mata dan juga berpotensi pada kebutaan.

2.2.5. Baku Mutu

Nilai baku mutu SO₂ dalam udara ambien berdasarkan WHO adalah rata-rata per 24 jam 20 µg/m³ atau 0,008 ppm dan rata-rata per 10 menit 500 µg/m³ atau 0,2 ppm. Di Australia, batasan baku mutu SO₂ dalam udara ambien adalah 0,20 ppm per jam, 0,08 ppm per hari, dan 0,02 ppm per tahun (Department of the Environment and Heritage of Australia, 2004). Baku mutu SO₂ dalam udara ambien di Indonesia mengacu pada

Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2.6. Cara Pengukuran

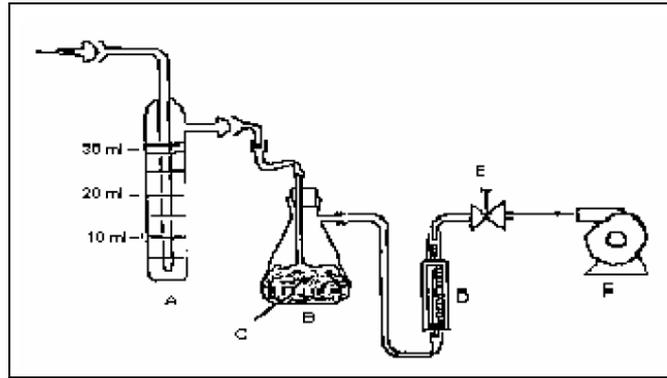
Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), pengukuran sulfur dioksida (SO_2) dilakukan dengan metode pararosanilin dan menggunakan spektrofotometer. Prinsipnya adalah gas SO_2 diserap dalam larutan penjerap tetrakloromercurat membentuk senyawa kompleks diklorosulfonatomercurat. Dengan penambahan larutan pararosanilin dan formaldehid maka akan terbentuk senyawa pararosanilin metal sulfonat yang berwarna ungu. Konsentrasi larutan ini akan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.

Bahan yang digunakan untuk pengukuran SO_2 adalah :

- a. Larutan penjerap tetrakloromercurat (TCM) 0,04 M
- b. Larutan induk natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$)
- c. Larutan standar natrium metabisulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$)
- d. Larutan induk iod (I_2) 0,1 N
- e. Larutan iod 0,01 N
- f. Larutan indikator kanji
- g. Larutan asam klorida (HCl)
- h. Larutan induk natrium tio sulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N
- i. Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N
- j. Larutan asam klorida (HCl) 1 M
- k. Larutan asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$) 0,6%
- l. Larutan asam fosfat (H_3PO_4) 3 M
- m. Larutan induk pararosanilin hidroklorida ($\text{C}_{18}\text{H}_{17}\text{N}_3\cdot\text{HCl}$) 0,2%
- n. Larutan kerja pararosanilin
- o. Larutan formaldehida (HCHO) 0,2%
- p. Larutan penyangga asetat 1 M (pH = 4,74)

Peralatan yang dibutuhkan untuk pengukuran SO_2 adalah :

- a. Peralatan pengambilan contoh uji SO_2 sesuai gambar



Gambar 2.2. Peralatan Uji Konsentrasi SO₂

Keterangan gambar :

A = botol penjerap volume 30 mL

B = perangkap uap

C = serat kaca (*glass wool*)

D = *flow* meter yang mampu mengukur laju alir 0,2 L/menit

E = kran pengatur

F = pompa

- b. Labu ukur 50 mL; 100 mL; 250 mL; 500 mL; dan 1000 mL
- c. Pipet volumetric 1 mL; 2 mL; 5 mL; dan 50 mL
- d. Gelas ukur 100 mL
- e. Gelas piala 100 mL; 250 mL; 500 mL; dan 1000 mL
- f. Tabung uji 25 mL
- g. Spektrofotometer UV-vis dilengkapi kuvet
- h. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
- i. Buret 50 mL
- j. Labu erlenmeyer asah tertutup 250 mL
- k. Oven
- l. Kaca arloji
- m. Termometer
- n. Barometer
- o. Pengaduk
- p. Botol pereaksi

Langkah pengukuran SO_2 adalah sebagai berikut :

a. Pengambilan contoh uji

- i. Susun peralatan pengambilan contoh uji seperti pada gambar di atas
- ii. Masukkan larutan penjerap SO_2 sebanyak 10 mL ke masing-masing botol penjerap. Atur botol penjerap agar terindungi dari hujan dan sinar matahari langsung
- iii. Hidupkan pompa penghisap udara dan atur kecepatan alir 0,5 L/menit sampai 1 L/menit, setelah stabil catat laju alir awal F1
- iv. Lakukan pengambilan contoh uji selama 1 jam dan catat temperature dan tekanan udara
- v. Setelah 1 jam. Catat laju alir akhir F2 dan kemudian matikan pompa penghisap
- vi. Diamkan selama 20 menit setelah pengambilan contoh uji untuk menghilangkan pengganggu

b. Pembuatan kurva kalibrasi

- i. Optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat
- ii. Masukkan masing-masing 0,0 mL; 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL; dan 4,0 mL larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ke dalam tabung uji 25 mL dengan menggunakan pipet volum atau buret mikro
- iii. Tambahkan larutan penjerap sampai volum 10 mL
- iv. Tambahkan 1 mL larutan asam sulfamat 0,6% dan tunggu sampai 10 menit
- v. Tambahkan 2 mL larutan formaldehida 0,2%
- vi. Tambahkan 5 mL larutan pararosanilin
- vii. Tepatkan dengan air suling sampai volum 25 mL lalu homogenkan dan utnggu sampai 30-60 menit
- viii. Ukur serapan masing-masing larutan standar dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm

- ix. Buat kurva kalibrasi antara serapan dengan jumlah SO₂
- c. Pengujian contoh uji
 - i. Pindahkan larutan contoh uji ke dalam tabung uji 25 mL dan tambahkan 5 mL air suling untuk membilas
 - ii. Lakukan langkah-langkah pada poin b butir iv-viii
 - iii. Baca serapan contoh uji kemudian hitung konsentrasi dengan menggunakan kurva kalibrasi
 - iv. Lakukan langkah-langkah di atas untuk pengujian blanko dengan menggunakan 10 mL larutan penjerap
- d. Perhitungan konsentrasi

Konsentrasi SO₂ dalam pengambilan contoh uji selama 1 jam dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C = \frac{a}{V} \times 1000$$

Keterangan :

C = konsentrasi SO₂ di udara (µg/Nm³)

a = jumlah SO₂ dari contoh uji dengan melihat kurva kalibrasi (µg)

V = volum udara pada kondisi normal (L)

1000 = konversi liter ke m³

2.2.7. Cara Pencegahan dan Pengendalian

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kadar SO₂ secara nasional adalah :

- a. Membuat program reduksi konsentrasi SO₂ dengan mengadopsi baku mutu yang ditetapkan EPA atau WHO dan secara periodik mengevaluasi konsentrasi SO₂ di udara
- b. Mengurangi emisi SO₂ ke udara dengan menggunakan kendaraan yang minim polusi dan bahan bakar alternatif

Sedangkan untuk mengurangi konsentrasi SO₂ yang dapat dilakukan di rumah adalah :

- a. Menggunakan kompor listrik
- b. Menggunakan *exhaust fan* di dapur
- c. Kondisi ventilasi rumah yang baik
- d. Tidak menghidupkan mesin mobil di garasi
- e. Tidak merokok di dalam rumah (Wisconsin Department of Health Services, 2010)

2.3. Total Suspended Particulate (TSP)

2.3.1. Definisi dan Karakteristik

Total suspended particulate (TSP) adalah berupa padatan atau cairan yang ada di udara dalam bentuk asap, debu, dan uap. TSP dapat meliputi berbagai macam bentuk, antara lain :

- a. *Aerosol* adalah partikel yang terhambur dan melayang di udara
- b. Kabut (*fog*) adalah aerosol yang berupa butiran-butiran air yang berada di udara
- c. Asap (*smoke*) adalah aerosol campuran antara butiran padat dan cairan yang menghambur di udara
- d. Debu (*dust*) adalah aerosol yang berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena hembusan angin
- e. *Mist* adalah butiran-butiran zat cair (bukan butiran air) yang terhambur dan melayang di udara
- f. *Fume* adalah aerosol yang berasal dari kondensasi uap panas khususnya uap logam
- g. *Plume* adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri (pabrik)
- h. *Haze* adalah setiap bentuk aerosol yang mengganggu pandangan di udara
- i. *Smog* atau asbut adalah bentuk campuran dari asap dan kabut
- j. *Smaze* adalah campuran antara *smoke* dan *haze* (Wardhana, 2004)

Komposisi dan ukuran partikulat sangat menentukan seberapa parah pajanan yang terjadi. Ukuran partikulat kurang dari 100 mikron

tetapi yang membahayakan kesehatan umumnya berkisar antara 0,1 mikron - 10 mikron.

TSP yang berukuran kurang dari sama dengan 10 mikron disebut PM_{10} . Jika terinhalasi PM_{10} dapat mengganggu saluran pernafasan bagian atas dan menyebabkan iritasi saluran pernapasan. Sedangkan TSP yang berukuran kurang dari sama dengan 2,5 mikron disebut $PM_{2,5}$. $PM_{2,5}$ ketika terhirup akan langsung masuk ke dalam paru-paru dan mengendap di alveoli.

Selain itu TSP juga dapat menyebabkan iritasi mata dan menurunnya daya pandang mata (visibilitas). Kandungan logam berat yang terkandung dalam partikulat juga dapat merupakan bahaya besar bagi kesehatan.

2.3.2. Sumber

Sumber TSP secara alamiah adalah dari debu tanah kering yang terbawa angin, abu dan bahan-bahan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi, dan semburan uap air panas di sekitar daerah sumber panas bumi.

Sumber TSP akibat perbuatan manusia adalah sebagian besar berasal dari pembakaran batubara, proses industri, kebakaran hutan, dan gas buangan alat transportasi. Jenis industri yang berpotensi sebagai sumber TSP adalah industri besi dan baja, industri semen, industri petrokimia, industri kertas dan pulp, pabrik tepung, industri tekstil, pabrik asbes, pabrik insektisida, dan industri elektronika (Wardhana, 2004).

2.3.3. Dampak terhadap Kesehatan

Pencemaran udara oleh TSP akan menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan atau khususnya pneumokoniosis. Pneumokoniosis adalah penyakit yang disebabkan oleh adanya partikel (debu) yang masuk atau mengendap di dalam paru-paru. Penyakit ini banyak jenisnya tergantung dari jenis debu. Contohnya adalah silikosis (disebabkan oleh debu silika), asbestosis (disebabkan oleh debu asbes), bisinosis

(disebabkan oleh debu kapas), dan beriliosis (disebabkan oleh debu berilium) (Wardhana, 2004).

Partikel yang masuk ke paru-paru dapat menyebabkan bahaya bagi kesehatan kemungkinan karena tiga hal penting yaitu :

- a. Partikel tersebut beracun karena sifat kimia dan fisiknya
- b. Partikel tersebut bersifat inert (tidak bereaksi) tetapi jika tertinggal dalam saluran pernapasan akan mengganggu pembersihan bahan-bahan lain yang berbahaya
- c. Partikel tersebut membawa molekul-molekul gas yang berbahaya baik dengan cara mengadsorpsi atau mengabsorpsi sehingga molekul-molekul gas tersebut dapat mencapai dan tertinggal di paru-paru (Fardiaz,1992).

Partikulat yang berukuran lebih dari 5 mikron akan mengiritasi saluran pernapasan dan merangsang respon imun sehingga dapat memicu timbulnya penyakit pernapasan seperti bronkitis. Penumpukan jumlah partikulat yang menempel pada saluran pernapasan terus menerus dapat menyebabkan penebalan dinding bronkus, meningkatkan sekresi lendir, mengurangi hiperaktivitas bronkus, menyebabkan batuk, dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernapasan (Yulaekah, 2007).

Partikulat yang mengandung logam berbahaya memang sedikit terkandung dalam atmosfer, tetapi jumlahnya dapat meningkat dengan adanya kegiatan antropogenik. Partikel-partikel logam berbahaya seperti nikel, arsen, merkuri, kadmium, dan timbal dapat menyebabkan efek kesehatan yang juga lebih berbahaya. Partikel nikel dan arsen dapat menyebabkan kanker terutama kanker paru. Partikel merkuri dapat menyebabkan kerusakan syaraf dan kematian. Partikel kadmium dapat menyebabkan hipertensi dan penyakit jantung sedangkan partikel timbal memicu kerusakan otak hingga kematian (Fardiaz,1992).

2.3.4. Mekanisme Paparan ke Manusia

TSP masuk ke tubuh manusia melalui inhalasi dan masuk ke saluran pernapasan. Saluran pernapasan memiliki sistem pertahanan untuk mencegah partikulat yang terhirup agar tidak sampai ke paru-paru. Rambut-rambut hidung akan mencegah masuknya partikel yang berukuran lebih besar. Partikulat yang lebih halus akan berhasil masuk melewati hidung dan akan kembali dicegah oleh membran mukosa yang terdapat di sepanjang saluran pernapasan hingga bronkus.

Ukuran partikulat sangat berpengaruh terhadap organ pernapasan yang dapat dicapai partikulat tersebut. Partikulat yang berukuran lebih dari 5 mikron akan tertahan di saluran pernapasan bagian atas. Partikulat dengan ukuran 3-5 mikron akan tertahan di saluran pernapasan bagian tengah (Wardhana, 2004). Ukuran yang lebih kecil lagi yaitu 1-3 mikron akan menempel di permukaan atau selaput lendir paru-paru mulai dari bronkiolus sampai alveoli sedangkan ukuran kurang dari 1 mikron akan bergerak keluar masuk alveoli sesuai dengan gerak Brown (Setiawan, 2002).

Partikulat yang masuk saluran pernapasan akan menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan tubuh non spesifik berupa batuk, bersin, gangguan transpor mukosiliar, dan fagositosis oleh makrofag. Otot polos di saluran pernapasan akan terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini biasanya terjadi jika konsentrasi partikulat melebihi ambang batas. Sistem mukosiliar juga akan mengalami gangguan dan menyebabkan jumlah lendir bertambah. Jika lendir semakin banyak atau mekanisme pengeluarannya tidak sempurna maka akan terjadi obstruksi saluran napas sehingga resistensi jalan napas meningkat (Setiawan, 2002).

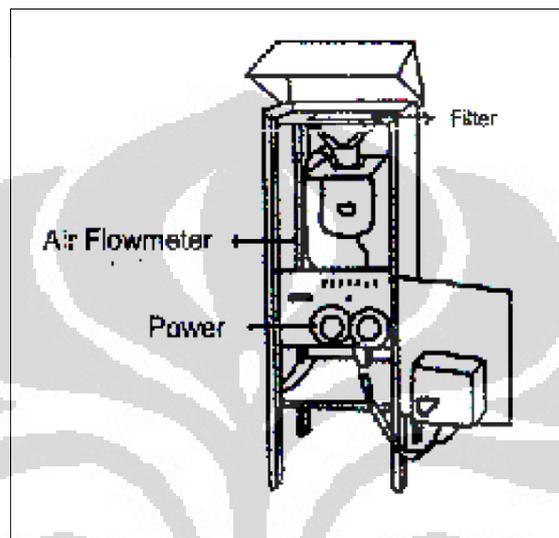
2.3.5. Baku Mutu

Baku mutu TSP dalam udara ambien menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara adalah $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ selama 24 jam.

2.3.6. Cara Pengukuran

TSP diukur menggunakan metode gravimetric dengan alat *High Volume Sampler*. Alat-alat yang dibutuhkan dalam pengukuran ini adalah :

- a. Alat *High Volume Sampler* (HVS) ukuran normal



Gambar 2.3. Alat *High Volume Sampler*

- b. Piring penampung, perekat, saringan adapter masing-masing dengan ukuran $20 \times 25 \text{ cm}^2$
- c. Tudung alat pencuplik dengan ukuran $29 \times 36 \text{ cm}^2$
- d. Pengukur debit udara $0,5 - 2 \text{ cm}^2/\text{menit}$
- e. Pengukur waktu 24 jam dengan ketelitian per detik
- f. Pengukur tekanan udara dengan ketelitian 1 mm
- g. Pengukur kelembaban udara 50% pemasuk cacat pada kertas saring
- h. Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg

Cara pengukurannya adalah dengan meletakkan kertas saring pada desikator selama 24 jam. Setelah itu kertas saring akan ditimbang dengan neraca. Selanjutnya kertas saring siap dianalisis secara kimia terkait dengan kandungan yang ada dalam partikel debu.

2.3.7. Cara Pencegahan dan Pengendalian

Cara pengendalian dan pencegahan bertambahnya partikel atau debu ke udara bebas dapat dilakukan dengan penambahan alat bantu seperti filter udara pada cerobong asap, pengendap siklon, filter basah, pengendap dengan sistem gravitasi, dan pengendap elektrostatis (Wardhana, 2004).

2.4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penyebaran Polutan Udara

Faktor-faktor ini merupakan faktor yang berkaitan dengan struktur lingkungan udara. Faktor ini disebut faktor difusi yaitu faktor penyebaran yang berhubungan dengan kondisi atmosfer dan topografi lingkungannya. Contoh dari yang termasuk faktor difusi ini adalah :

- a. Struktur temperatur (suhu) vertikal yang mempengaruhi pergerakan udara di atmosfer
- b. Struktur angin di wilayah udara yang ada. Hal ini menentukan tingkat penyisihan atmosfer
- c. Topografi dan orografi yang dapat mengubah profil suhu udara dan angin
- d. Kedalaman lapisan pencampur yang menentukan tingkat intensitas pencemar udara
- e. Keadaan stabilitas dan instabilitas yang menentukan sejauh mana terbentuknya pencemaran udara
- f. Kelembaban dan tekanan udara yang mempengaruhi kecepatan difusi pencemar yang diemisikan dari sumber pencemaran
- g. Presipitasi atau curah hujan yang merupakan penentu penyisihan unsur-unsur pencemar yang dapat membersihkan atmosfer (Soedomo, 2001).

2.5. Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

2.5.1. Definisi

Infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) diklasifikasikan menjadi infeksi saluran pernapasan atas (*upper respiratory tract infections/URIs*) dan infeksi saluran pernapasan bawah (*lower respiratory tract infections/LRIs*) (Simoes et.al, 2006). Definisi ISPA menurut Departemen Kesehatan RI (2007) adalah infeksi akut yang menyerang salah satu bagian atau lebih dari saluran napas mulai dari hidung hingga alveoli termasuk adneksanya (sinus, rongga telinga tengah, dan pleura).

Infeksi saluran pernapasan atas (URIs) adalah penyakit infeksi yang umumnya ditemui. Jenis dari infeksi ini adalah rhinitis, sinusitis, infeksi telinga, faringitis akut, epiglottitis, dan laringitis. Mayoritas penyebab infeksi ini adalah virus (Simoes et.al, 2006).

Infeksi saluran pernapasan bawah (LRIs) umumnya berupa pneumonia dan bronkiolitis. Hal ini dapat diketahui dari gejala anak yang batuk dan penarikan napas yang berat dan dalam. (Simoes et.al, 2006).

2.5.2. Berbagai Paparan Penyebab ISPA

ISPA baik yang menyerang saluran pernapasan atau maupun bawah pada umumnya disebabkan oleh agen biologi yaitu bakteri, virus, dan jamur. Bakteri penyebab ISPA antara lain dari genus *Streptococcus*, *Stafilococcus*, *Pneumococcus*, *Haemophylus*, *Bordetella*, *Corynebakterium*, *Mycoplasma pneumonia* dan *Chlamydia pneumonia*. Virus penyebab ISPA mayoritas adalah grup *Mixovirus* (*Orthomyxovirus* : sub group *Influenza virus*, *Paramyxovirus* : sub group *Para Influenza virus* dan *Metamixovirus* : sub group *Respiratory syncytial virus/RSVs*), *Adenovirus*, *Picornavirus*, *Coronavirus*, *Mixoplasma*, *Rhinovirus*, dan *Herpesvirus*. Jamur yang menyebabkan ISPA antara lain *Aspergillus sp*, *Candida albicans*, dan *Histoplasma*.

Selain itu ISPA juga dapat dipicu oleh aspirasi makanan, asap kendaraan bermotor, BBM (bahan bakar minyak) biasanya minyak tanah, dan benda asing (biji-bijian).

2.5.3. Mekanisme Terjadinya ISPA dalam Tubuh Manusia

ISPA merupakan salah satu jenis *air-borne disease* atau dengan kata lain penyakit yang penularannya melalui udara. Agen penyebab ISPA baik itu berupa bakteri, virus, maupun jamur masuk ke tubuh manusia melalui perantara udara. Agen penyebab ini masuk ke saluran pernapasan dan akan menyebabkan iritasi dan infeksi.

Ketika agen masuk ke saluran pernapasan maka secara otomatis silia-silia yang ada di saluran pernapasan akan mendorongnya ke arah faring sebagai tindakan pencegahan. Namun jika hal ini gagal maka agen tersebut akan tinggal di lapisan epitel dan lapisan mukosa saluran pernapasan.

Iritasi agen penyebab pada kedua lapisan tersebut akan menyebabkan kerusakan pada lapisan dinding saluran pernapasan. Iritasi ini juga akan menyebabkan sekresi mukus melebihi normal sehingga menimbulkan gejala batuk. Iritasi ini juga mengawali terjadinya infeksi bakteri patogen yang ada di saluran pernapasan seperti *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* dan *Staphylococcus*. Bakteri-bakteri tersebut akan menyerang mukosa yang rusak sehingga mengakibatkan semakin banyak sekresi mukus. Hal ini dapat menyumbat saluran napas dan membuat batuk semakin banyak memproduksi dahak. Invasi bakteri ini pun dapat juga menyerang saluran pernapasan bawah dan menginfeksi paru-paru sehingga menimbulkan pneumonia.

2.5.4. Diagnosa dan Cara Pengukuran

Infeksi saluran pernapasan atas dapat didiagnosis melalui gejala seperti batuk yang disertai atau tanpa demam, hidung yang mampet atau berlendir, sakit tenggorokan, dan/atau gangguan telinga. Sedangkan gejala klinis dari infeksi saluran pernapasan bawah sama seperti gejala pada saluran pernapasan atas tetapi ditambah dengan gejala bernapas cepat dan berat (Ambrose, 2005).

2.5.5. Pengobatan dan Rehabilitasi

Pengobatan ISPA tergantung dengan tingkat keparahan penyakitnya. Jika pneumonia berat maka perlu dirawat di rumah sakit dan diberikan antibiotik parenteral, oksigen, dan sebagainya. Untuk pneumonia pengobatan dilakukan dengan pemberian obat antibiotik kotrimoksazol peroral. Bila penderita tidak memungkinkan diberi antibiotik di atas maka dapat diberikan obat antibiotik pengganti yaitu ampisilin, amoksisilin atau penisilin prokain.

Jika bukan pneumonia maka tidak perlu diberikan antibiotik dan cukup diberikan perawatan di rumah. Untuk mengatasi demam dapat diberikan parasetamol dan dikompres dengan menggunakan kain bersih yang dicelupkan pada air (tidak perlu air es). Untuk mengatasi batuk dapat diberikan obat batuk yang aman dengan ramuan tradisional berupa jeruk nipis $\frac{1}{2}$ sendok teh dicampur dengan kecap atau madu $\frac{1}{2}$ sendok teh, diberikan tiga kali sehari. Selain itu tetap diberikan makanan bergizi untuk meningkatkan daya tahan tubuh. Pemberian ASI pada bayi juga harus tetap dilanjutkan. Penderita juga diberikan cairan lebih dari biasanya misalnya air mineral, sari buah, dan lainnya. Hal ini dilakukan untuk mengencerkan dahak dan membantu memulihkan dari kehilangan cairan.

Untuk mempercepat kesembuhan penderita, usahakan lingkungan rumah bersih dan kondusif. Ventilasi rumah yang cukup dan hindari asap dalam rumah. Jika penderita demam tidak dianjurkan mengenakan pakaian atau selimut yang tebal dan rapat. Jika penderita pilek, hidungnya harus sering dibersihkan untuk mempercepat kesembuhan dan menghindari komplikasi. Jika selama perawatan di rumah keadaan penderita semakin memburuk maka dianjurkan untuk dibawa ke dokter (Rasmaliah, 2004).

2.6. Hubungan NO₂, SO₂, dan TSP dengan Kejadian ISPA

Dari penelitian yang dilakukan di Salamanca, Meksiko diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara SO₂ dengan gejala penyakit pernapasan yaitu *wheezing* (OR = 1.0213) dan ISPA (OR = 1,0521) setiap

kenaikan konsentrasi sebanyak $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan NO_2 terlihat signifikan pengaruhnya pada penurunan fungsi saluran pernapasan (Linares et al, 2010).

Penelitian di Palermo, Italia juga membuktikan bahwa polutan meningkatkan resiko kesehatan terutama pada saluran pernapasan, sebesar 2.2% (95% CI: 1.3-3.1) pada PM_{10} , 4.4% (95% CI: 0.3-8.6) pada SO_2 , 2.3% (95% CI: 0.1-4.7) pada CO, dan 1.5% (95% CI: 0.4-2.6) pada NO_2 (Tramuto et al, 2011).

Hasil penelitian efek polutan PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 di Beijing adalah SO_2 memiliki efek yang sama besar pada penyakit pernapasan dan kardiovaskular, sedangkan NO_2 memiliki efek terbesar pada penyakit pernapasan daripada kardiovaskular (Zhang, et.al, 2011).

Penelitian yang dilakukan di 10 kota di Italia membuktikan bahwa setiap kenaikan $10\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 berhubungan signifikan ($\alpha = 0.05$) dengan kematian biasa, kematian yang disebabkan penyakit jantung, dan terutama kematian yang disebabkan oleh penyakit pernapasan. Selama musim panas (April-September) juga terlihat hubungan signifikan antara NO_2 dengan penyakit cerebrovaskular. (Chiusolo, et al, 2011)

Efek NO_2 sehingga menyebabkan kematian terlepas dari pengaruh PM_{10} . Partikulat merupakan senyawa campuran yang terdiri dari partikel karbon termasuk partikel yang sangat halus yang mana dihasilkan oleh mesin diesel. Kenyataannya, mesin diesel juga menghasilkan NO_2 dan partikulat yang sangat halus sehingga terdapat korelasi antara PM, NO_2 , dan SO_2 . (Chiusolo, et al, 2011)

Di Turki dilakukan penelitian di tiga sekolah. Hasilnya menunjukkan bahwa penyakit pernapasan kronis (OR = 1.49; 95%CI: 1.11–1.99; $p = 0.008$), rasa sesak di dada (OR = 1.57; 95%CI: 1.22–2.02; $p = 0.001$), dan gejala batuk pada pagi hari (OR = 1.81 95%CI: 1.19–2.75; $p = 0.006$) lebih tinggi angkanya pada siswa yang melewati kawasan industri dengan tingkat NO_2 dan ozon tinggi ketika menuju sekolah. (Gül et al, 2011).

Kondisi di Montreal, Kanada terdapat peningkatan jumlah penderita asma pada anak-anak akibat pajanan SO_2 dari emisi kilang minyak. (Smargiassi, et al, 2009).

Konsentrasi rata-rata harian PM₁₀, SO₂, dan NO₂ di Shanghai pada tahun 2008 adalah 102.0 µg/m³, 44.7 µg/m³ dan 66.6 µg/m³. Pada dasarnya ketiga polutan ini saling terkait satu sama lain. Pada penelitian *single-pollutant model*, terdapat hubungan yang signifikan antara ketiga polutan tersebut terhadap peningkatan angka kematian per hari terutama yang disebabkan oleh penyakit pernapasan. (Chen, et al, 2008)

Studi yang dilakukan di Inggris menunjukkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi *black smoke* (BS) dan SO₂ dengan jumlah kematian. Efek konsentrasi kedua polutan ini sangat kuat pada penyakit pernapasan. Hasil analisis menunjukkan pada tahun 1982-1998 *relative risk* kematian adalah 3.6% (95% CI 2.6% to 4.5%) setiap kenaikan 10 mg/m³ BS dan 13.2% (95% CI 11.5% to 14.9%) setiap kenaikan 10 ppb SO₂, sedangkan pada periode sekarang *relative risk* kematian adalah 19.3% (95% CI 5.1% to 35.7%) pada BS dan 21.7% (95% CI 2.9% to 38.5%) pada SO₂ (Elliot, et al, 2007).

Penelitian di Hongkong menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara kunjungan penderita penyakit saluran pernapasan atas/*upper respiratory tract diseases* (URTI) dengan peningkatan konsentrasi NO₂, O₃, PM₁₀, dan PM_{2.5}. Polutan yang paling beresiko adalah NO₂ (3.0%), lalu diikuti dengan O₃ (2.5%), PM_{2.5} (2.1%), dan PM₁₀ (2.0%) (Wong, et al, 2005).

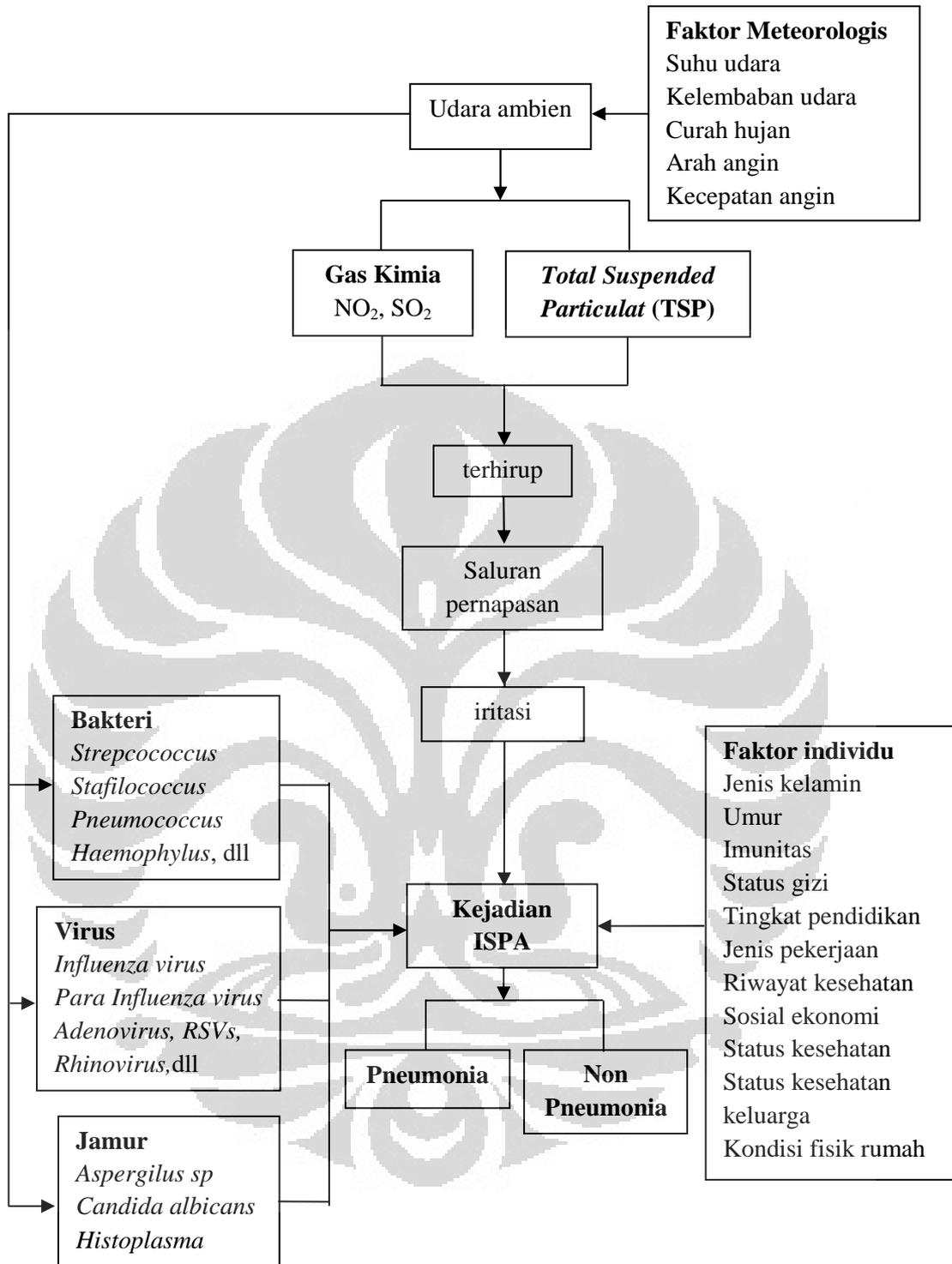
BAB 3

KERANGKA KONSEPSIONAL

3.1. Kerangka Teori

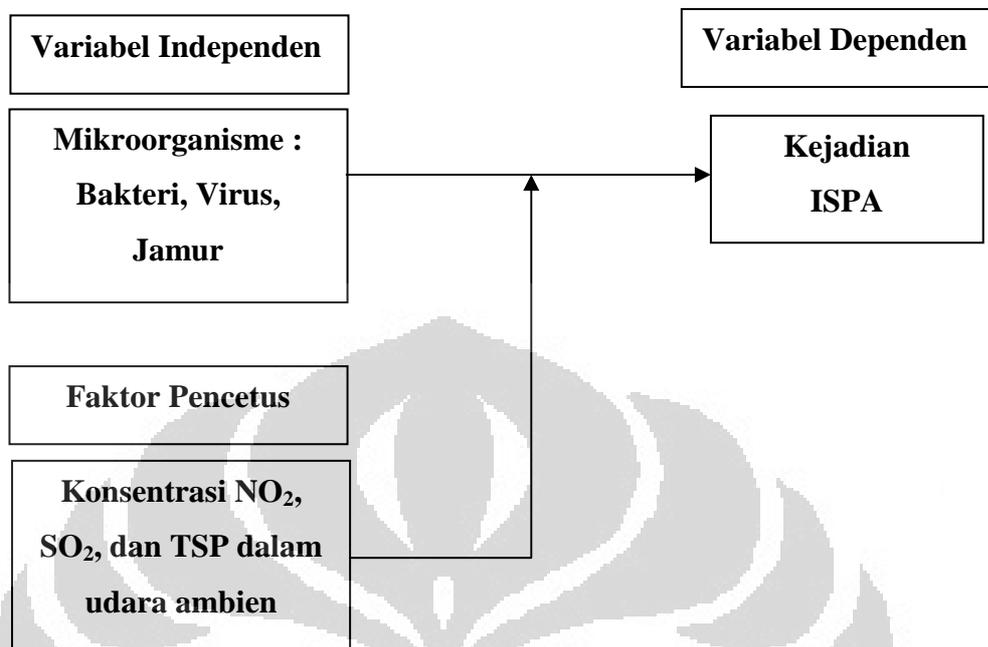
Polutan gas NO₂ dan SO₂ serta *Total Suspended Particulate* (TSP) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan aktivitas industri berkumpul di udara ambien atau udara bebas. Keberadaan gas NO₂, SO₂, dan TSP di udara ambien dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologis seperti suhu, kelembaban, curah hujan, arah angin, dan kecepatan angin. Gas NO₂, SO₂ dan TSP ini terhirup oleh manusia dan masuk ke saluran pernapasan. Di dalam saluran pernapasan, agen-agen ini akan mengiritasi lapisan epitel dan lapisan mukosa saluran pernapasan. Jika terjadi pajanan dalam dosis tinggi dan waktu yang lama maka akan mengakibatkan lumpuhnya lapisan epitel dan silia yang ada di saluran pernapasan. Hal ini menyebabkan saluran pernapasan menjadi lebih rentan karena sistem pertahanan saluran pernapasan sudah lumpuh. Oleh karena itu, polutan partikulat dan mikroorganisme lebih mudah keluar masuk saluran pernapasan.

ISPA disebabkan oleh mikroorganisme yaitu bakteri, virus, dan jamur. Jenis bakteri yang menyebabkan ISPA yaitu dari genus *Streptococcus*, *Stafilococcus*, *Pneumococcus*, *Haemophylus*, *Bordetella*, *Corynebakterium*, *Mycoplasma pneumonia* dan *Chlamydia pneumonia*. Umumnya bakteri menyebabkan ISPA pneumonia. Jenis virus yang menyebabkan ISPA adalah *Influenza virus*, *Para Influenza virus*, *Respiratory syncytial virus/RSVs*, *Adenovirus*, *Rhinovirus*, *Picornavirus*, *Coronavirus*, *Mixoplasma*, dan *Herpesvirus*. Jenis jamur yang menyebabkan ISPA adalah *Aspergillus sp*, *Candida albicans*, dan *Histoplasma*. Umumnya virus dan jamur menyebabkan ISPA non pneumonia. Selain itu, ada faktor-faktor individu yang mempengaruhi proses terjadinya ISPA seperti faktor jenis kelamin, umur, imunitas, status gizi, tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, riwayat kesehatan, kondisi sosial ekonomi, status kesehatan individu, status kesehatan keluarga, dan kondisi fisik rumah.



Gambar 3.1. Kerangka Teori

3.2. Kerangka Konsep



Gambar 3.2. Kerangka Konsep

Variabel independen atau variabel penyebab ISPA adalah mikroorganisme yaitu bakteri, virus, dan jamur. Gas NO₂, SO₂, dan TSP yang dapat mengiritasi lapisan mukosa saluran pernapasan berperan sebagai faktor pencetus. Namun pada penelitian ini, peneliti akan lebih fokus untuk melihat apakah konsentrasi NO₂, SO₂, dan TSP dalam udara ambien sebagai faktor pencetus dapat mempengaruhi kejadian ISPA.

3.3. Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Skala Ukur	Hasil Ukur	Cara Ukur	Alat Ukur
Konsentrasi Nitrogen dioksida (NO ₂) dalam udara ambien	Nilai numerik konsentrasi NO ₂ yang ditemukan dalam udara ambien di lokasi pengambilan sampel	Rasio	µg/m ³	Pengukuran	Spektrofotometer UV-VIS metode <i>Griess Saltzman</i>
Konsentrasi Sulfur dioksida (SO ₂) dalam udara ambien	Nilai numerik konsentrasi SO ₂ yang ditemukan dalam udara ambien di lokasi pengambilan sampel	Rasio	µg/m ³	Pengukuran	Spektrofotometer UV-VIS metode pararosanilin
Konsentrasi <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) dalam udara ambien	Nilai numerik konsentrasi TSP yang ditemukan dalam udara ambien di lokasi pengambilan sampel	Rasio	µg/m ³	Pengukuran	<i>High Volume Sampler</i> dengan metode gravimetri
ISPA	Infeksi akut yang menyerang salah satu bagian atau lebih dari saluran napas mulai dari hidung hingga alveoli termasuk adneksanya (sinus, rongga telinga tengah, dan pleura) (Depkes, 2007)	Rasio	Jumlah kasus	Diagnosis klinis oleh dokter atau perawat	Diagnosis paramedis

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. Rancangan Studi

Desain studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain studi ekologi berbasis *time trend*. Data yang digunakan merupakan data kasus ISPA yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Bekasi dan data pengukuran kualitas udara yang diperoleh dari Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH) Kota Bekasi.

4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Bekasi pada bulan April - Mei 2012.

4.3. Unit Analisis

Unit analisis penelitian ini adalah kecamatan. Pada penelitian ini ada 6 kecamatan yang akan dianalisis berdasarkan data pengukuran kualitas udara dan laporan kasus ISPA di Kota Bekasi pada tahun 2004-2011.

4.4. Rancangan Sampel

4.4.1. Populasi

Populasi dari penelitian ini adalah nilai hasil pengukuran parameter kualitas udara (NO_2 , SO_2 , dan TSP) yang diambil setiap tahun dan laporan kejadian kasus ISPA setiap tahun di Kota Bekasi pada tahun 2004-2011.

4.4.2. Sampel

Sampel pada penelitian ini adalah data kualitas udara pada tahun 2004-2011 dan laporan kejadian kasus ISPA tahun 2004-2011 pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi yaitu Kecamatan Bekasi Barat, Kecamatan Bekasi Selatan, Kecamatan Bekasi Timur, Kecamatan Bekasi Utara, Kecamatan Pondok Gede, dan Kecamatan Rawa Lumbu.

4.5. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Bekasi terkait dengan data kasus ISPA tahun 2004-2011. Selain itu, data sekunder juga diperoleh dari Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH) Kota Bekasi terkait dengan data pengukuran kualitas udara tahun 2004-2011.

4.6. Analisis Data

4.6.1. Manajemen Data

Adapun langkah-langkah dalam manajemen data adalah sebagai berikut :

- a. Mengkode data (*data coding*)
- b. Menyunting data (*data editing*)
- c. Memasukkan data (*data entry*)
- d. Membersihkan data (*data cleaning*)

4.6.2. Analisis Data

4.6.2.1. Analisis Univariat

Analisis univariat dilakukan untuk melihat distribusi frekuensi, nilai minimum, nilai maksimum, dan nilai rata-rata pada semua variabel. Hasil analisis ini akan disajikan dalam bentuk tabel yang akan dijelaskan dalam hasil penelitian. Selain itu untuk melihat gambaran tren setiap tahun, maka akan ditampilkan grafik tren tahun 2004-2011 per kecamatan.

4.6.2.2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk melihat hubungan antara konsentrasi NO₂, SO₂, dan TSP dalam udara ambien dengan kejadian ISPA. Variabel tersebut berskala rasio sehingga uji yang digunakan adalah uji korelasi *produc moment* atau *Pearson correlation*. Uji

korelasi dikatakan bermakna jika $p \leq 0,05$ dengan derajat kemaknaan koefisien korelasi (r) sebagai berikut :

$r = 0 - 0,25$: tidak ada hubungan atau hubungan lemah

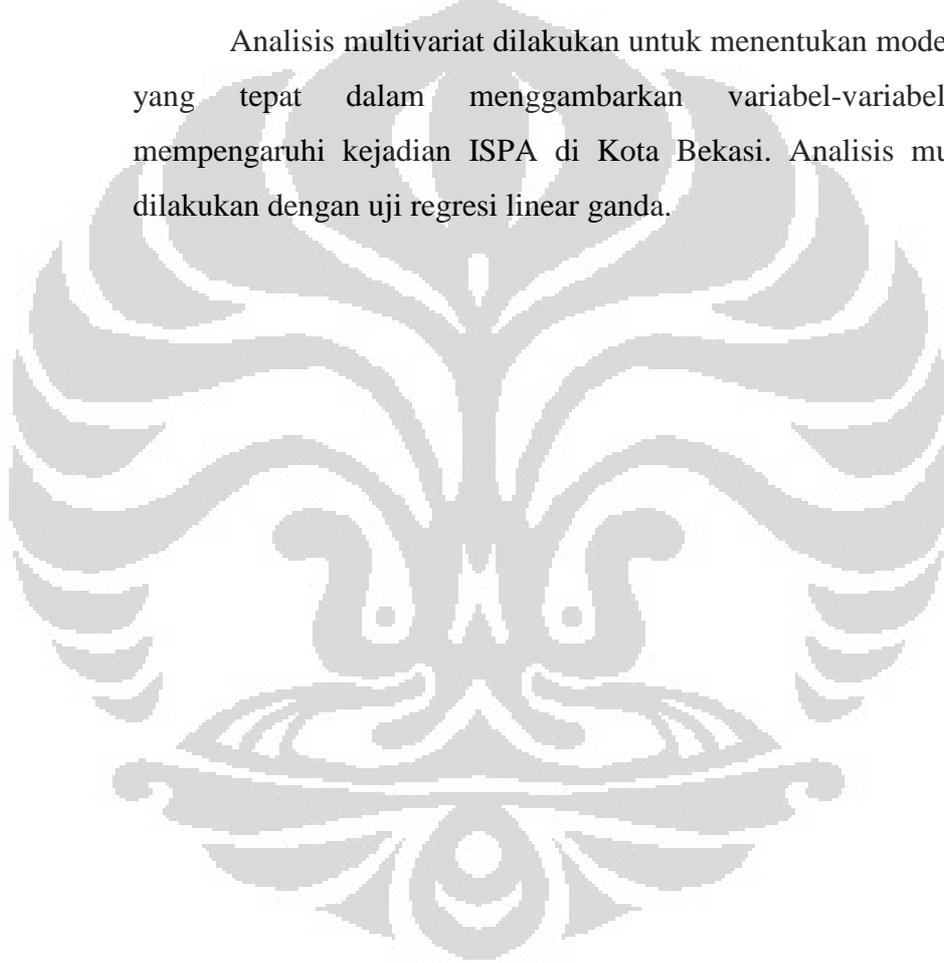
$r = 0,26 - 0,50$: hubungan sedang

$r = 0,51 - 0,75$: hubungan kuat

$r > 0,75$: hubungan sangat kuat atau sempurna

4.6.2.3. Analisis Multivariat

Analisis multivariat dilakukan untuk menentukan model regresi yang tepat dalam menggambarkan variabel-variabel yang mempengaruhi kejadian ISPA di Kota Bekasi. Analisis multivariat dilakukan dengan uji regresi linear ganda.



BAB 5

GAMBARAN UMUM WILAYAH

5.1. Luas dan Letak Geografis

Kota Bekasi merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Jawa Barat. Secara geografis, Kota Bekasi terletak pada $106^{\circ}55'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}7' - 6^{\circ}15'$ Lintang Selatan. Kota Bekasi terletak pada ketinggian 19 meter di atas permukaan laut.

Kota Bekasi memiliki luas sebesar $210,49 \text{ km}^2$. Batas-batas wilayah yang mengelilingi Kota Bekasi adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kabupaten Bekasi

Sebelah Selatan : Kabupaten Bogor

Sebelah Barat : Jakarta Timur

Sebelah Timur : Kabupaten Bekasi

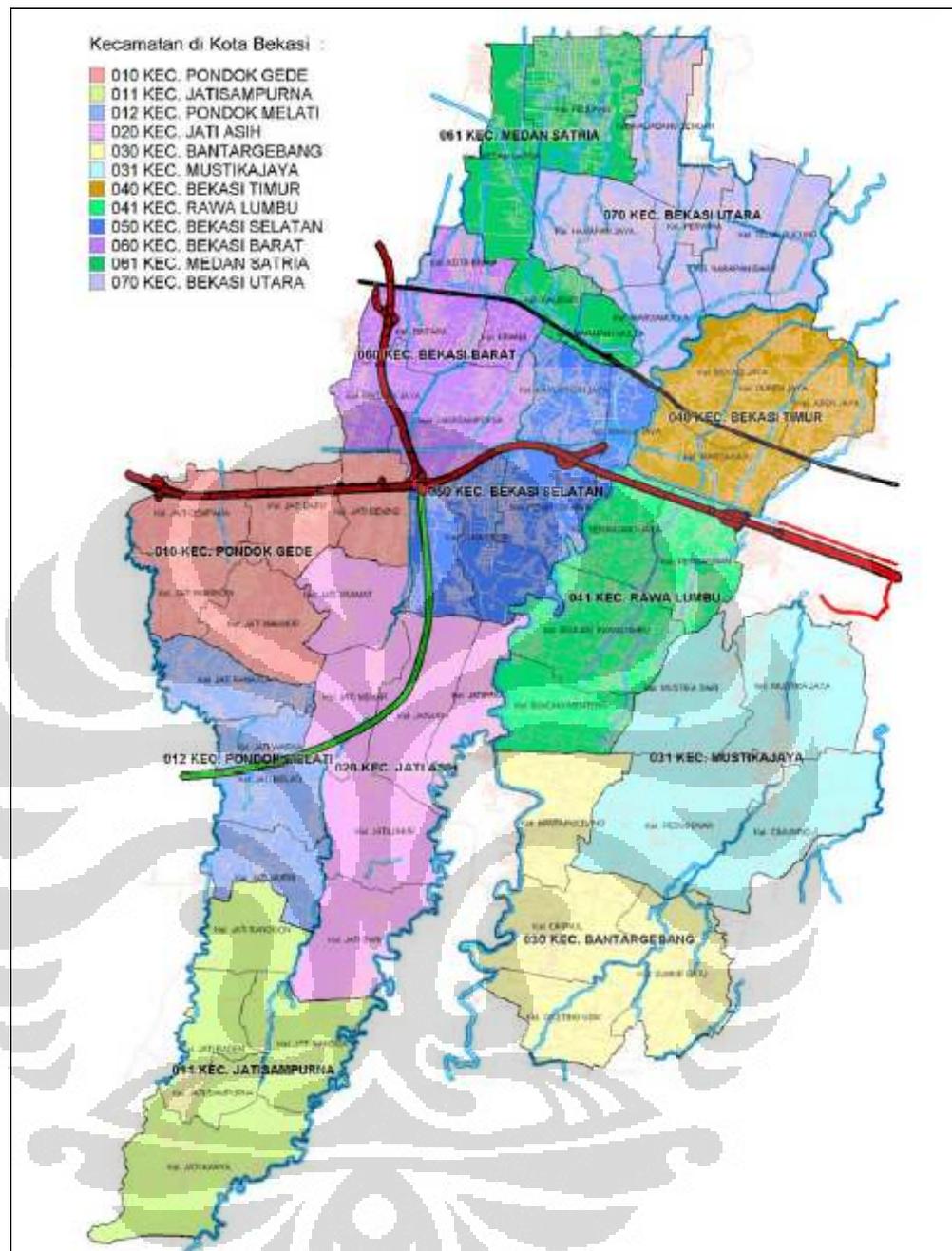
5.2. Pembagian Wilayah Administratif

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Bekasi Nomor 4 tahun 2004 tentang Pembentukan Wilayah Administrasi Kecamatan dan Kelurahan, Kota Bekasi terbagi menjadi 12 kecamatan dan 56 kelurahan. (Tabel 5.1)

Tabel 5.1 Luas Wilayah menurut Kecamatan di Kota Bekasi

Kecamatan	Luas		Kelurahan
	Ha	%	
Pondok Gede	1629	7,74	5
Jati Sampurna	1449	6,88	5
Pondok Melati	1857	8,82	4
Jati Asih	2200	10,45	6
Bantar Gebang	1704	8,10	4
Mustika Jaya	2473	11,75	4
Bekasi Timur	1349	6,41	4
Rawa Lumbu	1567	7,44	4
Bekasi Selatan	1496	7,11	5
Bekasi Barat	1889	8,97	5
Medan Satria	1471	6,99	4
Bekasi Utara	1965	9,33	6
Kota Bekasi	21049	100,00	56

Sumber : Kota Bekasi dalam Angka, 2010



Sumber : Kota Bekasi dalam Angka, 2010

Gambar 5.1 Peta Kota Bekasi

5.3. Penduduk

Berdasarkan Sensus Penduduk Kota Bekasi tahun 2010, jumlah penduduk Kota Bekasi adalah 2.336.498 jiwa yang terdiri dari 1.182.496 laki-laki dan 1.153.993 perempuan. Penyebaran penduduk di Kota Bekasi didominasi oleh 4 Kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak yaitu

Kecamatan Bekasi Utara dengan jumlah 310.198 orang (13,28%), Kecamatan Bekasi Barat dengan jumlah 270.569 orang (11,58%), Kecamatan Bekasi Timur dengan jumlah 248.046 orang (10,62%), dan Kecamatan Pondok Gede dengan jumlah 246.413 orang (10,55%).

Laju pertumbuhan penduduk Kota Bekasi pada tahun 2010 sebesar 3,48 % dengan Kecamatan Mustika Jaya sebagai kecamatan dengan laju pertumbuhan penduduk tertinggi yaitu 8,43 % per tahun dan Kecamatan Bekasi Timur sebagai kecamatan dengan laju pertumbuhan penduduk terendah yaitu 1,33 % per tahun.

Rata-rata kepadatan penduduk Kota Bekasi adalah 11.100 jiwa per km². Wilayah yang paling padat penduduknya adalah Kecamatan Bekasi Timur yang kepadatannya mencapai 18.387 jiwa per km² pada tahun 2010. Sedangkan wilayah yang paling rendah kepadatannya adalah Kecamatan Bantar Gebang yaitu sebesar 5.631 jiwa per km².

5.4. Topografi

Topografi Kota Bekasi secara umum relatif datar dengan kemiringan lahan yang bervariasi antara 0-2 % dan rata-rata berada pada ketinggian kurang dari 25 meter di atas permukaan laut. Wilayah dengan ketinggian kurang dari 25 meter adalah kecamatan Medan Satria, Bekasi Utara, Bekasi Selatan, dan Bekasi Timur. Wilayah dengan ketinggian antara 25-100 meter adalah kecamatan Bantar Gebang, Pondok Melati, dan Jati Asih (BPS Kota Bekasi 2009 dalam Laporan Pengujian Kualitas Udara Ambien Jalan Raya Kota Bekasi tahun 2011).

5.5. Iklim

Kota Bekasi termasuk ke dalam wilayah tropis pantai dengan suhu udara bervariasi antara 28-33 °C. Kelembaban udara rata-rata di Kota Bekasi adalah 80 % dan kelembaban maksimum 90 %. Suhu udara yang relatif tinggi disebabkan oleh semakin berkurangnya lahan terbuka hijau akibat dari peralihan peruntukkan ruang kota. Kota Bekasi dipengaruhi oleh angin Muson Barat pada bulan November hingga April dan angin Muson Timur pada bulan

Mei hingga Oktober (BPS Kota Bekasi 2009 dalam Laporan Pengujian Kualitas Udara Ambien Jalan Raya Kota Bekasi tahun 2011).

Pada tahun 2009, iklim di Kota Bekasi cenderung panas. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dan Februari yaitu sebesar 311 mm dan 320 mm. curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 0 mm yang artinya tidak ada hari hujan sama sekali. Total curah hujan pada tahun 2009 adalah 1.518 mm (Kota Bekasi dalam Angka tahun 2010).

5.6. Struktur Tata Ruang Wilayah

Struktur tata ruang Kota Bekasi diarahkan menjadi 4 wilayah pengembangan atau bagian wilayah kota (BWK). Pengembangan wilayah ini didasarkan pada karakteristik perkembangan yang terlihat dari proporsi kawasan terbangun dan pola kepadatan penduduk, homogenitas kegiatan, dan potensi kesesuaian lahan. Pengembangan masing-masing BWK di Kota Bekasi dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Arahan Pengembangan BWK Kota Bekasi

Bagian Wilayah Kota	Kecamatan	Luas (Ha)	Arahan Pengembangan
BWK I (Pusat Kota)	Bekasi Timur Bekasi Selatan Bekasi Barat Bekasi Utara	9.737	<ul style="list-style-type: none"> • Perdagangan dan Jasa • Pemerintah Kota • Pendidikan • Fasilitas Kesehatan • Perumahan Kepadatan Sedang dan Tinggi • Jasa Industri • Terminal tipe A • TPU
BWK II (Pondok Gede)	Pondok Gede Jati Asih Pondok Melati	3.946	<ul style="list-style-type: none"> • Perumahan Kepadatan Sedang dan Tinggi • Perdagangan dan Jasa • Pendidikan • Cagar Budaya
BWK III (Bantar Gebang)	Bantar Gebang dan sekitarnya	4.178	<ul style="list-style-type: none"> • Perumahan Kepadatan Sedang dan Rendah • Industri • Perdagangan dan Jasa • RTH Pertanian
BWK IV (Jati Sampurna)	Jati Sampurna dan sekitarnya	3.188	<ul style="list-style-type: none"> • Perumahan Kepadatan Sedang dan Rendah • Perdagangan dan Jasa • Pusat BWK • RTH Pertanian

Sumber : Laporan Pengujian Kualitas Udara Ambien Jalan Raya Kota Bekasi tahun 2011

5.7. Sistem Transportasi dan Jalan Raya

Lalu lintas di Kota Bekasi didominasi oleh kegiatan perdagangan, jasa, pendidikan, dan komuter. Karena letaknya yang dekat dengan ibukota DKI Jakarta, pola pergerakan ke pusat kota menuju DKI Jakarta terjadi pada pagi hingga siang hari dan pola pergerakan sebaliknya pada sore hari. Akses jalan yang menghubungkan Kota Bekasi dengan Jakarta yaitu :

1. Jalan arteri Juanda – Sudirman – Sultan Agung
2. Jalan Tol Cikampek – Jakarta
3. Jalan Kali Malang – Cawang
4. Jalan Bintara – Pondok Kopi
5. Jalan Jatiwaringin – Pondok Gede
6. Jalan Pekayon – Jati Asih – Jakarta (Kali Sunter)

Sebagian penduduk Kota Bekasi merupakan pekerja di ibukota sehingga kondisi lalu lintas diwarnai kemacetan setiap harinya terutama pada jam-jam sibuk. Ruas jalan yang sering mengalami kemacetan adalah :

1. Jalan Ahmad Yani (Pintu keluar Tol Bekasi Barat)
2. Jalan Ahmad Yani – Cut Mutia (Jembatan Tol Pekayon – Rawa Panjang)
3. Jalan Ir. H. Juanda (sekitar stasiun Bekasi dan pasar baru)
4. Jalan Chairil Anwar – Cut Mutia (sekitar Karang Kitri)
5. Pintu keluar Tol Bekasi Timur

Kemacetan disebabkan oleh meningkatnya jumlah kendaraan yang terdapat di Kota Bekasi. Data pada tahun 2010 menunjukkan bahwa tercatat sebanyak 172.734 unit kendaraan roda empat dan lebih dan 734.387 unit kendaraan roda dua. Kemacetan juga terjadi pada daerah sekitar lokasi stasiun kereta api Bekasi dan perlintasan sebidang antar rel kereta api dengan jalan raya. Perlintasan sebidang ini antara lain di daerah Bulan-bulan, Jalan Agus Salim, daerah Pasar Baru dan Jalan M Yamin, daerah Bulak Kapal, Jalan K.H. Mansyur, dan Jalan Ampera (Laporan Pengujian Kualitas Udara Ambien Jalan Raya Kota Bekasi, 2011).

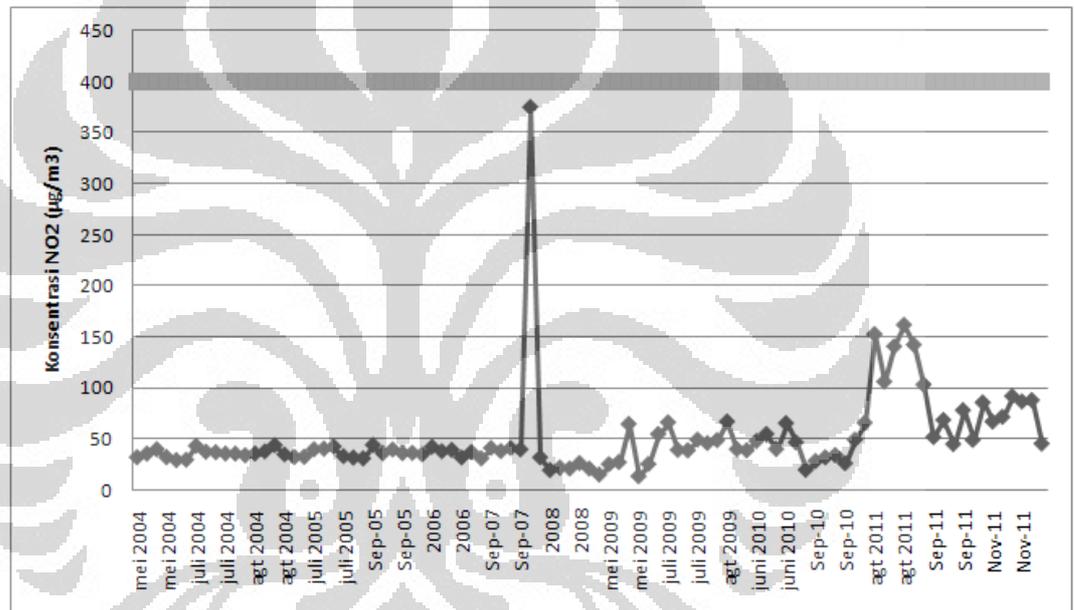
BAB 6

HASIL

6.1. Analisis Univariat

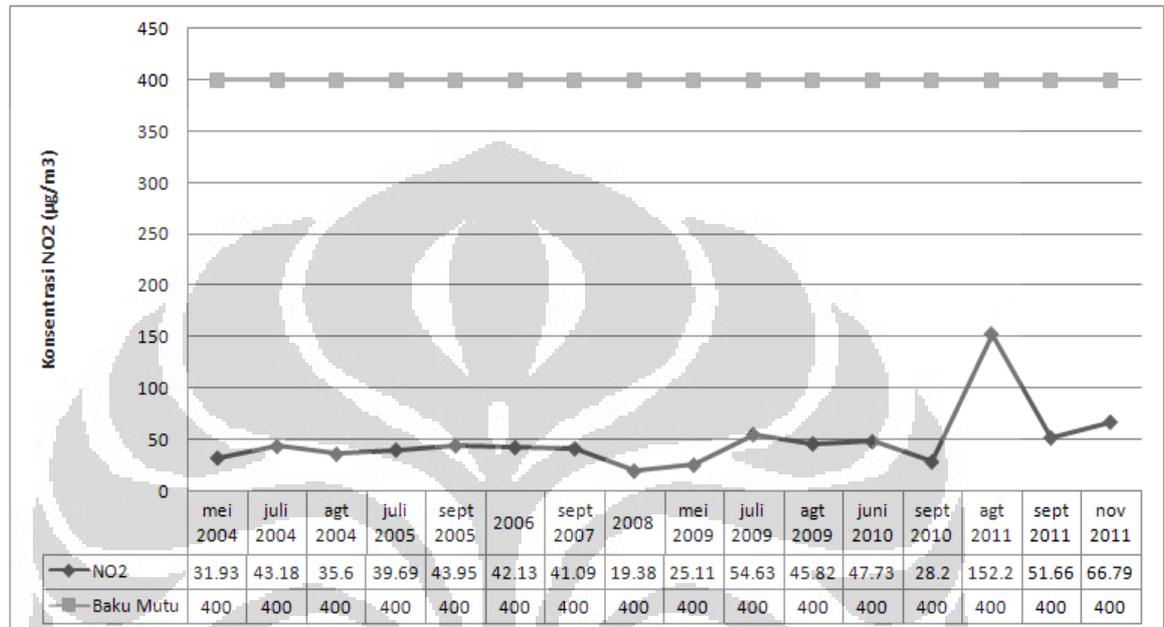
6.1.1. Konsentrasi NO₂

Total pengukuran konsentrasi NO₂ dalam udara ambien di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011 adalah 16 kali pengukuran. Gambaran konsentrasi NO₂ pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011 dapat dilihat pada gambar 6.1.



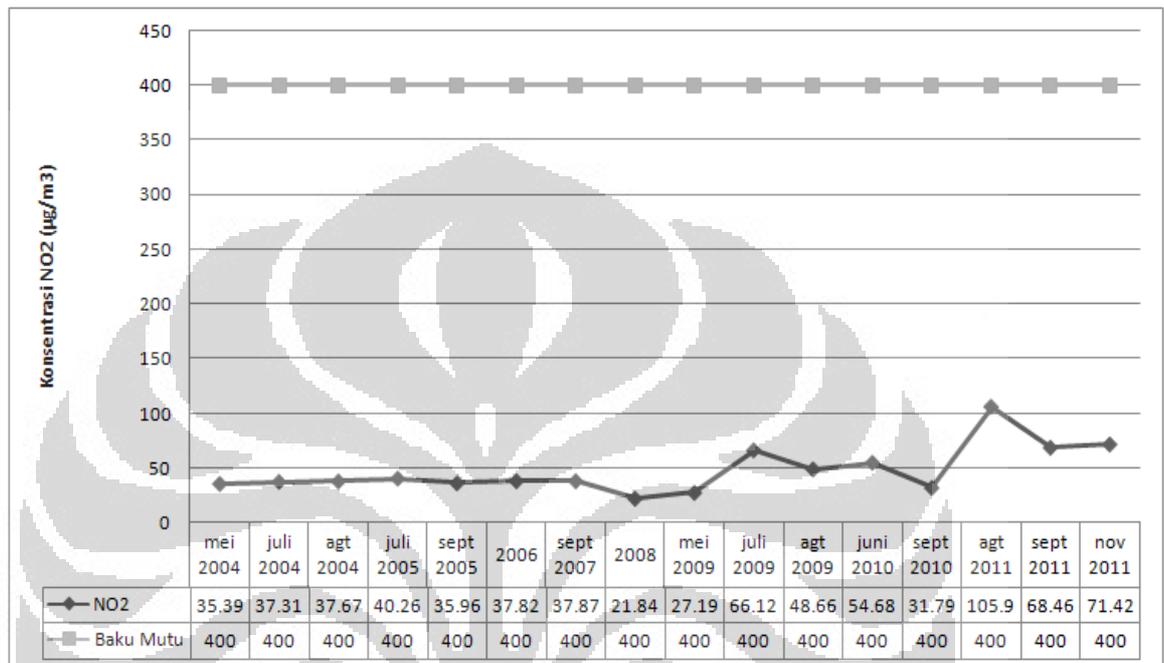
Gambar 6.1 Grafik Konsentrasi NO₂ pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Bekasi Barat dari tahun 2004-2011 cenderung statis dan masih berada di bawah baku mutu (400 µg/m³). Nilai tertinggi terjadi pada pengukuran Agustus 2011 yaitu mencapai 152,2 µg/m³. (Gambar 6.2)



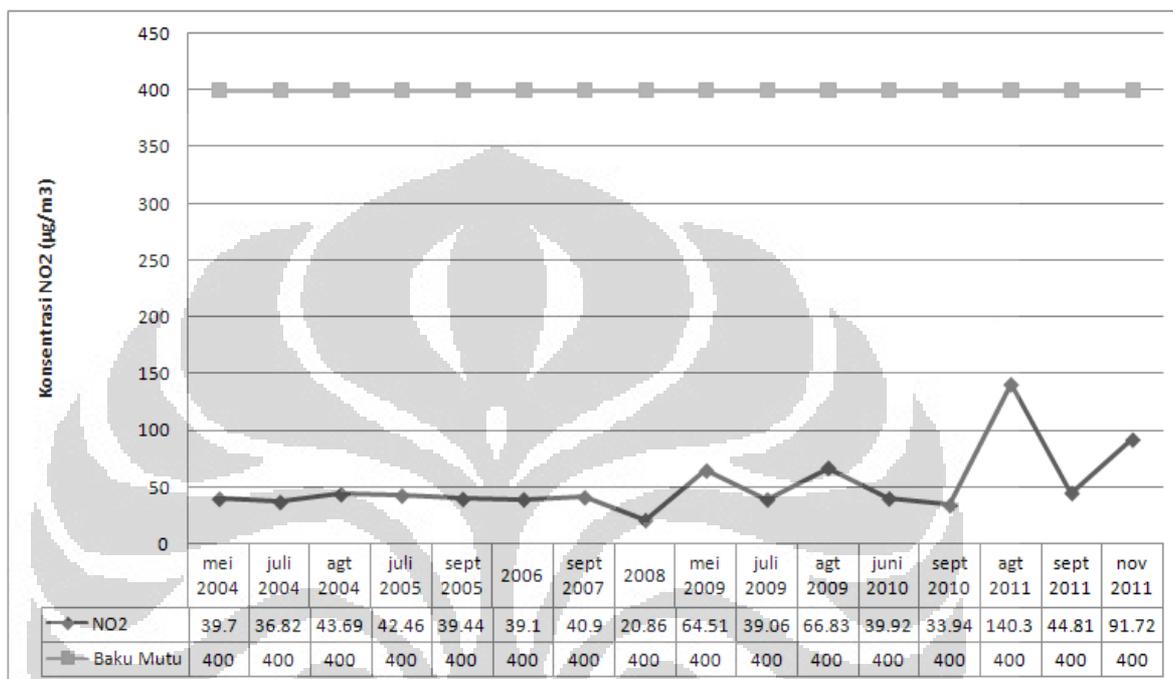
Gambar 6.2 Grafik Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011

Konsentrasi NO_2 di Kecamatan Bekasi Selatan menunjukkan peningkatan mulai dari tahun 2008 tetapi masih tetap di bawah nilai baku mutu ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2011 yaitu $105,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Gambar 6.3)



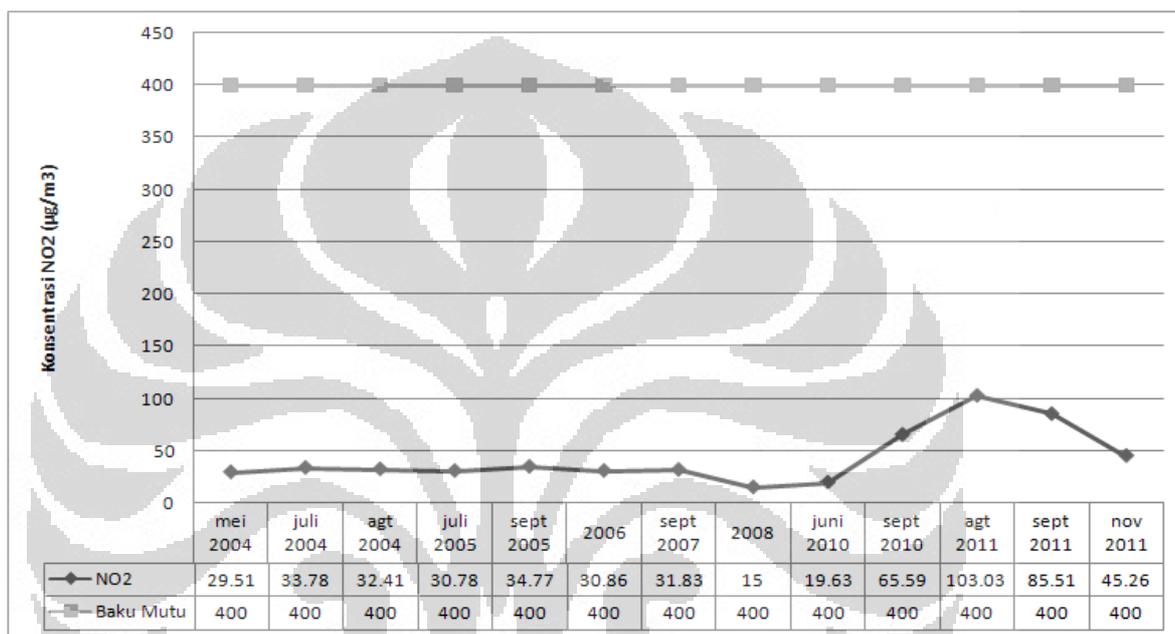
Gambar 6.3 Grafik Konsentrasi NO_2 di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011

Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Bekasi Timur juga menunjukkan peningkatan mulai dari tahun 2008 tetapi masih tetap di bawah nilai baku mutu (400 µg/m³). Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2011 yaitu mencapai 140,3 µg/m³. (Gambar 6.4)



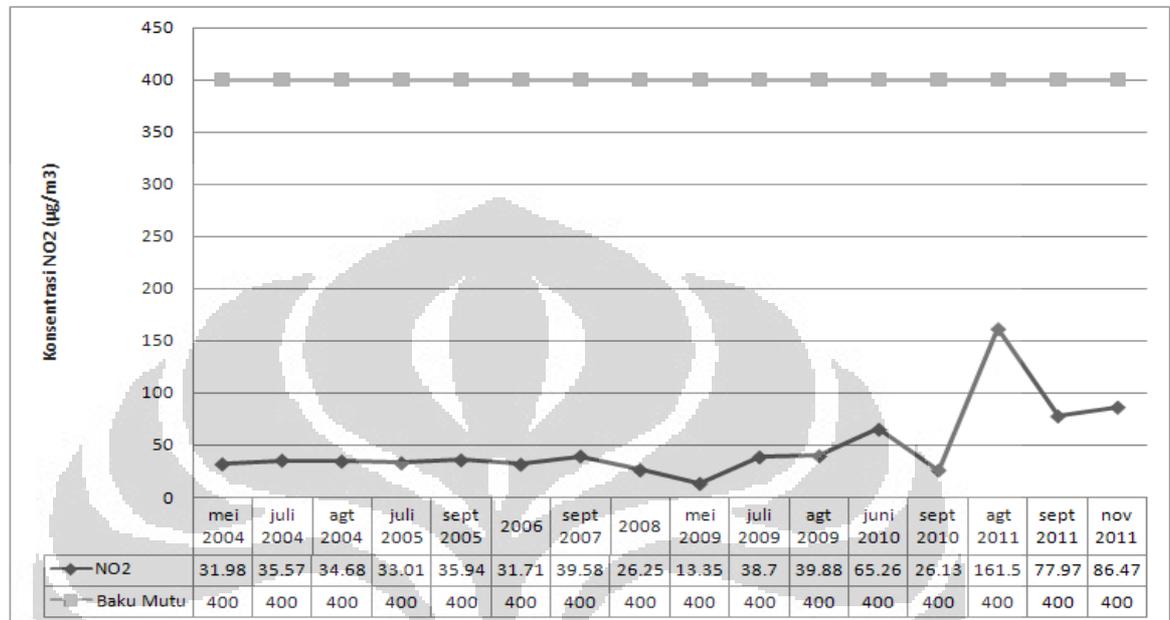
Gambar 6.4 Grafik Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011

Data pengukuran konsentrasi NO₂ di Kecamatan Bekasi Utara hanya diperoleh 13 kali pengukuran. Hasil pengukuran seluruhnya masih di bawah baku mutu (400 µg/m³). Peningkatan konsentrasi NO₂ terlihat mulai Juni 2010 dan kembali turun pada September 2011 dan November 2011. Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2011 yaitu 103,03 µg/m³. (Gambar 6.5)



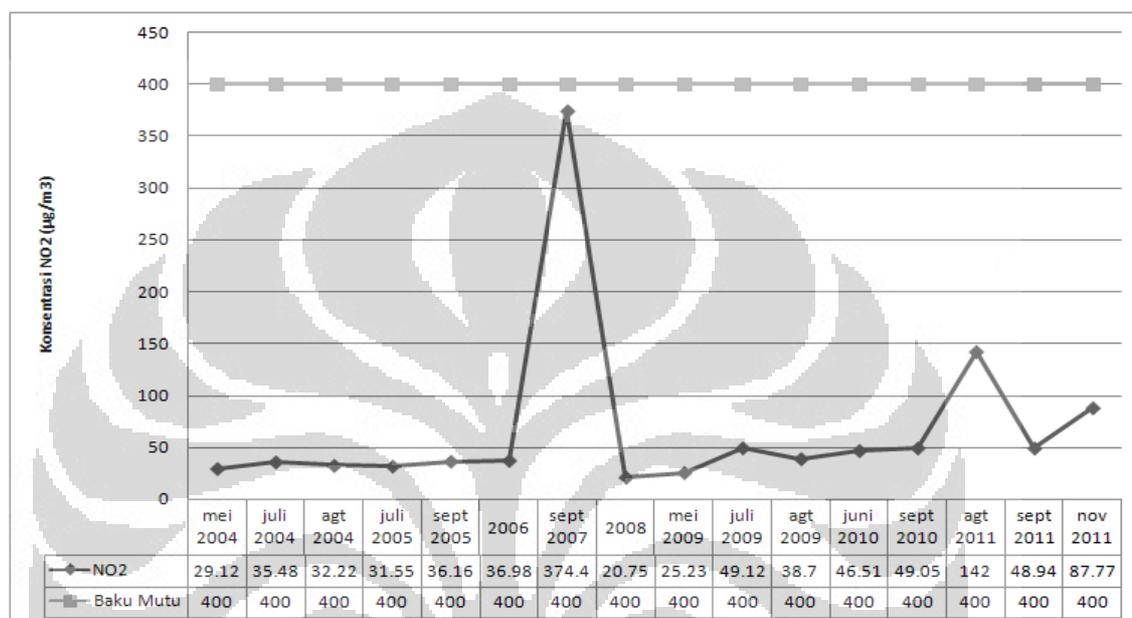
Gambar 6.5 Grafik Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011

Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Pondok Gede menunjukkan peningkatan mulai Juli 2009. Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2011 yaitu mencapai 161,5 µg/m³. (Gambar 6.6)



Gambar 6.6 Grafik Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011

Hasil pengukuran NO₂ di Kecamatan Rawa Lumbu menunjukkan peningkatan drastis pada September 2007 dan kembali turun pada tahun 2008. Konsentrasi NO₂ kembali menanjak naik mulai Juli 2009. Nilai tertinggi terjadi pada September 2007 yaitu mencapai 374,4 µg/m³ dan mendekati baku mutu (400 µg/m³). (Gambar 6.7)



Gambar 6.7 Grafik Konsentrasi NO₂ di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011

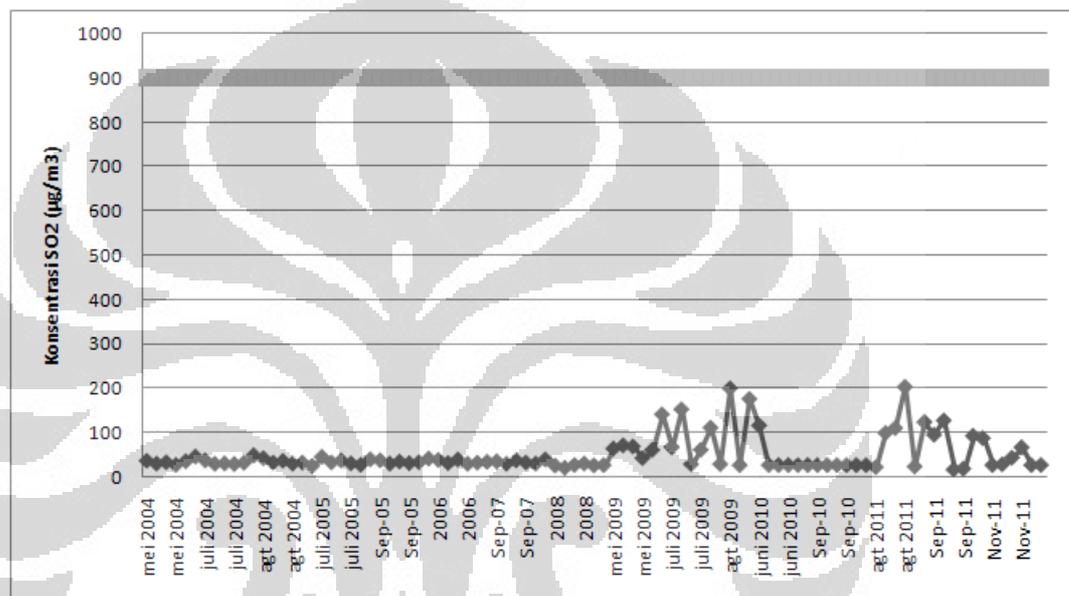
Dari seluruh data pengukuran konsentrasi NO₂ yang diperoleh yaitu 93 data, maka dapat diketahui nilai distribusi frekuensi konsentrasi NO₂ pada udara ambien di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011. Rata-rata konsentrasi NO₂ adalah 51,31 µg/m³ dengan standar deviasi 44,15. Nilai terendah adalah 13,35 µg/m³ dan nilai tertinggi adalah 374,46 µg/m³. (Tabel 6.1)

Tabel 6.1 Distribusi Frekuensi Konsentrasi NO₂ di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Variabel	Mean	SD	Minimal-maksimal	95 % CI	Baku Mutu
Konsentrasi NO ₂	51,31	44,15	13,35 – 374,46	42,21 – 60,40	400

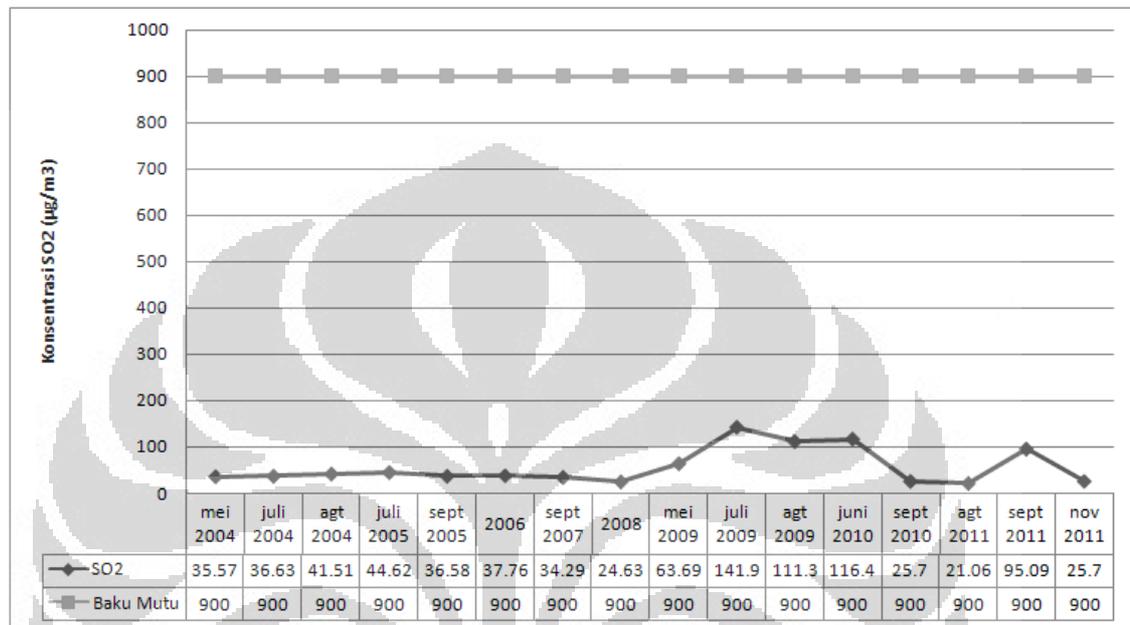
6.1.2. Konsentrasi SO₂

Total pengukuran konsentrasi SO₂ pada udara ambien di Kota Bekasi selama tahun 2004 – 2011 adalah 16 kali pengukuran kecuali pada Kecamatan Bekasi Utara yang hanya 13 pengukuran. Gambaran konsentrasi SO₂ setiap tahunnya pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi akan ditampilkan pada gambar 6.8.



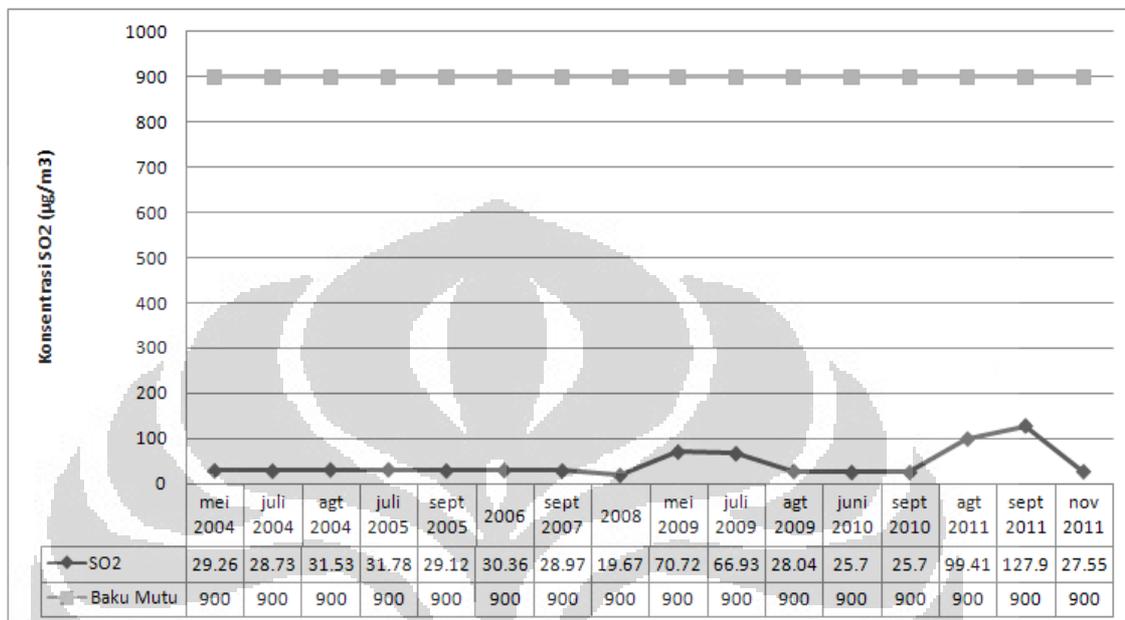
Gambar 6.8 Grafik Konsentrasi SO₂ pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Hasil pengukuran SO₂ di Kecamatan Bekasi Barat selama tahun 2004-2011 masih jauh berada di bawah baku mutu (900 µg/m³). Konsentrasi SO₂ mulai menunjukkan peningkatan pada Mei 2009 dan nilai tertinggi terjadi pada Juli 2009 yaitu 141,9 µg/m³. (Gambar 6.9)



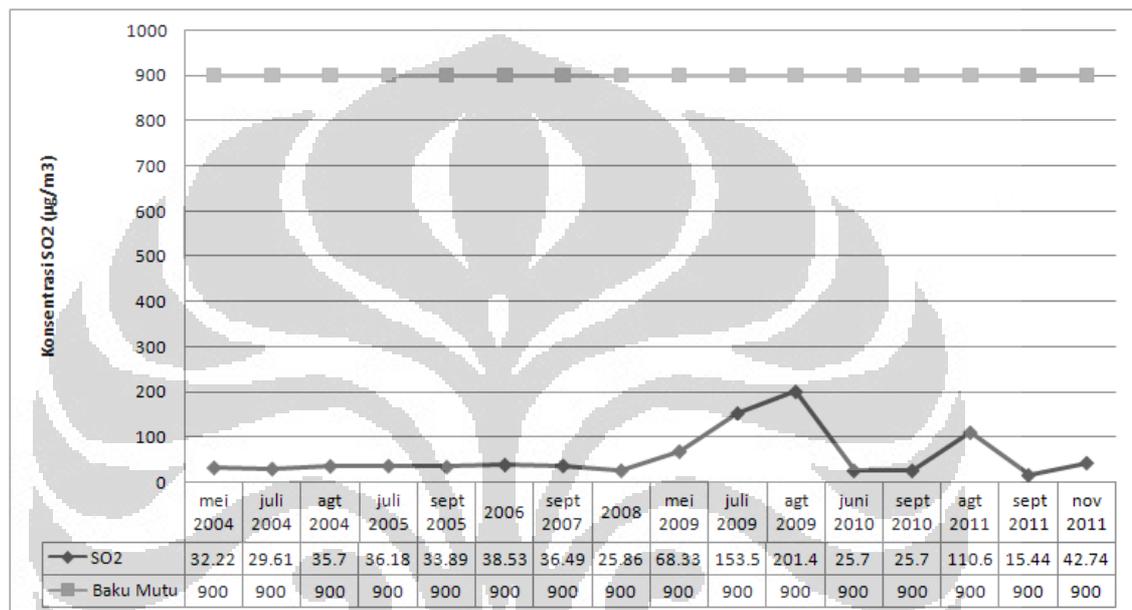
Gambar 6.9 Grafik Konsentrasi SO₂ di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011

Konsentrasi SO₂ di Kecamatan Bekasi Selatan juga masih jauh di bawah baku mutu (900 µg/m³). Nilai tertinggi terjadi pada September 2011 yaitu 127,9 µg/m³. (Gambar 6.10)



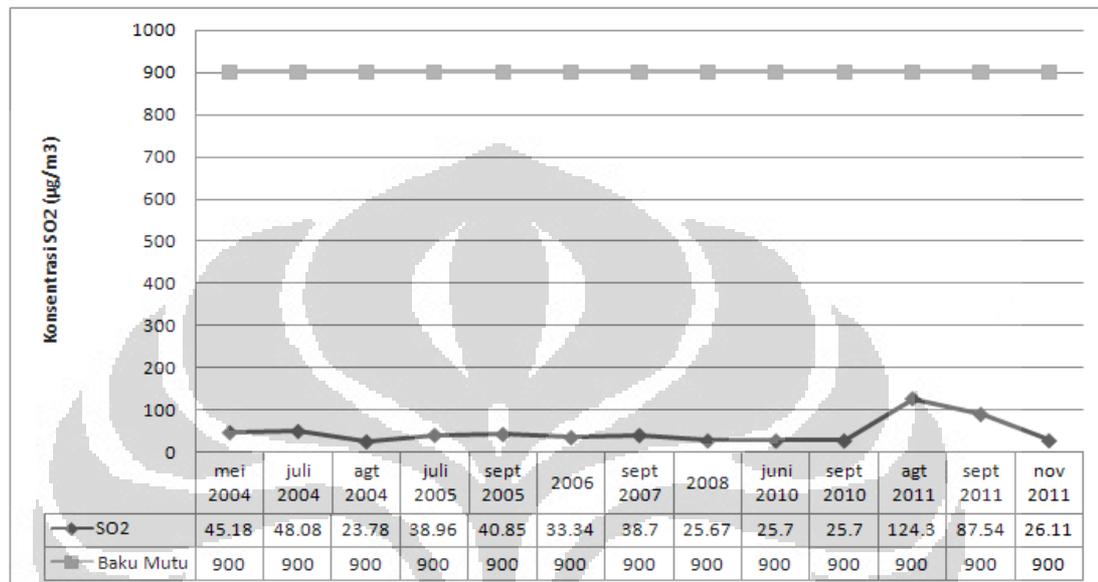
Gambar 6.10 Grafik Konsentrasi SO₂ di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011

Hasil pengukuran SO₂ di Kecamatan Bekasi Timur menunjukkan bahwa konsentrasi SO₂ masih berada di bawah baku mutu (900 µg/m³). Peningkatan konsentrasi SO₂ terjadi mulai Mei 2009 dan kembali turun pada Juni 2010. Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2009 yaitu sebesar 201,4 µg/m³. (Gambar 6.11)



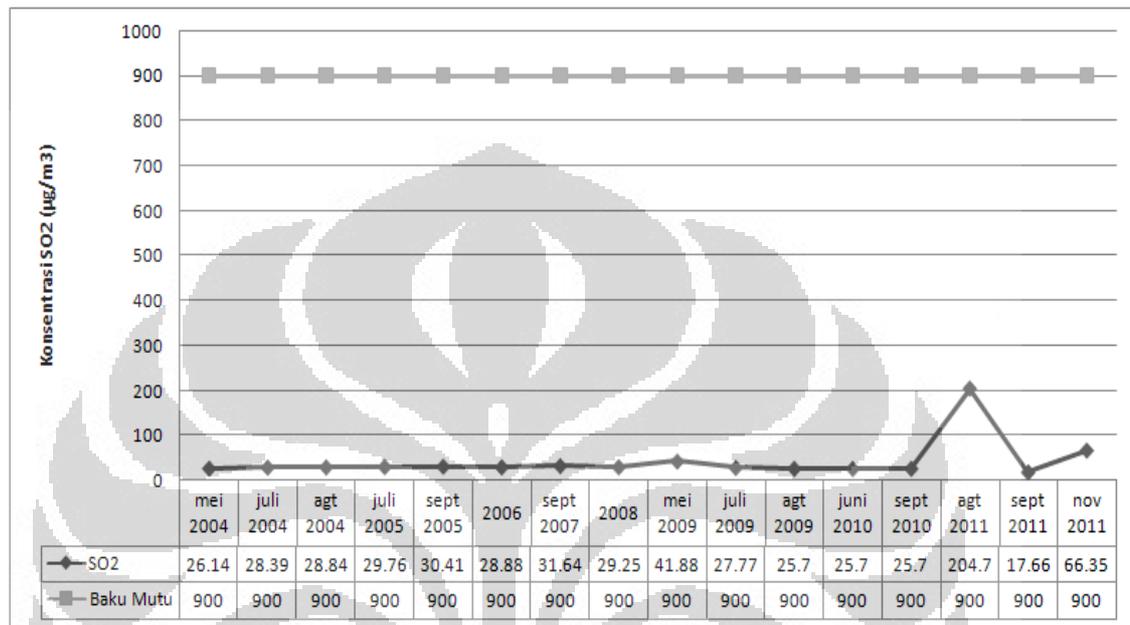
Gambar 6.11 Grafik Konsentrasi SO₂ di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011

Hasil pengukuran konsentrasi SO₂ di Kecamatan Bekasi Utara juga menunjukkan grafik yang cenderung statis. Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2011 yaitu 124,3 µg/m³ dan kembali turun pada September 2011. (Gambar 6.12)



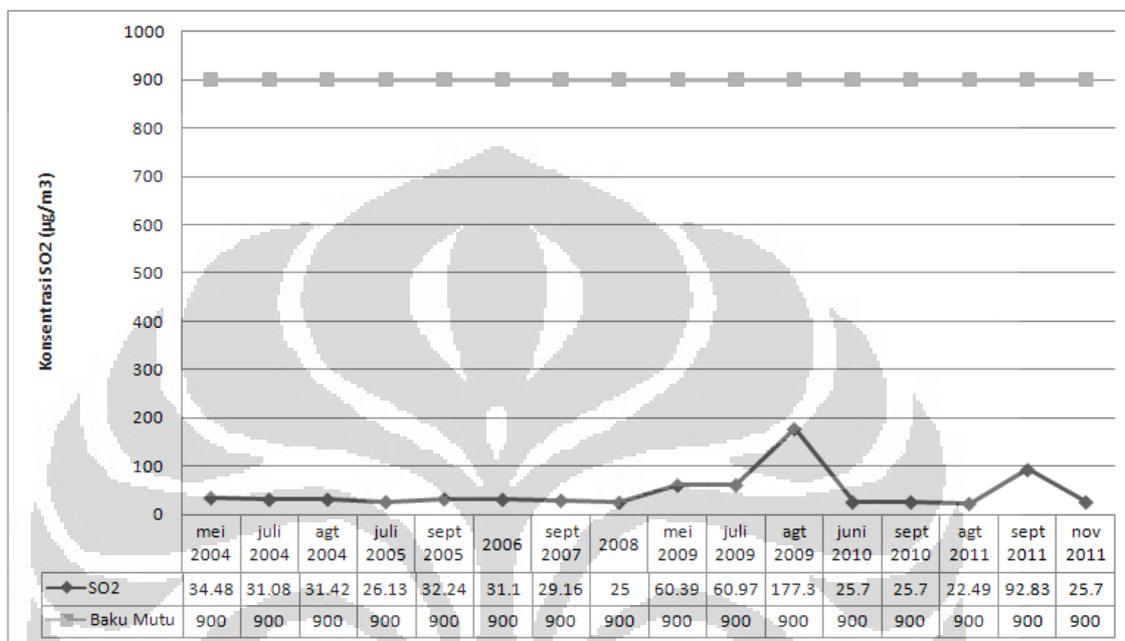
Gambar 6.12 Grafik Konsentrasi SO₂ di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011

Konsentrasi SO_2 di Kecamatan Pondok Gede selama tahun 2004-2011 juga masih di bawah baku mutu ($900 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2011 yaitu $204,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan kembali turun pada September 2011. (Gambar 6.13)



Gambar 6.13 Grafik Konsentrasi SO_2 di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011

Hasil pengukuran SO₂ di Kecamatan Rawa Lumbu selama tahun 2004-2011 seluruhnya masih di bawah baku mutu (900 µg/m³). Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2009 yaitu sebesar 177,3 µg/m³. (Gambar 6.14)



Gambar 6.14 Grafik Konsentrasi SO₂ di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011

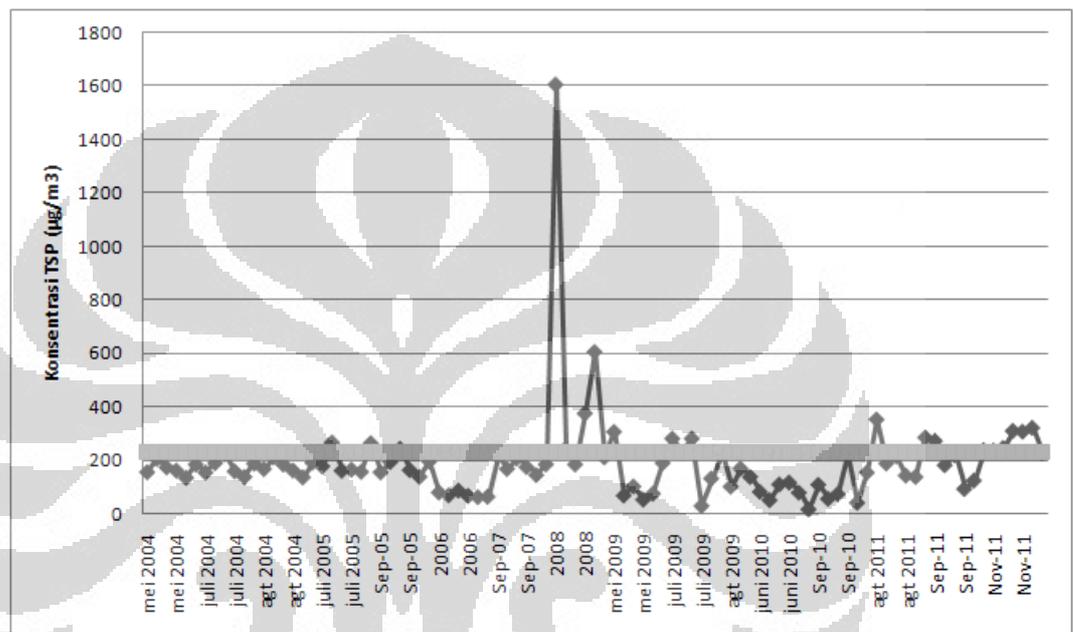
Dari seluruh data konsentrasi SO₂ di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011 diketahui rata-rata sebesar 48,28 µg/m³ dengan standar deviasi 39,78. Nilai terendah adalah 15,44 µg/m³ dan nilai tertinggi adalah 204,72 µg/m³. (Tabel 6.2)

Tabel 6.2 Distribusi Frekuensi Konsentrasi SO₂ di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Variabel	Mean	SD	Minimal- maksimal	95 % CI	Baku Mutu
Konsentrasi SO ₂	48,28	39,78	15,44 – 204,72	40,09 – 56,48	900

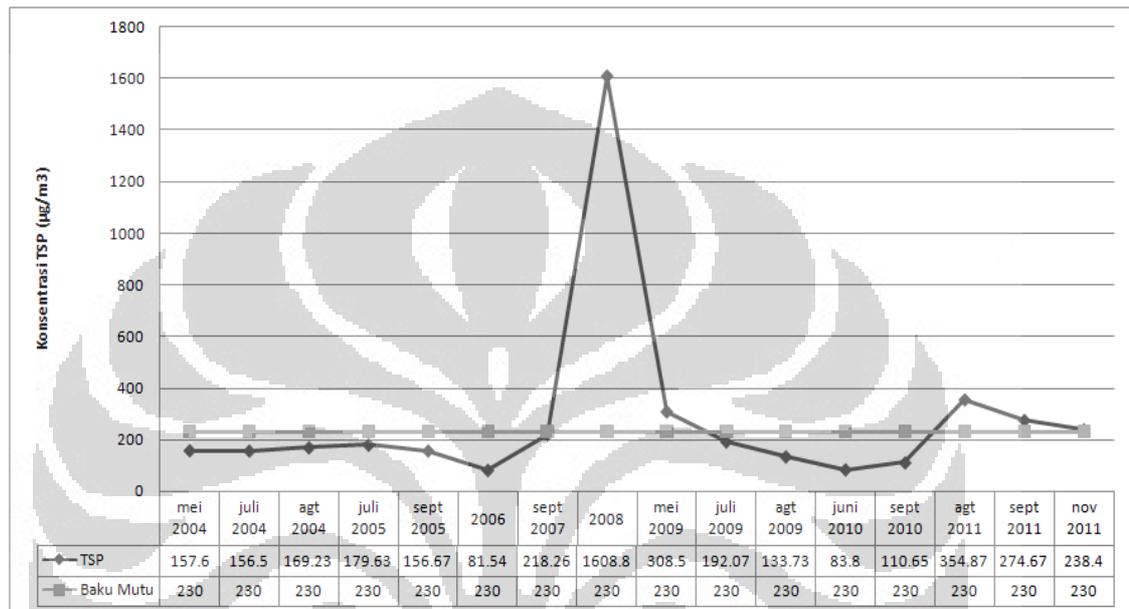
6.1.3. Konsentrasi TSP

Pengukuran konsentrasi TSP pada udara ambien di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011 dilakukan sebanyak 16 kali kecuali Kecamatan Bekasi Utara yang hanya dilakukan 13 kali. Gambaran konsentrasi TSP pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011 akan ditampilkan pada gambar 6.15.



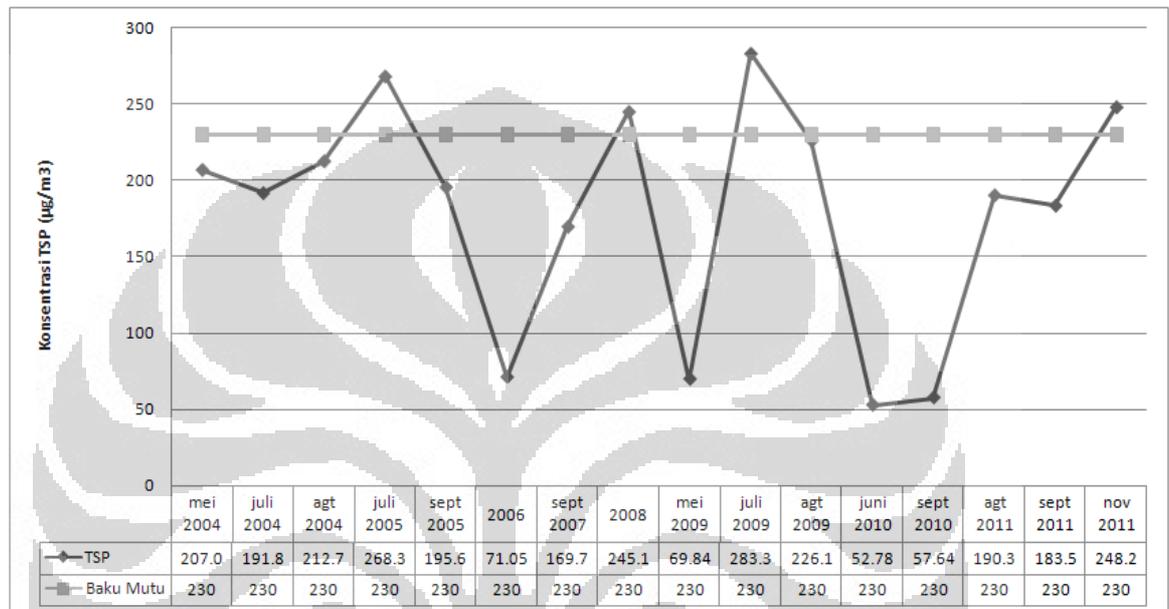
Gambar 6.15 Grafik Konsentrasi TSP pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Dalam 16 kali pengukuran TSP di Kecamatan Bekasi Barat terdapat nilai konsentrasi TSP yang melebihi baku mutu ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$), yaitu pada tahun 2008, Mei 2009, Agustus 2011, September 2011, dan November 2011. Nilai tertinggi terjadi pada tahun 2008 yaitu $1608,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan melebihi baku mutu. (Gambar 6.16)



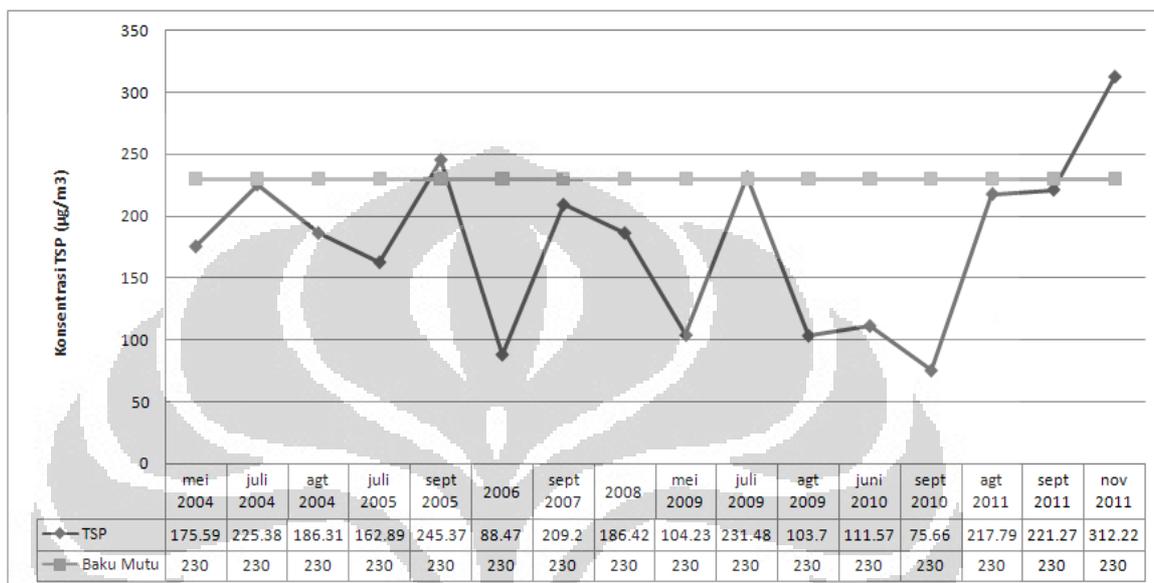
Gambar 6.16 Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011

Hasil pengukuran konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Selatan menunjukkan grafik yang naik turun dan terdapat 4 nilai yang melebihi baku mutu ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaitu pada Juli 2005, 2008, Juli 2009, dan November 2011. Nilai tertinggi terjadi pada Juli 2009 yaitu $283,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Gambar 6.17)



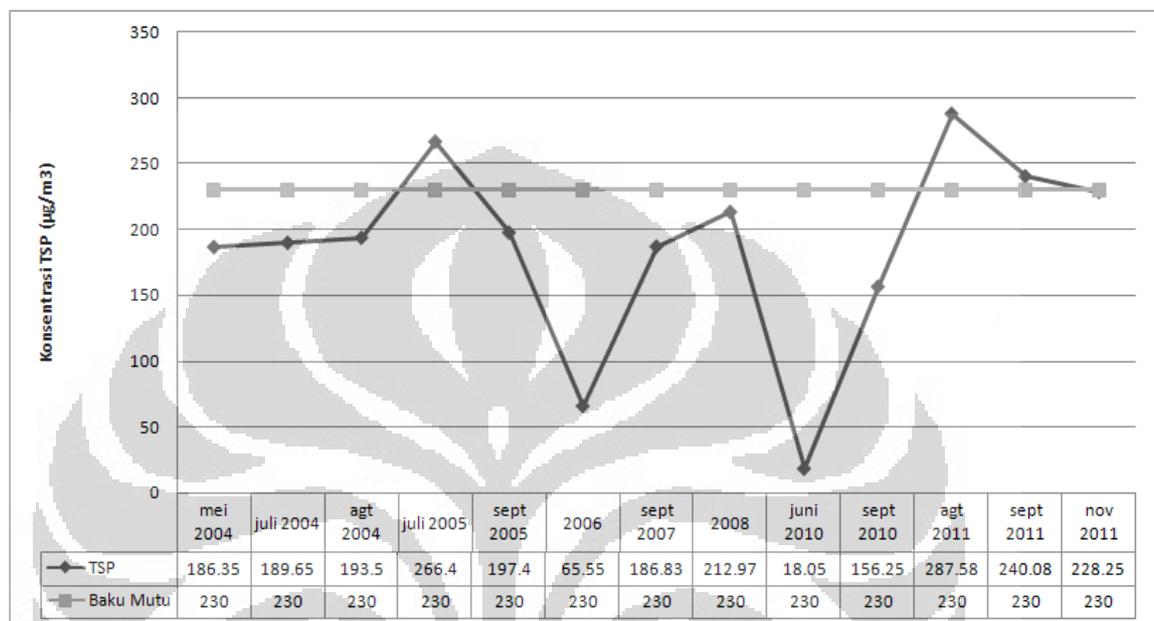
Gambar 6.17 Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011

Hasil pengukuran konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Timur diketahui bahwa terdapat 3 nilai yang melebihi baku mutu ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaitu pada September 2005, Juli 2009, dan November 2011. Nilai tertinggi terjadi pada November 2011 yaitu mencapai $312,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Gambar 6.18)



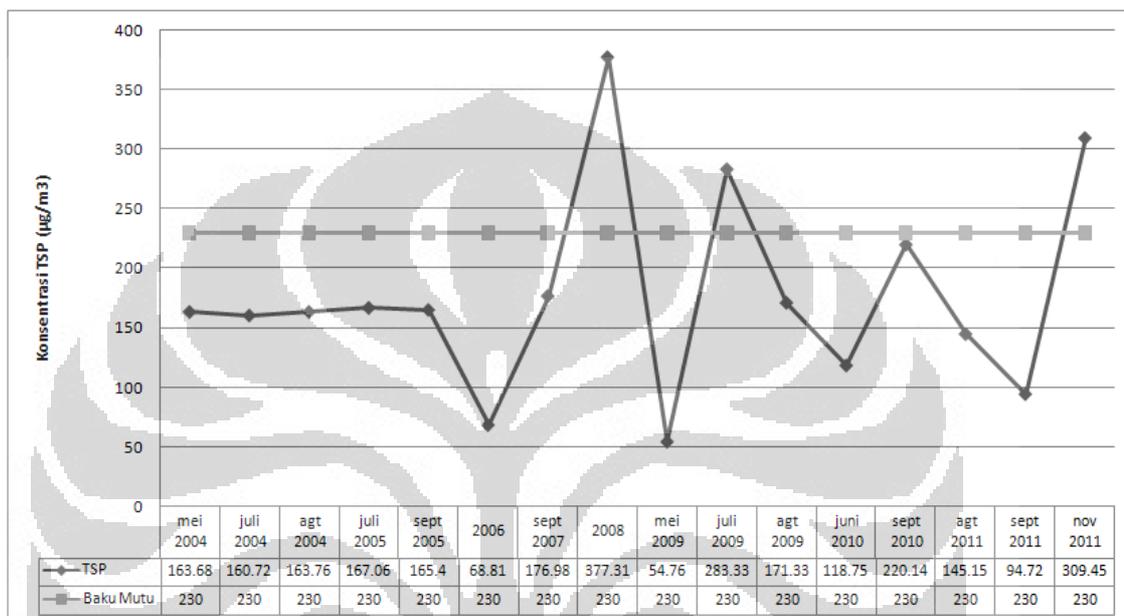
Gambar 6.18 Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011

Dari 13 kali pengukuran yang dilakukan di Kecamatan Bekasi Utara terdapat 3 nilai yang melebihi baku mutu ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaitu pada Juli 2005, Agustus 2011, dan September 2011. Nilai tertinggi terjadi pada Agustus 2011 yaitu mencapai $287,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Gambar 6.19)



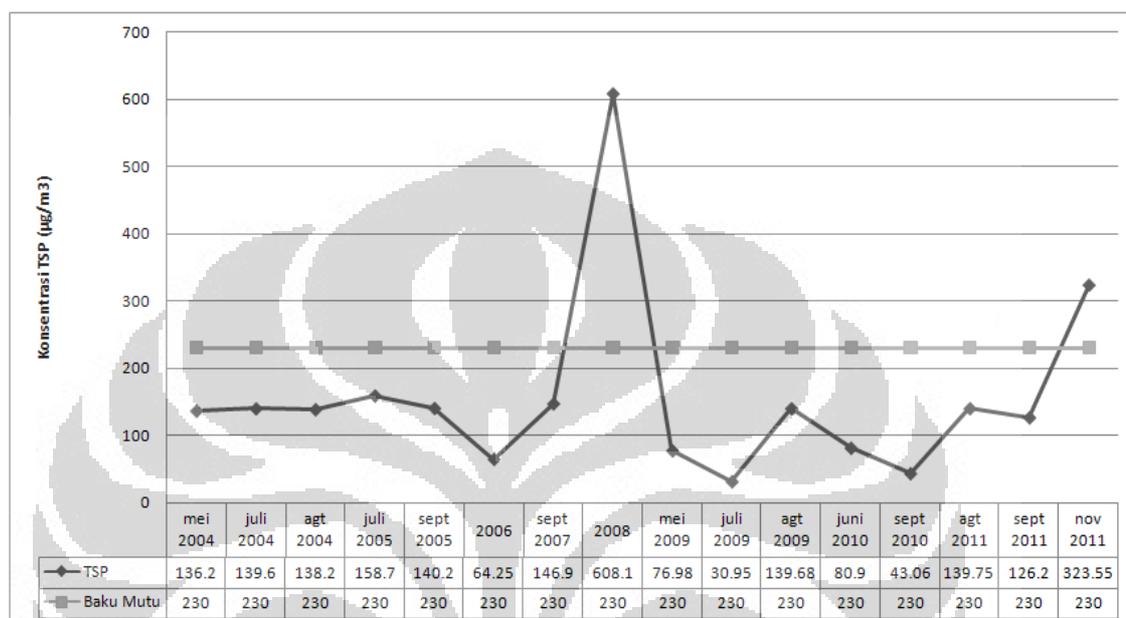
Gambar 6.19 Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011

Konsentrasi TSP di Pondok Gede selama tahun 2004-2011 menunjukkan grafik yang naik turun mulai tahun 2008. Nilai yang melebihi baku mutu ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaitu pada tahun 2008, Juli 2009, dan November 2011. Nilai tertinggi terjadi pada tahun 2008 yaitu mencapai $377,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Gambar 6.20)



Gambar 6.20 Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011

Hasil pengukuran konsentrasi TSP di Kecamatan Rawa Lumbu menunjukkan bahwa terdapat 2 nilai yang melebihi baku mutu ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaitu pada tahun 2008 dan November 2011. Nilai tertinggi terjadi pada pengukuran tahun 2008 yang mencapai $608,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Gambar 6.21)



Gambar 6.21 Grafik Konsentrasi TSP di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011

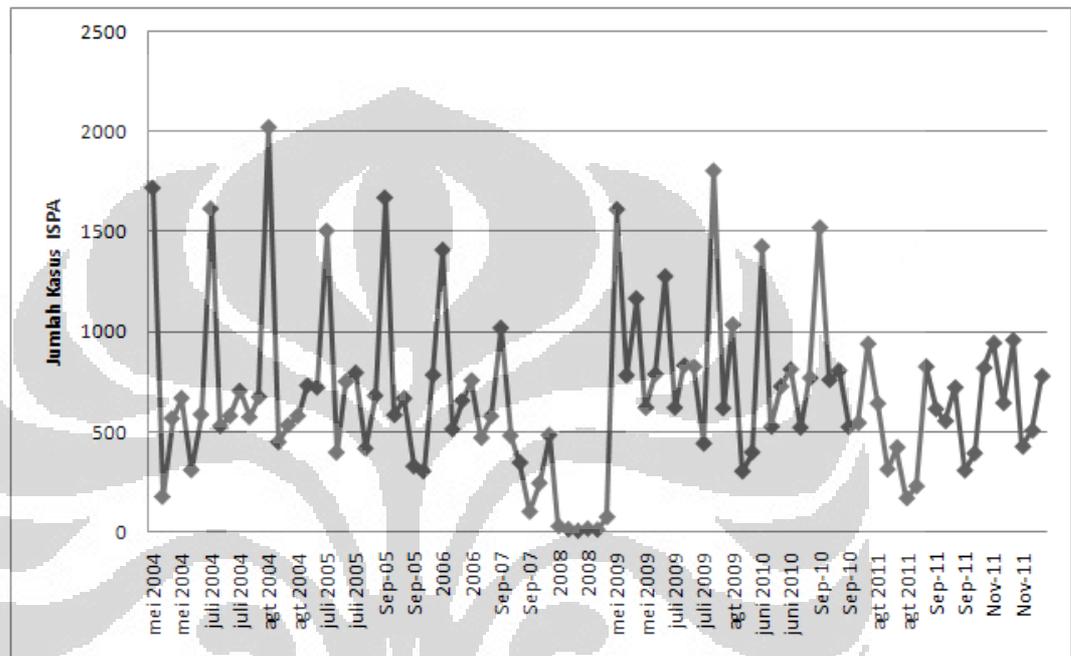
Dari seluruh data konsentrasi TSP di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011 diketahui rata-ratanya sebesar $192,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan standar deviasi $172,52$. Nilai terendah adalah $18,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan nilai tertinggi adalah $1608,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Tabel 6.3)

Tabel 6.3 Distribusi Frekuensi Konsentrasi TSP di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Variabel	Mean	SD	Minimal- maksimal	95 % CI	Baku Mutu
Konsentrasi TSP	192,68	172,52	18,05 – 1608,82	157,15 – 228,21	230

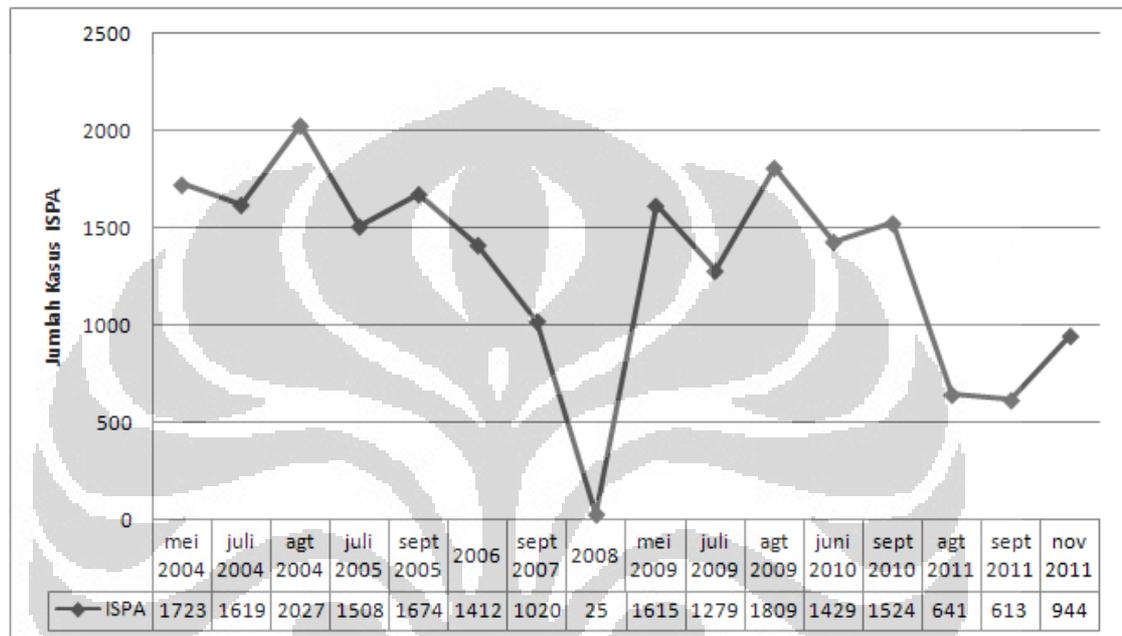
6.1.4. Jumlah Kasus ISPA

Data kasus ISPA diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Bekasi. Data ISPA yang digunakan disesuaikan dengan periode pengukuran udara ambien. Gambaran kasus ISPA pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011 dapat dilihat pada gambar 6.22.



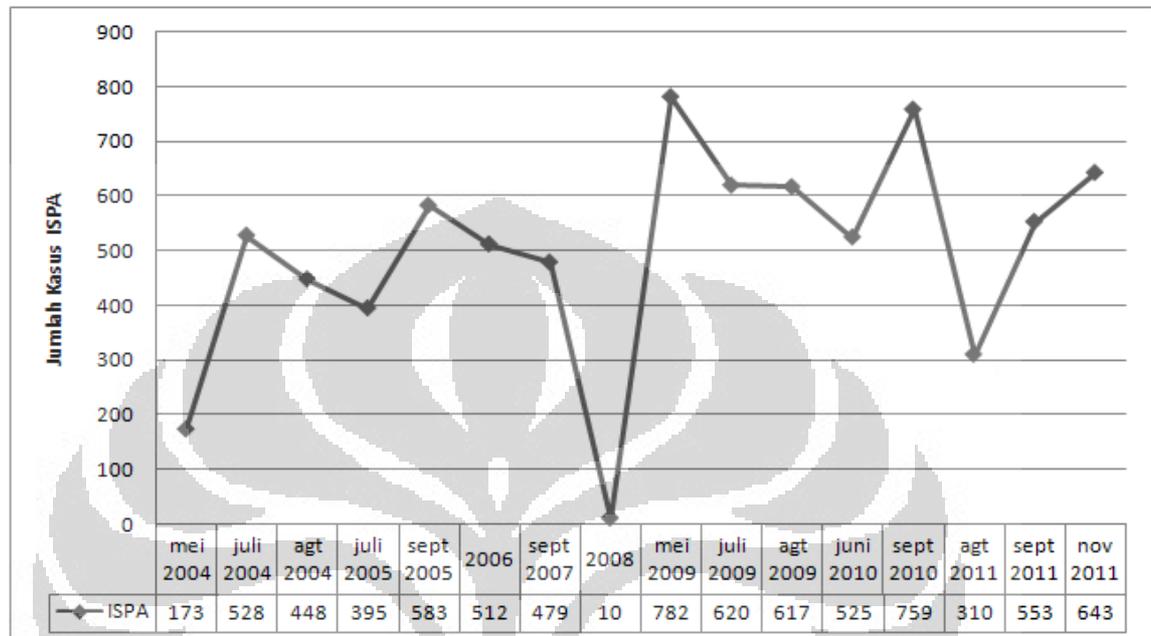
Gambar 6.22 Grafik Jumlah Kasus ISPA pada 6 Kecamatan di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Barat bervariasi setiap tahunnya tetapi memiliki tren yang cenderung turun. Angka terendah adalah pada tahun 2008 yaitu 25 kasus dan angka tertinggi pada Agustus 2004 yaitu 2027 kasus. (Gambar 6.23)



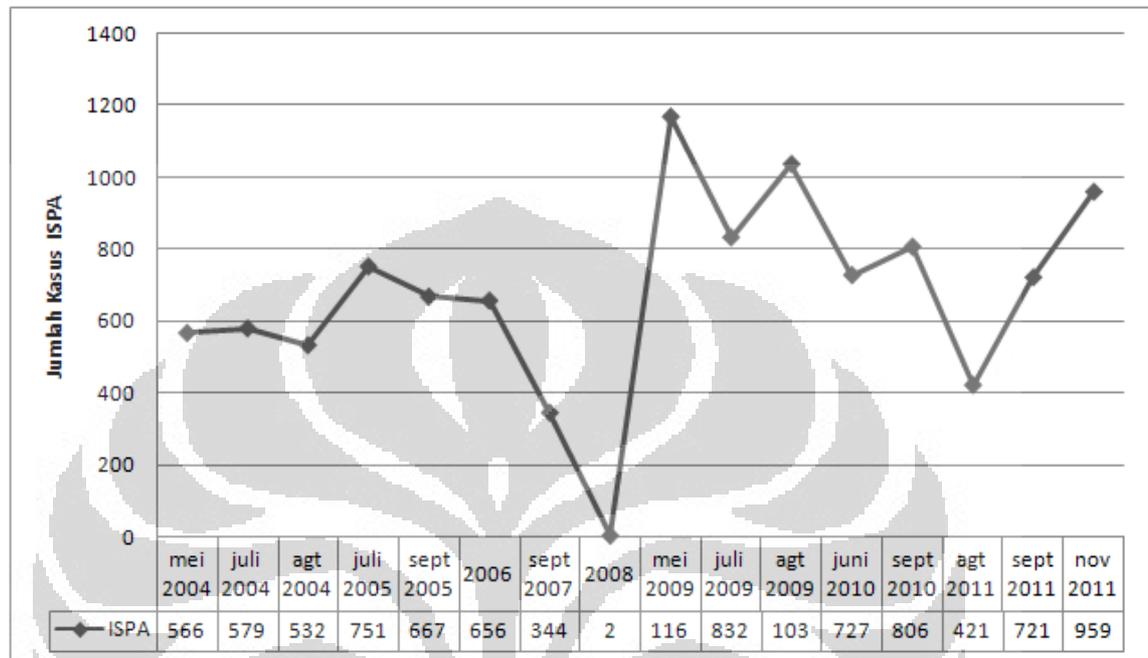
Gambar 6.23 Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Barat tahun 2004-2011

Tren kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Selatan terlihat cenderung meningkat dengan angka terendah adalah 10 kasus pada tahun 2008 dan angka tertinggi adalah 782 kasus pada Mei 2009. (Gambar 6.24)



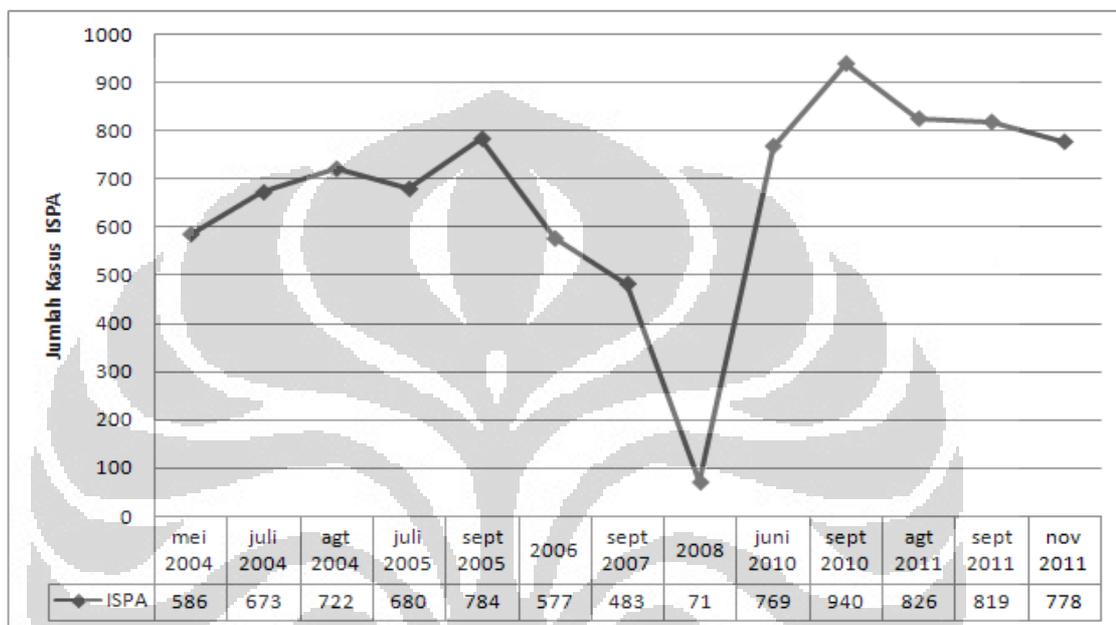
Gambar 6.24 Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Selatan tahun 2004-2011

Kasus ISPA di Bekasi Timur bervariasi setiap tahunnya. Angka terendah adalah 2 kasus pada tahun 2008 dan angka tertinggi adalah 116 kasus pada Mei 2009. (Gambar 6.25)



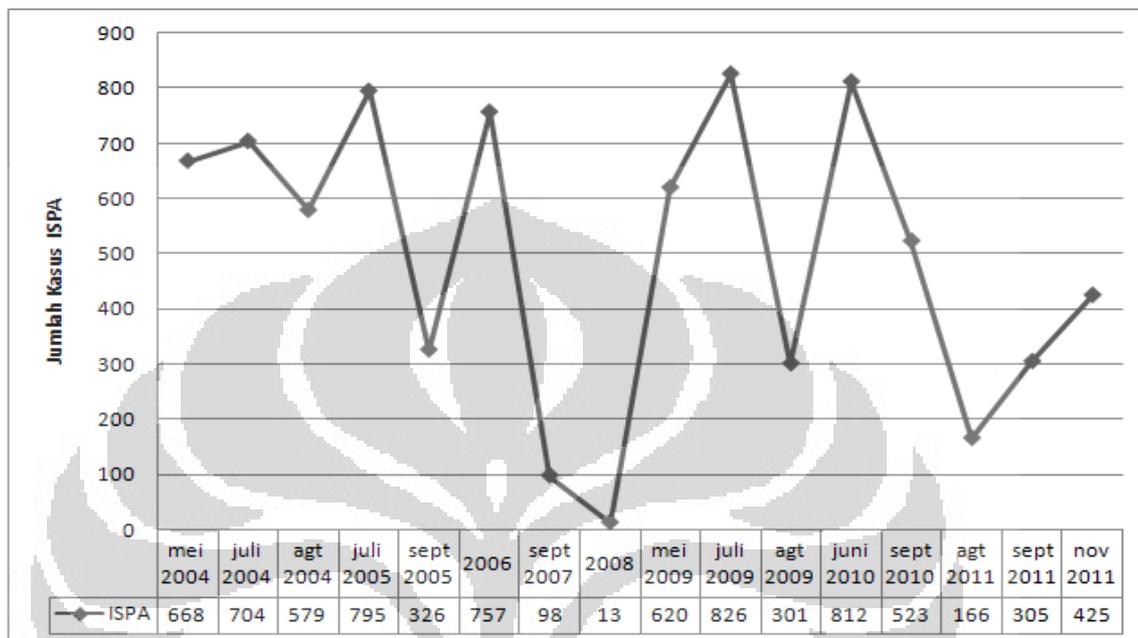
Gambar 6.25 Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Timur tahun 2004-2011

Tren kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Utara turun mulai tahun 2006 dan kembali meningkat pada Juni 2010. Angka terendah adalah 71 kasus pada tahun 2008 dan angka tertinggi adalah 940 pada September 2010. (Gambar 6.26)



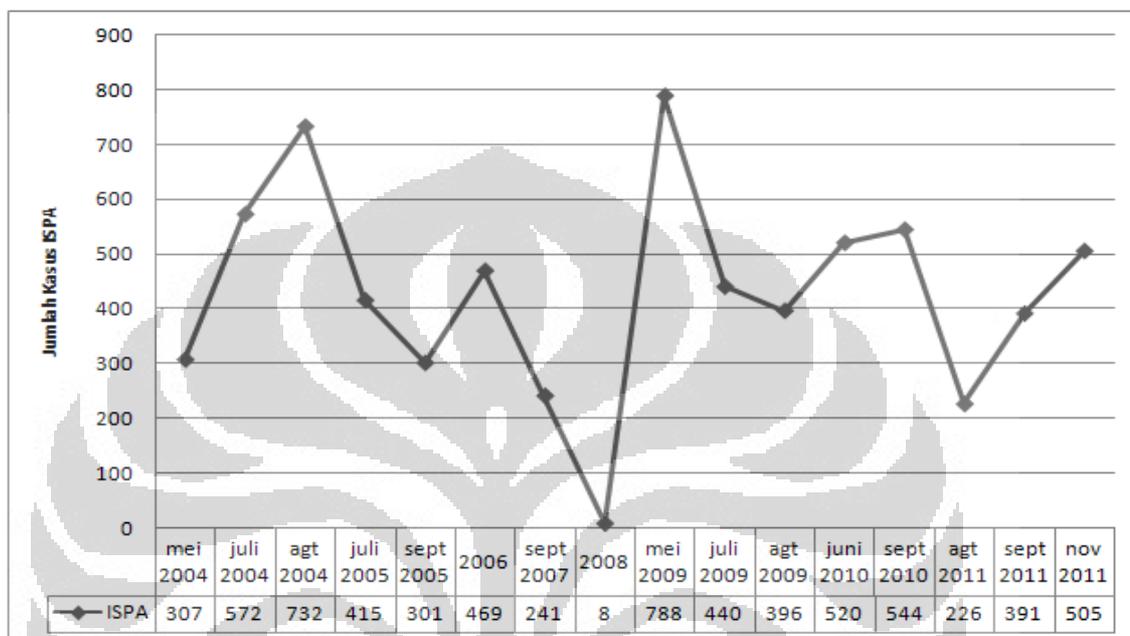
Gambar 6.26 Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Bekasi Utara tahun 2004-2011

Jumlah kasus ISPA di Kecamatan Pondok Gede cenderung naik turun setiap tahunnya. Angka terendah adalah 13 kasus pada tahun 2008 sedangkan angka tertinggi adalah 826 pada Juli 2009. (Gambar 6.27)



Gambar 6.27 Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Pondok Gede tahun 2004-2011

Jumlah kasus ISPA di Kecamatan Rawa Lumbu juga bervariasi setiap tahunnya. Angka terendah adalah 8 kasus pada tahun 2008 dan meningkat pada Mei 2009 mencapai 788 kasus sebagai angka tertinggi. (Gambar 6.28)



Gambar 6.28 Grafik Jumlah Kasus ISPA di Kecamatan Rawa Lumbu tahun 2004-2011

Dari seluruh data yang diperoleh yaitu 93 data jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011, diketahui rata-ratanya adalah 677,92 kasus dengan standar deviasi 423,16. Jumlah terendah adalah 2 kasus sedangkan jumlah tertinggi adalah 2027 kasus. (Tabel 6.4)

Tabel 6.4 Distribusi Frekuensi Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Variabel	Mean	SD	Minimal-maksimal	95 % CI
Jumlah Kasus ISPA	677,92	423,16	2 – 2027	590,77 – 765,07

6.2. Analisis Bivariat

6.2.1. Konsentrasi NO₂ dengan Jumlah Kasus ISPA

Berdasarkan analisis korelasi dan regresi linear yang dilakukan, diketahui bahwa tidak ada hubungan yang bermakna (p value = 0,245) antara konsentrasi NO₂ dan jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011. (Tabel 6.5)

Tabel 6.5 Analisis Korelasi dan Regresi Konsentrasi NO₂ terhadap Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Variabel	r	R ²	Persamaan Garis	p value
Konsentrasi NO ₂	-0,122	0,015	Jumlah kasus ISPA = 737,74 – 1,16*konsentrasi NO ₂	0,245

6.2.2. Konsentrasi SO₂ dengan Jumlah Kasus ISPA

Berdasarkan analisis korelasi dan regresi linear yang dilakukan, diketahui bahwa tidak ada hubungan yang bermakna (p value = 0,162) antara konsentrasi SO₂ dan jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011. (Tabel 6.6)

Tabel 6.6 Analisis Korelasi dan Regresi Konsentrasi SO₂ terhadap Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Variabel	r	R ²	Persamaan Garis	p value
Konsentrasi SO ₂	0,146	0,021	Jumlah kasus ISPA = 602,84 + 1,555*konsentrasi SO ₂	0,162

6.2.3. Konsentrasi TSP dengan Jumlah Kasus ISPA

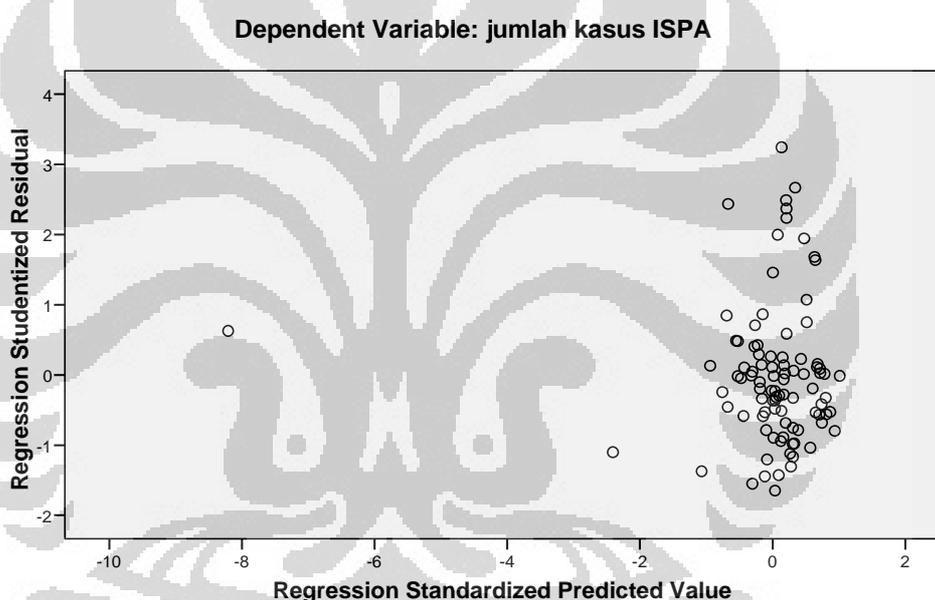
Hasil analisis menunjukkan bahwa ada hubungan yang bermakna (p value = 0,029) antara konsentrasi TSP dan jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi pada tahun 2004-2011. Hubungan ini bersifat lemah (r = 0,226) dengan arah negatif artinya semakin meningkat konsentrasi TSP di udara ambient maka jumlah kasus ISPA akan berkurang. Hal ini tidak sesuai

dengan teori yang ada. Nilai koefisien dengan determinasi (R^2) 0,051 artinya persamaan regresi yang diperoleh dapat menerangkan 5,1 % variasi dari jumlah kasus ISPA. (Tabel 6.7)

Tabel 6.7 Analisis Korelasi dan Regresi Konsentrasi TSP terhadap Jumlah Kasus ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Variabel	r	R^2	Persamaan Garis	<i>p value</i>
Konsentrasi TSP	-0,226	0,051	Jumlah kasus ISPA = 784,72 - 0,554*konsentrasi TSP	0,029

Grafik prediksi yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 6.29.



Gambar 6.29 Grafik Prediksi Konsentrasi TSP terhadap Jumlah Kasus ISPA

6.3. Analisis Multivariat

Untuk mengetahui model yang paling sesuai untuk menggambarkan faktor-faktor yang berhubungan dengan jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi pada tahun 2004-2011 maka dilakukan analisis regresi linear ganda. Dikarenakan variabel independen kemungkinan dapat berinteraksi satu sama lain, maka hasil interaksi antar variabel

independen (variabel NO₂ dengan SO₂, variabel NO₂ dengan TSP, dan variabel SO₂ dengan TSP) juga dimasukkan dalam analisis multivariat.

Pada analisis pertama, semua variabel dimasukkan yaitu variabel NO₂, SO₂, TSP, NO₂ * SO₂, NO₂ * TSP, dan SO₂ * TSP. Hasil uji analisis regresi linear ganda dari keenam variabel independen tersebut dapat dilihat pada tabel 6.8.

Tabel 6.8 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 6 Variabel

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	670,292	142,249		4,712	0,0005
Konsentrasi NO ₂	-1,162	2,627	-0,121	-0,443	0,659
Konsentrasi SO ₂	5,212	3,388	0,490	1,539	0,128
Konsentrasi TSP	-0,784	0,524	-0,320	-1,495	0,139
NO ₂ * SO ₂	-0,047	0,023	-0,487	-2,077	0,041
NO ₂ * TSP	0,009	0,013	0,211	0,737	0,463
SO ₂ * TSP	0,001	0,017	0,025	0,077	0,939

Dependent Variable : Jumlah kasus ISPA

Pada permodelan multivariat, jumlah variabel harus sesederhana mungkin sehingga variabel dengan *p value* terbesar harus dikeluarkan satu per satu hingga tidak ada lagi variabel dengan *p value* > 0,05. Dari keenam variabel yang diuji diatas, variabel dengan *p value* terbesar adalah variabel SO₂ * TSP (*p value* = 0,963). Setelah variabel itu dikeluarkan maka hasil analisis regresi linear ganda dengan 5 variabel dapat dilihat pada tabel 6.9.

Tabel 6.9 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 5 Variabel

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	665,833	129,081		5,158	0,0005
Konsentrasi NO ₂	-1,220	2,502	-0,127	-0,488	0,627
Konsentrasi SO ₂	5,418	2,058	0,509	2,633	0,010
Konsentrasi TSP	-0,757	0,386	-0,309	-1,961	0,053
NO ₂ * SO ₂	-0,047	0,023	-0,487	-2,088	0,040
NO ₂ * TSP	0,010	0,012	0,220	0,833	0,407

Dependent Variable : Jumlah kasus ISPA

Dari 5 variabel yang diuji, diketahui bahwa variabel dengan *p value* terbesar adalah variabel NO₂ (*p value* = 0,627). Oleh karena itu, variabel yang selanjutnya dikeluarkan dari permodelan adalah variabel NO₂. Hasil analisis regresi linear ganda dengan 4 variabel yang tersisa dapat dilihat pada tabel 6.10.

Tabel 6.10 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 4 Variabel

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	622,588	93,410		6,665	0,0005
Konsentrasi SO ₂	5,729	1,948	0,538	2,941	0,004
Konsentrasi TSP	-0,632	0,288	-0,258	-2,195	0,031
NO ₂ * SO ₂	-0,052	0,020	-0,534	-2,529	0,013
NO ₂ * TSP	0,005	0,006	0,112	0,775	0,440

Dependent Variable : Jumlah kasus ISPA

Dari 4 variabel yang tersisa diketahui *p value* variabel SO₂ = 0,004, *p value* variabel TSP = 0,031, *p value* variabel NO₂ * SO₂ = 0,013, dan *p value* variabel NO₂ * TSP = 0,440. Oleh karena itu, variabel yang selanjutnya dikeluarkan dari permodelan adalah variabel NO₂ * TSP. hasil

analisis regresi linear ganda dari variabel yang tersisa dapat dilihat pada tabel 6.11.

Tabel 6.11 Hasil Uji Regresi Linear Ganda dengan 3 Variabel

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	651,089	85,682		7,599	0,0005
Konsentrasi SO ₂	5,054	1,739	0,475	2,907	0,005
Konsentrasi TSP	-0,512	0,242	-0,209	-2,114	0,037
NO ₂ * SO ₂	-0,042	0,016	-0,430	-2,638	0,010

Dependent Variable : Jumlah kasus ISPA

Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga variabel yang tersisa seluruhnya tidak ada yang memiliki *p value* > 0,05. Dengan demikian, variabel yang menjadi model regresi terakhir adalah variabel SO₂ (*p value* = 0,005), variabel TSP (*p value* = 0,037), dan variabel NO₂ * SO₂ (*p value* = 0,01). Variabel NO₂ * SO₂ menandakan adanya interaksi antara variabel NO₂ dengan variabel SO₂.

Pada model terakhir ini, diperoleh nilai $r = 0,369$ dan *p value* = 0,004, artinya terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi SO₂, konsentrasi TSP, dan interaksi antara NO₂ dengan SO₂ terhadap jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi pada tahun 2004-2011. Hubungan yang terjadi termasuk hubungan sedang (nilai $r = 0,26 - 0,50$). Nilai koefisien determinasi (R^2) adalah 0,136 artinya model regresi ini dapat menjelaskan 13,6 % kejadian kasus ISPA. Hasil analisis regresi linear ganda pada model terakhir ini dapat dilihat pada tabel 6.12.

Tabel 6.12 Analisis Regresi Linear Ganda 3 Variabel terhadap Jumlah Kasus ISPA

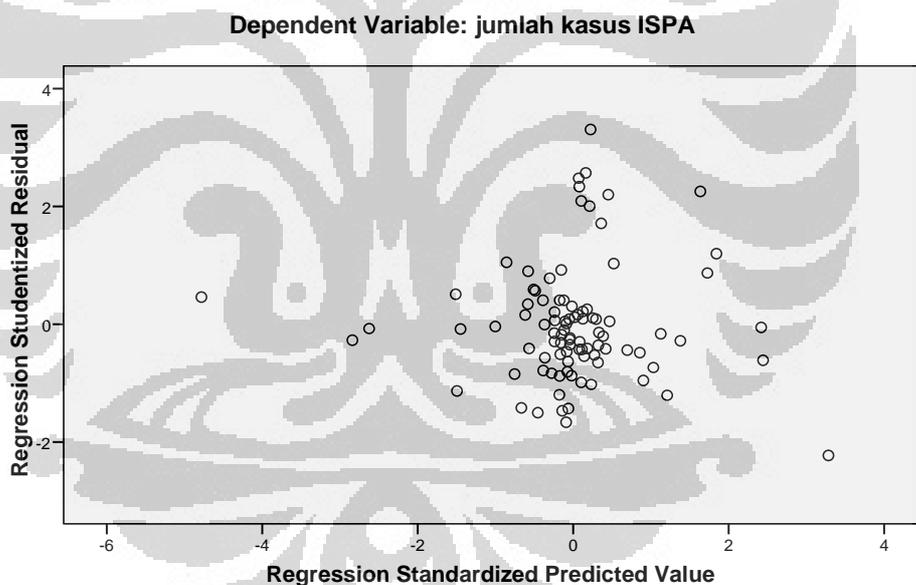
Variabel	r	R ²	Persamaan Garis	p value
Konsentrasi SO ₂ ,			Jumlah kasus ISPA = 651,09 +	
Konsentrasi TSP,	0,369	0,136	5,054(konsentrasi SO ₂) – 0,512	0,005
NO ₂ * SO ₂			(konsentrasi TSP) – 0,042 (NO ₂ * SO ₂)	0,037
				0,01

Persamaan garis regresi yang diperoleh adalah :

$$Y = a + bX$$

$$\text{Jumlah kasus ISPA} = 651,09 + 5,054 (\text{konsentrasi SO}_2) - 0,512 (\text{konsentrasi TSP}) - 0,042 (\text{NO}_2 * \text{SO}_2)$$

Grafik prediksi yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 6.30.



Gambar 6.30 Grafik Prediksi Konsentrasi SO₂, Konsentrasi TSP, dan Interaksi NO₂ dengan SO₂ terhadap Jumlah Kasus ISPA

Dengan persamaan regresi ini, dapat diketahui resiko masyarakat untuk menderita ISPA jika terpajan dengan variabel-variabel di atas.

$$\text{Besarnya resiko (OR)} = \frac{P_1}{P_0}$$

dengan P1 adalah persamaan regresi jika dimasukkan nilai konsentrasi variabel SO₂, TSP, dan NO₂ * SO₂ sebesar 1 µg/m³ dan P0 adalah persamaan regresi jika dimasukkan nilai konsentrasi variabel SO₂, TSP, dan NO₂ * SO₂ sebesar 0 µg/m³ (tidak ada pajanan). Maka besar resiko masyarakat untuk menderita ISPA dalam lingkungan yang terpajan konsentrasi SO₂, TSP, dan NO₂ * SO₂ adalah :

$$\begin{aligned} \text{OR} &= \frac{651,09 + 5,054(1) - 0,512(1) - 0,042(1)}{651,09 + 5,054(0) - 0,512(0) - 0,042(0)} \\ &= \frac{655,59}{651,09} = 1,01 \end{aligned}$$

Resiko masyarakat yang berada dalam lingkungan yang terpajan SO₂, TSP, dan interaksi antara gas NO₂ dan SO₂ adalah 1,01 kali lebih besar setiap kenaikan konsentrasi sebesar 1 µg/m³ daripada masyarakat yang tidak terpajan variabel-variabel tersebut.

BAB 7

PEMBAHASAN

7.1. Kualitas Udara di Kota Bekasi tahun 2004-2011

7.1.1. Konsentrasi NO₂

Berdasarkan data hasil pengukuran udara ambien yang diperoleh dari BPLH Kota Bekasi, diketahui bahwa konsentrasi NO₂ selama tahun 2004-2011 pada 6 Kecamatan yang dianalisis masih jauh di bawah baku mutu yaitu 400 µg/m³. Rata-rata konsentrasi NO₂ adalah 51,31 µg/m³ dengan interval konsentrasi antara 42,21 µg/m³ sampai dengan 60,40 µg/m³, sehingga masih tergolong aman. Hasil analisis pada 6 Kecamatan menunjukkan bahwa konsentrasi NO₂ mengalami peningkatan mulai tahun 2008, kecuali di Kecamatan Rawa Lumbu terjadi peningkatan drastis pada September 2007.

Peningkatan konsentrasi NO₂ setiap tahunnya dipengaruhi oleh peningkatan jumlah kendaraan bermotor karena sumber NO₂ 80% dari asap kendaraan bermotor. Data Dinas Perhubungan Kota Bekasi yang dilampirkan dalam Laporan Pengujian Kualitas Udara Kota Bekasi tahun 2011 menunjukkan bahwa selalu terjadi peningkatan jumlah kendaraan di Kota Bekasi setiap tahunnya. Pada tahun 2010, tercatat sebanyak 172.734 unit kendaraan roda empat dan lebih serta 734.387 unit kendaraan roda dua di Kota Bekasi.

Kelarutan NO₂ dalam air rendah sehingga dapat mudah melewati trakea, bronkus, dan mencapai alveoli. Di dalam saluran pernapasan NO₂ akan terhidrolisis membentuk asam nitrit (HNO₂) dan asam nitrat (HNO₃) yang bersifat korosif terhadap mukosa permukaan saluran napas. (Handayani,dkk, 2003).

NO₂ memang bukan penyebab utama terjadinya ISPA. Namun berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, diketahui bahwa NO₂ dapat mengiritasi saluran pernapasan dan menurunkan fungsi paru-paru. Hal inilah yang dapat meningkatkan resiko seseorang untuk menderita ISPA. Penelitian

yang dilakukan di Beijing menunjukkan bahwa NO_2 memiliki efek pada penyakit pernapasan (Zhang, et.al, 2011). Hasil penelitian di Hongkong juga menyebutkan bahwa NO_2 merupakan polutan yang paling beresiko untuk meningkatkan jumlah kasus penyakit saluran pernapasan bagian atas (Wong, et al, 2005).

Gas NO_2 lebih banyak dihasilkan di jalan raya, maka untuk mencegahnya masalah-masalah yang terjadi di jalan raya harus diselesaikan. Gas NO_2 akan lebih banyak berada di udara pada titik-titik kemacetan. Salah satu cara untuk mengurangi kemacetan adalah memajukan waktu masuk karyawan industri yang ada di Kota Bekasi. Hal ini dapat mengurangi jumlah kendaraan terutama bus antar jemput karyawan yang biasanya memenuhi jalan raya pada pagi dan sore hari.

Selain itu, cara untuk mengurangi jumlah kendaraan di jalan raya pada waktu yang bersamaan adalah dengan memaksimalkan penggunaan transportasi umum seperti kereta api, bus kota, bus antar jemput khusus karyawan, dan lainnya. Penggunaan kendaraan ramah lingkungan seperti sepeda juga dapat diterapkan bagi pengguna jalan yang berjarak dekat.

Dari sisi kendaraan bermotor sendiri, perawatan mesin kendaraan dan uji emisi secara berkala sebaiknya dilakukan. Selain untuk meningkatkan performa mesin tentunya hal ini juga untuk membantu mengurangi pencemaran udara di lingkungan.

Upaya lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi NO_2 dalam udara ambien adalah dengan melakukan penanaman pohon dan tanaman penyerap polusi di sepanjang jalan. Pepohonan dan tanaman penyerap polusi dapat membantu membersihkan udara yang telah jenuh oleh polutan.

7.1.2. Konsentrasi SO_2

Hasil analisis univariat menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi SO_2 di Kota Bekasi masih berada jauh di bawah baku mutu ($900 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaitu

Universitas Indonesia

sebesar $48,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan interval konsentrasi antara $40,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai dengan $56,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada Kecamatan Bekasi Barat, Bekasi Selatan, Bekasi Timur, dan Rawa Lumbu, terjadi peningkatan konsentrasi mulai dari tahun 2008 sedangkan pada 2 Kecamatan yang lain yaitu Kecamatan Bekasi Utara dan Pondok Gede, konsentrasi menanjak mulai tahun 2010.

Sumber SO_2 secara alami adalah dari letusan vulkanik, alga yang memproduksi dimetil sulfida, dan proses pembusukan pada tanah dan tumbuhan. Sumber SO_2 hasil aktivitas manusia mayoritas berasal dari proses pembakaran dan proses industri. Selain itu, SO_2 juga dihasilkan dari kendaraan bermotor meskipun persentasenya kecil. Proses pembakaran yang dapat menghasilkan SO_2 adalah pembakaran batubara pada generator listrik dan mesin-mesin. Proses industri yang menghasilkan SO_2 adalah industri pemurnian petroleum. Industri asam sulfat, industri peleburan baja, dan sebagainya (Fardiaz, 1992).

Konsentrasi SO_2 yang ada dalam udara ambien Kota Bekasi kemungkinan berasal dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor. Jumlah industri di Kota Bekasi pada tahun 2009 adalah 221 dan kecamatan dengan jumlah industri terbanyak adalah Kecamatan Rawa Lumbu. Jenis industri terbanyak yang ada di Kota Bekasi adalah industri furnitur, industri makanan dan minuman, industri pakaian jadi, dan industri barang dari logam kecuali mesin dan peralatannya (Kota Bekasi dalam Angka tahun 2010).

Setelah dihirup, SO_2 langsung diabsorpsi oleh membran mukosa hidung dan saluran pernapasan atas. SO_2 dapat menyebabkan iritasi terhadap saluran pernapasan, membengkaknya membran mukosa, dan dapat menghambat aliran udara pada saluran pernapasan (Satriyo, 2008). Oleh karena itu, SO_2 dapat meningkatkan resiko untuk menderita ISPA.

Beberapa studi membuktikan bahwa penurunan fungsi paru-paru dan peningkatan gejala penyakit pernapasan seperti emfisema dan bronkitis disebabkan oleh keberadaan SO_2 . Penelitian di Palermo, Italia juga membuktikan bahwa polutan SO_2 meningkatkan resiko kesehatan terutama

Universitas Indonesia

pada saluran pernapasan, sebesar 4.4% (Tramuto et al, 2011). Dari penelitian yang dilakukan di Salamanca, Meksiko diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara SO_2 dengan gejala penyakit pernapasan yaitu *wheezing* (OR = 1.0213) dan ISPA (OR = 1,0521) setiap kenaikan konsentrasi sebanyak $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Linares et al, 2010).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi SO_2 di udara adalah dengan memasang filter absorber pada cerobong asap industri. Hal ini dimaksudkan agar asap buangan yang akan dibuang ke atmosfer telah berkurang konsentrasinya. Selain itu, sebaiknya uji emisi asap buangan industri juga secara rutin dilakukan sehingga jika ada industri yang konsentrasi SO_2 nya melebihi baku mutu emisi dapat langsung ditangani.

SO_2 juga dapat berasal dari kendaraan bermotor. Upaya yang dapat dilakukan untuk pencegahan adalah dengan menggunakan bahan bakar yang kandungan sulfurnya rendah. Selain itu, mengganti bahan bakar cair dengan bahan bakar gas (BBG) juga dapat menjadi solusi karena BBG rendah polusi. Perawatan terhadap kendaraan dan melakukan uji emisi secara berkala juga dapat dilakukan sebagai upaya pencegahan. Sama seperti NO_2 , upaya lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi SO_2 di udara ambien adalah dengan melakukan penanaman pohon dan tanaman penyerap polusi di sepanjang jalan.

7.1.3. Konsentrasi TSP

Konsentrasi TSP di Kota Bekasi sudah cukup tinggi. Meskipun rata-rata konsentrasi TSP adalah $192,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan interval konsentrasi $157,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai dengan $228,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tetapi ada beberapa nilai yang melebihi baku mutu ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) di setiap kecamatan.

Dilihat dari tren konsentrasi TSP, Kecamatan yang memiliki konsentrasi TSP hampir konsisten setiap tahun mendekati baku mutu dan melebihi baku mutu adalah Kecamatan Bekasi Barat, Kecamatan Bekasi Timur, dan Kecamatan Pondok Gede. Hal ini disebabkan 3 kecamatan

Universitas Indonesia

tersebut termasuk dalam arah pengembangan wilayah pusat kota dan perumahan kepadatan sedang dan tinggi serta memiliki akses ke ibukota. Pada Kecamatan Bekasi Barat terdapat Jalan Bintara yang menghubungkan ke Jakarta. Pada Kecamatan Bekasi Timur terdapat beberapa titik-titik kemacetan seperti pintu keluar Tol Timur, persimpangan Bulak Kapal, dan Jalan Chairil Anwar - Cut Mutia. Selain itu, Terminal Bekasi juga terdapat di wilayah Kecamatan Bekasi Timur. Pada Kecamatan Pondok Gede terdapat Terminal Pondok Gede dan Jalan Jatiwaringin – Pondok Gede yang menghubungkan ke wilayah Jakarta sehingga termasuk jalan raya yang padat dan rawan kemacetan.

TSP yang terhirup akan menyebabkan iritasi saluran pernapasan. Kandungan logam berat yang terkandung dalam partikulat juga dapat merupakan bahaya besar bagi kesehatan.

Konsentrasi TSP di Kota Bekasi sudah cukup mengkhawatirkan karena beberapa kali melampaui baku mutu di setiap kecamatan. Upaya yang dapat dilakukan untuk tindakan pencegahan dan pengendalian pada industri adalah penggunaan filter pada cerobong asap industri serta memperketat uji emisi yang dilakukan di industri-industri. Pada pemukiman, sebaiknya diadakan pelarangan membakar sampah karena dapat menambah konsentrasi TSP di udara.

Pada kendaraan bermotor, tindakan yang dapat dilakukan adalah mengganti bahan bakar cair dengan bahan bakar gas (BBG) karena lebih bebas polusi. Namun hal ini tidak dapat diterapkan pada kendaraan berat seperti truk atau bus yang harus menggunakan solar. Oleh karena itu, perawatan mesin kendaraan secara rutin juga harus dilakukan sehingga pembakaran yang terjadi dapat lebih sempurna.

Pada jalan raya, upaya yang dapat dilakukan adalah menyelesaikan masalah-masalah pada daerah rawan kemacetan seperti memperbaiki pengaturan lalu lintas dan perbaikan permukaan jalan yang rusak atau tidak rata. Selain itu, penanaman pohon dan tanaman penyerap polusi di sepanjang

Universitas Indonesia

jalan terutama titik-titik kemacetan juga dapat menjadi solusi untuk mengendalikan konsentrasi TSP di udara ambien.

7.2. Kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011

Rata-rata kasus ISPA di Kota Bekasi selama tahun 2004-2011 adalah 677,92 atau 678 kasus. Dari 6 kecamatan yang dianalisis, kecamatan dengan tren yang cenderung meningkat adalah Kecamatan Bekasi Selatan, Bekasi Timur, Bekasi Utara, dan Rawa Lumbu, sedangkan 2 kecamatan lainnya yaitu Kecamatan Bekasi Barat dan Pondok Gede memiliki tren yang cenderung turun.

ISPA dapat diderita oleh golongan umur manapun terutama yang memiliki ketahanan tubuh yang buruk. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah diri menderita ISPA adalah menggunakan masker ketika beraktivitas di luar ruangan. Kondisi udara ambien yang sudah tercemar juga dapat menjadi salah satu faktor pencetus ISPA.

Untuk pencegahan ISPA di dalam rumah, pastikan ventilasi rumah berjumlah cukup dan berfungsi dengan baik sehingga pertukaran udara terjadi dengan baik. ISPA disebabkan oleh bakteri, virus, dan jamur, maka sebaiknya usahakan jumlah cahaya matahari yang masuk ke dalam rumah cukup. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi agen-agen biologis tersebut.

Cara lain untuk mencegah ISPA adalah dengan meningkatkan daya tahan tubuh sehingga tidak rentan terhadap penyakit. Hal-hal yang dapat dilakukan misalnya menerapkan pola makan gizi seimbang, penerapan ASI eksklusif pada bayi, imunisasi untuk bayi dan balita, menghindari kebiasaan merokok, dan menghindari orang yang merokok. Jika ketahanan tubuh sudah baik maka resiko untuk menderita ISPA juga akan berkurang.

7.3. Hubungan Kualitas Udara dengan Kejadian ISPA di Kota Bekasi tahun 2004-2011

7.3.1. Konsentrasi NO₂ dengan Jumlah Kasus ISPA

Berdasarkan hasil analisis korelasi dan regresi pada variabel NO₂ dengan jumlah kasus ISPA, ternyata tidak menunjukkan hubungan yang bermakna antara konsentrasi NO₂ dalam udara ambien dengan jumlah kasus ISPA (*p value* = 0,245). Setelah dianalisis multivariat, diketahui bahwa variabel NO₂ berinteraksi dengan variabel SO₂ dalam mempengaruhi kejadian ISPA di Kota Bekasi (*p value* = 0,01).

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Edi Margono, 2008 di DKI Jakarta, bahwa tidak ada hubungan bermakna antara konsentrasi NO₂ dengan kejadian ISPA meskipun ada beberapa penelitian yang menyatakan bahwa terdapat hubungan antara peningkatan konsentrasi NO₂ dengan peningkatan penyakit saluran pernapasan.

Pengaruh pajanan NO₂ ditentukan oleh konsentrasi saat pajanan, proses akut atau kronik serta lama pajanan (Handayani,dkk, 2003). Karena konsentrasi NO₂ selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi masih tergolong rendah dan jauh dari baku mutu, maka belum terlihat pengaruh yang besar terhadap masyarakat. Selain itu, ISPA disebabkan oleh banyak faktor dan agen penyakit. Dalam hal ini, mungkin faktor atau agen penyakit lain seperti bakteri, virus, jamur, dan lainnya yang lebih dominan untuk menyebabkan ISPA.

Sebagai upaya untuk mencegah agar tidak terjadi peningkatan kejadian ISPA akibat dari peningkatan konsentrasi NO₂ dalam udara ambien adalah dengan menyelesaikan masalah pada titik kemacetan, memaksimalkan penggunaan transportasi umum, perawatan mesin kendaraan, penambahan jumlah pepohonan di sepanjang jalan raya, dan penggunaan masker saat beraktivitas di luar ruangan.

7.3.2. Konsentrasi SO₂ dengan Jumlah Kasus ISPA

Hasil analisis korelasi dan regresi antara variabel SO₂ dengan jumlah kasus ISPA selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna (*p value* = 0,162). Namun, dalam analisis multivariat diketahui bahwa variabel SO₂ dapat mempengaruhi jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi dengan *p value* = 0,005. Selain itu, variabel SO₂ juga berinteraksi dengan variabel NO₂ dalam mempengaruhi kejadian ISPA di Kota Bekasi (*p value* = 0,01).

Hal ini tidak sejalan dengan penelitian-penelitian di dunia yang menunjukkan bahwa konsentrasi SO₂ berpengaruh pada saluran pernapasan. Penelitian yang dilakukan di Salamanca, Meksiko diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara SO₂ dengan gejala penyakit pernapasan yaitu *wheezing* (OR = 1.0213) dan ISPA (OR = 1,0521) setiap kenaikan konsentrasi sebanyak 10 µg/m³ (Linares et al, 2010). Studi di Inggris juga menyatakan bahwa efek konsentrasi SO₂ sangat kuat terhadap penyakit pernapasan (Elliot, et al, 2007).

Hasil ini kemungkinan dikarenakan konsentrasi SO₂ selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi masih jauh di bawah baku mutu (900 µg/m³). Oleh karena itu, konsentrasi SO₂ masih belum memberikan pengaruh yang besar bagi masyarakat. Selain itu, kemungkinan banyak variabel lain dan agen penyakit lain yang lebih dominan untuk menyebabkan ISPA di Kota Bekasi seperti virus, bakteri, jamur, dan lain-lain.

Sebagai pencegahan agar tidak terjadi peningkatan kejadian ISPA akibat dari peningkatan konsentrasi SO₂ dalam udara ambien adalah dengan pemasangan filter pada cerobong asap industri, menggunakan bahan bakar yang kandungan sulfurnya rendah, melakukan penambahan jumlah pohon di sepanjang jalan raya, dan pemakaian masker saat beraktivitas di luar ruangan.

7.3.3. Konsentrasi TSP dengan Jumlah Kasus ISPA

Hasil analisis korelasi dan regresi antara variabel TSP dengan jumlah kasus ISPA selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi menunjukkan hubungan yang bermakna (p value = 0,029). Hasil ini sesuai dengan teori karena mikroorganisme penyebab ISPA terdapat di udara dalam bentuk aerosol yang merupakan bentuk TSP.

Namun hubungan yang terjadi berpola negatif dan berkorelasi lemah ($r = -0,226$). Hasil ini tidak sesuai dengan teori dan penelitian-penelitian di dunia yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi TSP akan meningkatkan jumlah kasus penyakit pernapasan. Penelitian di Hongkong menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara kunjungan penderita penyakit saluran pernapasan atas/ *upper respiratory tract diseases* (URTI) dengan peningkatan konsentrasi NO_2 , O_3 , PM_{10} , dan $\text{PM}_{2.5}$ (Wong, et al, 2005). Penelitian di Palermo, Italia juga membuktikan bahwa polutan meningkatkan resiko kesehatan terutama pada saluran pernapasan, sebesar 2.2% (95% CI: 1.3-3.1) pada PM_{10} (Tramuto et al, 2011).

Hasil ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan jumlah data yang diperoleh sehingga tidak dapat merepresentasikan hal yang terjadi sebenarnya. Selain itu, tidak semua orang yang menderita ISPA akan berobat ke Puskesmas sehingga tidak tercatat oleh Puskesmas dan Dinas Kesehatan. Kemungkinan lain adalah banyak variabel yang mempengaruhi TSP tetapi tidak dimasukkan dalam penelitian ini, seperti variabel suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, arah angin, dan kecepatan angin.

Sebagai tindakan pencegahan peningkatan kejadian ISPA akibat peningkatan konsentrasi TSP adalah dengan memasang filter pada cerobong asap industri, peralihan dari bahan bakar cair ke BBG, penambahan jumlah pohon di sepanjang jalan raya, dan penggunaan masker saat beraktivitas di luar ruangan.

7.4. Keterbatasan Penelitian

Ada beberapa hal yang menjadi keterbatasan penelitian ini, yaitu :

1. Keterbatasan dalam penggunaan desain studi. Studi ekologi tidak mampu menjelaskan kesenjangan antara status pajanan agen dan status penyakit antara populasi dengan individu, sehingga tidak dapat diketahui apakah individu yang terpapar juga menderita sakit.
2. Data yang digunakan adalah sekunder sehingga jumlah data yang dapat digunakan terbatas dan mungkin tidak cukup untuk membuat hasil ini representatif bagi semua wilayah di Kota Bekasi. Selain itu, kekurangan lain dari data sekunder adalah dapat terjadi kemungkinan data yang digunakan kurang objektif dan akurat.
3. Data yang digunakan ada yang tidak lengkap karena ada beberapa data yang hilang, misalnya jumlah kasus ISPA per bulan pada tahun 2008 sehingga data yang digunakan adalah data jumlah kasus satu tahun dan data pengukuran udara pada Kecamatan Bekasi Utara tahun 2009 juga tidak ada. Hal inilah yang dapat berakibat pada analisis.
4. Ada banyak variabel-variabel lain yang dapat mempengaruhi ISPA dan kualitas udara tetapi tidak dimasukkan dalam penelitian ini seperti variabel curah hujan, kelembaban, suhu udara, dan lain-lain.

BAB 8

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1. Kesimpulan

1. Rata-rata konsentrasi NO₂ selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi adalah 51,31 µg/m³ (95% CI : 42,21 – 60,40). Nilai terendah adalah 13,35 µg/m³ dan nilai tertinggi adalah 374,46 µg/m³. Rata-rata konsentrasi SO₂ selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi adalah 48,28 µg/m³ (95% CI : 40,09 – 56,48). Nilai terendah adalah 15,44 µg/m³ dan nilai tertinggi adalah 204,72 µg/m³. Rata-rata konsentrasi TSP selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi adalah 192,68 µg/m³ (95% CI : 157,15 – 228,21). Nilai terendah adalah 18,05 µg/m³ dan nilai tertinggi adalah 1608,82 µg/m³. Rata-rata jumlah kasus ISPA selama tahun 2004-2011 di Kota Bekasi adalah 677,92 kasus (95% CI : 590,77 – 765,07). Jumlah terendah adalah 2 kasus dan jumlah tertinggi adalah 2027 kasus.
2. Hasil analisis korelasi dan regresi menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna antara konsentrasi NO₂ dengan jumlah kasus ISPA (*p value* = 0,245). Hasil analisis korelasi dan regresi menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna antara konsentrasi SO₂ dengan jumlah kasus ISPA (*p value* = 0,162). Hasil analisis korelasi dan regresi menunjukkan hubungan yang bermakna antara konsentrasi TSP dengan jumlah kasus ISPA (*p value* = 0,029). Persamaan garis yang menjelaskan hubungan antara konsentrasi TSP dengan jumlah kasus ISPA adalah jumlah kasus ISPA = 784,72 – 0,554 (konsentrasi TSP).
3. Persamaan garis regresi yang menjelaskan variabel-variabel yang mempengaruhi ISPA adalah jumlah kasus ISPA = 651,09 + 5,054 (konsentrasi SO₂) – 0,512 (konsentrasi TSP) – 0,042 (NO₂ * SO₂).

8.2. Saran

8.2.1. Bagi Pemerintah atau Pengambil Kebijakan

8.2.1.1. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH)

1. Meningkatkan lagi kegiatan pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh BPLH setiap tahun. Akan lebih baik jika lokasi-lokasi pengukuran tersebar di semua kecamatan dan kontinyu setiap tahunnya sehingga dapat lebih mudah melihat tren per kecamatan.
2. BPLH bekerja sama dengan Dinas Pertamanan melakukan penambahan jumlah pepohonan dan tanaman penyerap polusi di sepanjang jalan raya terutama daerah rawan kemacetan.
3. BPLH bekerja sama dengan Dinas Perhubungan melakukan uji emisi bagi kendaraan-kendaraan bermotor di Kota Bekasi. Kegiatan ini sebaiknya dilakukan secara rutin setiap tahun.
4. BPLH bekerja sama dengan Dinas Perindustrian melakukan uji emisi pada asap buangan industri-industri yang ada di Kota Bekasi.

8.2.1.2. Dinas Kesehatan

1. Meningkatkan kembali kegiatan pemantauan jumlah kasus ISPA di Kota Bekasi yang dilakukan Dinas Kesehatan setiap bulan disertai dengan pencatatan dan pengarsipan yang lebih rapi.
2. Dinas Kesehatan bekerja sama dengan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dalam melakukan penyuluhan terkait pencegahan ISPA dan penerapan pola hidup sehat.

8.2.1.3. Dinas Perhubungan

1. Dinas Perhubungan bekerja sama dengan Dinas Perindustrian dalam mengatur waktu masuk dan pulang kerja karyawan

Universitas Indonesia

industri di Kota Bekasi. Dengan berkurangnya bus antar jemput karyawan pada jam-jam sibuk diharapkan kemacetan akan berkurang.

2. Dinas Perhubungan bekerja sama dengan Dinas Pekerjaan Umum melakukan perbaikan-perbaikan pada jalan raya yang sudah rusak sehingga diharapkan dapat mengurangi kemacetan.
3. Melakukan promosi bahan bakar rendah polusi dan bahan bakar gas (BBG) serta memfasilitasi dengan menambah jumlah SPBU yang menyediakan BBG.

8.2.2. Bagi Masyarakat

1. Memaksimalkan penggunaan transportasi umum seperti kereta api, bus kota, bus antar jemput khusus karyawan, dan lainnya.
2. Menggunakan kendaraan ramah lingkungan seperti sepeda untuk perjalanan berjarak dekat.
3. Melakukan perawatan mesin kendaraan dan uji emisi secara berkala.
4. Menggunakan bahan bakar yang rendah polusi atau beralih menggunakan bahan bakar gas (BBG).
5. Tidak melakukan kegiatan pembakaran sampah untuk mengurangi konsentrasi TSP di udara.
6. Menggunakan masker ketika beraktivitas di luar ruangan.
7. Membuat kondisi rumah menjadi lebih sehat dengan memastikan ventilasi rumah berjumlah cukup dan berfungsi dengan baik serta jumlah cahaya matahari yang masuk ke dalam rumah cukup.
8. Meningkatkan daya tahan tubuh dengan cara menerapkan pola makan gizi seimbang, penerapan ASI eksklusif pada bayi, imunisasi untuk bayi dan balita, menghindari kebiasaan merokok dan menghindari orang yang merokok.
9. Bagi pihak industri sebaiknya memasang filter absorber pada cerobong asap industri.

8.2.3. Bagi Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)

1. Melakukan promosi kesehatan tentang ISPA melalui penyuluhan kesehatan dan poster-poster kesehatan
2. Melakukan promosi gerakan penanaman pohon, penggunaan masker bagi pengguna jalan raya, dan penggunaan bahan bakar rendah polusi dalam rangka peningkatan kualitas lingkungan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ambrose, Sansa. 2005. *Relationship Between Indoor Air Pollution and Acute Respiratory Infections Among Children in Uganda*. Diunduh dari <http://users.ictp.it> pada November 2011
- Ardiansyah. 2005. *Studi Ekologik Hubungan antara Kualitas Udara Ambien (NO_2 , SO_2 , TSP) dengan Kejadian Penyakit ISPA di Lima Kecamatan Jakarta Bulan Mei-Desember tahun 2004*. Skripsi. FKM UI
- Ariyani, Woro Sandra. 2006. *Hubungan Kualitas Udara Ambien (PM_{10} , SO_2 , NO_2) dengan Kejadian ISPA Berdasarkan Musim di Kecamatan Cakung tahun 2001-2005*. Skripsi. FKM UI
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. 2007. *Laporan Hasil Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) Nasional 2007*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia diunduh dari pada November 2011
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bekasi. 2011. *Laporan Akhir Kegiatan Lanjutan Pengujian Kualitas Udara Ambien Jalan Raya Kota Bekasi tahun 2011*. BPLH Kota Bekasi
- Badan Pusat Statistik Kota Bekasi. 2010. *Hasil Sensus Penduduk 2010 : Angka Agregat per Kecamatan di Kota Bekasi*. BPS Kota Bekasi diunduh dari <http://bekasikota.bps.go.id> pada Maret 2012
- Badan Pusat Statistik Kota Bekasi. 2010. *Kota Bekasi dalam Angka 2010*. BPS Kota Bekasi diunduh dari <http://bekasikota.bps.go.id> pada Maret 2012
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Udara Ambien- Bagian 2: Cara Uji Kadar Nitrogen Dioksida dengan Metode Griess Saltzman Menggunakan Spektrofotometer*. Diunduh dari <http://www.bplhdjabar.go.id> pada November 2011
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Udara Ambien- Bagian 7: Cara Uji Kadar Sulfur Dioksida dengan Metode Pararosanilin Menggunakan Spektrofotometer*. Diunduh dari <http://www.bplhdjabar.go.id> pada November 2011
- CAI-Asia, 2010. *Factsheet No. 13 – Nitrogen dioxide (NO_2) Status and Trends in Asia*. Pasig City, Philippines diunduh dari <http://cleanairinitiative.org> pada September 2011
- CAI-Asia, 2010. *Factsheet No. 4 – Sulfur dioxide (SO_2) Standards in Asia*. Pasig City, Philippines diunduh dari <http://cleanairinitiative.org> pada September 2011

- Chen, et al. 2008. *Short-term Effects of Ambient Gaseous Pollutant and Particulate Matter on Daily Mortality in Shanghai, China*. Journal of Occupational Health Vol. 50
- Chiusolo, et al. 2011. *Short-Term Effects of Nitrogen Dioxide on Mortality and Susceptibility Factors in 10 Italian Cities: The EpiAir Study*. Environmental Health Perspectives
- Danil, Mahyu. 2008. *Studi Ekologik Hubungan Antara Kualitas Udara Ambien (SO_2 , NO_2 , PM_{10}) dengan Kejadian ISPA di Wilayah Kecamatan Pulo Gadung Jakarta Timur 2003-2007*. Skripsi. FKM UI
- Departemen Kesehatan RI. 2007. *Bimbingan Ketrampilan Tatalaksana Pneumonia Balita*. Jakarta
- Department of the Environment and Heritage of Australia. 2004. *State of The Air: Community Summary 1991-2001*. Diunduh dari <http://www.environment.gov.au> pada November 2011
- Elliot, et al, 2007. *Long-term associations of outdoor air pollution with mortality in Great Britain*. Thorax 2007;62:1088–1094. doi: 10.1136/thx.2006.076851
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Gindo, Agus. 2007. *Pengukuran Partikel Udara Ambien (TSP, PM_{10} , $PM_{2,5}$) di Sekitar Calon Lokasi PLTN Semenanjung Lemahabang*. Diunduh dari www.batan.go.id pada Maret 2012
- Gül et al, 2011. *Respiratory Health Symptoms among Students Exposed to Different Levels of Air Pollution in a Turkish City*. International Journal of Environmental Research and Public Health
- Handayani. 2003. *Pengaruh Inhalasi NO_2 terhadap Kesehatan Paru*. Cermin Dunia Kedokteran No. 138, 2003
- Hastono, Sutanto Priyo. 2007. *Analisis Data Kesehatan*. Modul Kuliah. Depok : FKM UI
- Linares et al, 2010. *Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study*. BMC Pulmonary Medicine
- Margono, Edi. 2008. *Kualitas Udara Ambien dan Kejadian ISPA di Provinsi DKI Jakarta : Analisis Time Trend Correlate dan Multiple Regression Linear Berbasis Data Hasil Pengukuran Meteorologi, ISPU, dan Surveilens Aktif Rumah Sakit di Provinsi DKI Jakarta*. Tesis. FKM UI

- Ministry of Environment Ontario. 2010. *Current Pollutant Concentrations*. Diunduh dari www.airqualityontario.com pada November 2011
- Rasmaliah. 2004. *Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) dan Penanggulangannya*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara diunduh dari <http://repository.usu.ac.id/> pada Oktober 2011
- Satriyo, Saputro. 2008. *Studi Kondisi Kimiawi Penyebaran Pb, Debu, dan Kebisingan di Kota Jakarta*. Jurnal Kajian Ilmiah Lembaga Penelitian Ubhara Jaya Vol. 9 No. 2 diunduh dari <http://jurnal.pdii.lipi.go.id> pada November 2011
- Setiawan, Ady. 2002. *Hubungan Kadar Total Suspended Particulate (TSP) dengan Fungsi Paru di Lingkungan Industri Semen (Studi pada Semen Cibinong Pabrik Cilacap)*. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang diunduh dari <http://eprints.undip.ac.id/13769/1/2002MIKM1369.pdf> pada Juni 2012
- Simoes et.al, 2006. *Acute Respiratory Infections in Children*. diunduh dari <http://files.dcp2.org/pdf/DCP/DCP25.pdf> pada Oktober 2011
- Smargiassi, et al, 2009. *Risk of Asthmatic Episodes in Children Exposed to Sulfur Dioxide Stack Emissions from a Refinery Point Source in Montreal, Canada*. Environmental Health Perspectives
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Kumpulan Karya Ilmiah Pencemaran Udara*. Bandung : Penerbit ITB
- Tanpa nama. *Bab 2 Tinjauan Pustaka*. Diunduh dari <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/21945/4/Chapter%20II.pdf> pada Januari 2012
- Tanpa nama. *Bab II Tinjauan Pustaka*. Diunduh dari <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/108/jtptunimus-gdl-mansyurhid-5396-2-bab2.pdf> pada Januari 2012
- Tramuto et al. 2011. *Urban air pollution and emergency room admissions for respiratory symptoms: a casecrossover study in Palermo, Italy*. BioMed Central
- U.S. Environmental Protection Agency. 2010. *Nitrogen Dioxide*. Diunduh dari <http://www.epa.gov> pada November 2011
- U.S. Environmental Protection Agency. 2010. *Sulfur Dioxide*. Diunduh dari <http://www.epa.gov> pada November 2011

- Wardhana, Wisnu Arya. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi)*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Widyaningrum, Ika. 2012. *Analisis Spasial Kejadian TB Paru BTA (+) di Kabupaten Purworejo tahun 2008-2010*. Skripsi. FKM UI
- Wong, et al. 2005. *Association between air pollution and general practitioner visits for respiratory diseases in Hong Kong*. *Thorax* 2006;61:585–591. doi: 10.1136/thx.2005.051730
- World Health Organization. 2002. *Acute Respiratory Infections*. diunduh dari www.who.int pada Oktober 2011
- World Health Organization. 2005. *Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide*. Geneva : WHO press diunduh dari www.who.int pada Oktober 2011
- Yulaekah, Siti. 2007. *Paparan Debu Terhirup dan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Industri Batu Kapur (Studi di Desa Mrisi Kecamatan Tanggunharjo Kabupaten Grobogan)*. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang diunduh dari http://eprints.undip.ac.id/18220/1/SITI_YULAEKAH.pdf pada Januari 2012
- Yunita, Resyana. 2010. *Hubungan Tingkat Konsentrasi SO₂ dan NO₂ dengan Jumlah Kejadian ISPA pada Penduduk di Kota Administrasi Jakarta Utara tahun 2005-2009*. Skripsi. FKM UI
- Zhang, et.al. 2011. *Study on the Association between Ambient Air Pollution and Daily Cardiovascular and Respiratory Mortality in an Urban District of Beijing*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* ISSN 1660-4601

LAMPIRAN DATA SKRIPSI

1. NO₂

KECAMATAN	2004		2005			2006	2007 (SEPT)	2008	2009			2010		2011		
	MEI	JUL	AGT	JUL	SEPT				MEI	JUL	AGT	JUNI	SEPT	AGT	SEPT	NOV
BEKASI BARAT	31.93	43.18	35.60	39.69	43.95	42.13	41.09	19.38	25.11	54.63	45.82	47.73	28.20	152.25	51.66	66.79
BEKASI SELATAN	35.39	37.31	37.67	40.26	35.96	37.82	37.87	21.84	27.19	66.12	48.66	54.68	31.79	105.90	68.46	71.42
BEKASI TIMUR	39.70	36.82	43.69	42.46	39.44	39.10	40.90	20.86	64.51	39.06	66.83	39.92	33.94	140.38	44.81	91.72
BEKASI UTARA	29.51	33.78	32.41	30.78	34.77	30.86	31.83	15.00	TP	TP	TP	19.63	65.59	103.03	85.51	45.26
PONDOK GEDE	31.98	35.57	34.68	33.01	35.94	31.71	39.58	26.25	13.35	38.70	39.88	65.26	26.13	161.50	77.97	86.47
RAWA LUMBU	29.12	35.48	32.22	31.55	36.16	36.98	374.46	20.75	25.23	49.12	38.70	46.51	49.05	142.00	48.94	87.77

Sumber : Data Pengukuran Kualitas Udara Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH)

2. SO₂

KECAMATAN	2004		2005			2006	2007 (SEPT)	2008	2009			2010		2011		
	MEI	JUL	AGT	JUL	SEPT				MEI	JUL	AGT	JUNI	SEPT	AGT	SEPT	NOV
BEKASI BARAT	35.57	36.63	41.51	44.62	36.58	37.76	34.29	24.63	63.69	141.99	111.34	116.47	25.70	21.06	95.09	25.70
BEKASI SELATAN	29.26	28.73	31.53	31.78	29.12	30.36	28.97	19.67	70.72	66.93	28.04	25.70	25.70	99.41	127.95	27.55
BEKASI TIMUR	32.22	29.61	35.70	36.18	33.89	38.53	36.50	25.86	68.33	153.51	201.45	25.70	25.70	110.61	15.44	42.74
BEKASI UTARA	45.18	48.08	23.78	38.96	40.86	33.34	38.70	25.67	TP	TP	TP	25.70	25.70	124.33	87.54	26.11
PONDOK GEDE	26.14	28.39	28.84	29.76	30.41	28.88	31.64	29.25	41.88	27.77	25.70	25.70	25.70	204.72	17.66	66.35
RAWA LUMBU	34.48	31.08	31.42	26.13	32.24	31.10	29.16	25.00	60.39	60.97	177.30	25.70	25.70	22.49	92.83	25.70

Sumber : Data Pengukuran Kualitas Udara Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH)

3. TSP

KECAMATAN	2004		2005			2006	2007 (SEPT)	2008	2009			2010		2011		
	MEI	JUL	AGT	JUL	SEPT				MEI	JUL	AGT	JUNI	SEPT	AGT	SEPT	NOV
BEKASI BARAT	157.60	156.50	169.23	179.63	156.67	81.54	218.26	1608.82	308.50	192.07	133.73	83.80	110.65	354.87	274.67	238.40
BEKASI SELATAN	207.08	191.85	212.73	268.38	195.68	71.05	169.77	245.15	69.84	283.33	226.19	52.78	57.64	190.38	183.58	248.24
BEKASI TIMUR	175.59	225.38	186.31	162.89	245.37	88.47	209.20	186.42	104.23	231.48	103.70	111.57	75.66	217.79	221.27	312.22
BEKASI UTARA	186.35	189.65	193.50	266.40	197.40	65.55	186.83	212.97	TP	TP	TP	18.05	156.25	287.58	240.08	228.25
PONDOK GEDE	163.68	160.72	163.76	167.06	165.40	68.81	176.98	377.31	54.76	283.33	171.33	118.75	220.14	145.15	94.72	309.45
RAWA LUMBU	136.20	139.60	138.20	158.70	140.20	64.25	146.90	608.10	76.98	30.95	139.68	80.90	43.06	139.75	126.20	323.55

Sumber : Data Pengukuran Kualitas Udara Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH)

4. ISPA

KECAMATAN	2004		2005			2006	2007 (SEPT)	2008	2009			2010		2011		
	MEI	JUL	AGT	JUL	SEPT				MEI	JUL	AGT	JUNI	SEPT	AGT	SEPT	NOV
BEKASI BARAT	1723	1619	2027	1508	1674	1412	1020	25	1615	1279	1809	1429	1524	641	613	944
BEKASI SELATAN	173	528	448	395	583	512	479	10	782	620	617	525	759	310	553	643
BEKASI TIMUR	566	579	532	751	667	656	344	2	1168	832	1036	727	806	421	721	959
BEKASI UTARA	586	673	722	680	784	577	483	71	TD	TD	TD	769	940	826	819	778
PONDOK GEDE	668	704	579	795	326	757	98	13	620	826	301	812	523	166	305	425
RAWA LUMBU	307	572	732	415	301	469	241	8	788	440	396	520	544	226	391	505

Sumber : Data Kasus ISPA Dinas Kesehatan Kota Bekasi

*TP = Tidak Dilakukan Pengukuran

*TD = Data Tidak Digunakan karena Mengikuti Data Udara

LAMPIRAN OUTPUT SPSS

1. Univariat

a. Jumlah Kasus ISPA

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
jumlah kasus ISPA	93	2	2027	677.92	423.156
Valid N (listwise)	93				

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
jumlah kasus ISPA	93	100.0%	0	.0%	93	100.0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
jumlah kasus ISPA	Mean	677.92	43.879
	95% Confidence Interval for Mean	590.77	
	Lower Bound		
	Upper Bound	765.07	
	5% Trimmed Mean	653.67	
	Median	617.00	
	Variance	179061.4	
	Std. Deviation	423.156	
	Minimum	2	
	Maximum	2027	
	Range	2025	
	Interquartile Range	378	
	Skewness	1.071	.250
	Kurtosis	1.292	.495

b. Konsentrasi NO₂

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
konsentrasi NO2	93	13.35	374.46	51.3071	44.15072
Valid N (listwise)	93				

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
konsentrasi NO2	93	100.0%	0	.0%	93	100.0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
konsentrasi NO2	Mean	51.3071	4.57822
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 42.2143 Upper Bound 60.3998	
	5% Trimmed Mean	45.0330	
	Median	39.0967	
	Variance	1949.286	
	Std. Deviation	44.15072	
	Minimum	13.35	
	Maximum	374.46	
	Range	361.11	
	Interquartile Range	18.29	
	Skewness	4.851	.250
	Kurtosis	31.481	.495

c. Konsentrasi SO₂

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
konsentrasi SO2	93	15.44	204.72	48.2834	39.77519
Valid N (listwise)	93				

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
konsentrasi SO2	93	100.0%	0	.0%	93	100.0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
konsentrasi SO2	Mean	48.2834	4.12450	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	40.0918	
		Upper Bound	56.4750	
	5% Trimmed Mean	42.6839		
	Median	31.5325		
	Variance	1582.066		
	Std. Deviation	39.77519		
	Minimum	15.44		
	Maximum	204.72		
	Range	189.28		
	Interquartile Range	19.12		
	Skewness	2.326	.250	
	Kurtosis	5.168	.495	

d. Konsentrasi TSP

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
konsentrasi TSP	93	18.05	1608.82	192.6833	172.52015
Valid N (listwise)	93				

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
konsentrasi TSP	93	100.0%	0	.0%	93	100.0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
konsentrasi TSP	Mean	192.6833	17.88951	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	157.1532	
		Upper Bound	228.2134	
	5% Trimmed Mean	174.1900		
	Median	171.3300		
	Variance	29763.201		
	Std. Deviation	172.52015		
	Minimum	18.05		
	Maximum	1608.82		
	Range	1590.77		
	Interquartile Range	100.85		
	Skewness	6.251	.250	
	Kurtosis	50.081	.495	

2. Bivariat

a. NO₂ terhadap ISPA

Correlations

Correlations

		konsentrasi NO2	jumlah kasus ISPA
konsentrasi NO2	Pearson Correlation	1	-.122
	Sig. (2-tailed)		.245
	N	93	93
jumlah kasus ISPA	Pearson Correlation	-.122	1
	Sig. (2-tailed)	.245	
	N	93	93

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	konsentrasi NO2	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.122 ^a	.015	.004	422.316

a. Predictors: (Constant), konsentrasi NO2

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	243753.8	1	243753.804	1.367	.245 ^a
	Residual	16229894	91	178350.478		
	Total	16473647	92			

a. Predictors: (Constant), konsentrasi NO2

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	737.737	67.348		10.954	.000
	konsentrasi NO2	-1.166	.997	-.122	-1.169	.245

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

b. SO₂ terhadap ISPA

Correlations

Correlations

		konsentrasi SO2	jumlah kasus ISPA
konsentrasi SO2	Pearson Correlation	1	.146
	Sig. (2-tailed)		.162
	N	93	93
jumlah kasus ISPA	Pearson Correlation	.146	1
	Sig. (2-tailed)	.162	
	N	93	93

Regression

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	konsentrasi SO2 ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.146 ^a	.021	.011	420.906

a. Predictors: (Constant), konsentrasi SO2

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	351914.6	1	351914.625	1.986	.162 ^a
	Residual	16121733	91	177161.898		
	Total	16473647	92			

a. Predictors: (Constant), konsentrasi SO2

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	602.843	68.866		8.754	.000
	konsentrasi SO2	1.555	1.103	.146	1.409	.162

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

c. TSP terhadap ISPA

Correlations

Correlations

		konsentrasi TSP	jumlah kasus ISPA
konsentrasi TSP	Pearson Correlation	1	-.226*
	Sig. (2-tailed)		.029
	N	93	93
jumlah kasus ISPA	Pearson Correlation	-.226*	1
	Sig. (2-tailed)	.029	
	N	93	93

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Regression

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	konsentrasi TSP ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.226 ^a	.051	.041	414.469

a. Predictors: (Constant), konsentrasi TSP

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	841227.6	1	841227.616	4.897	.029 ^a
	Residual	15632420	91	171784.832		
	Total	16473647	92			

a. Predictors: (Constant), konsentrasi TSP

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

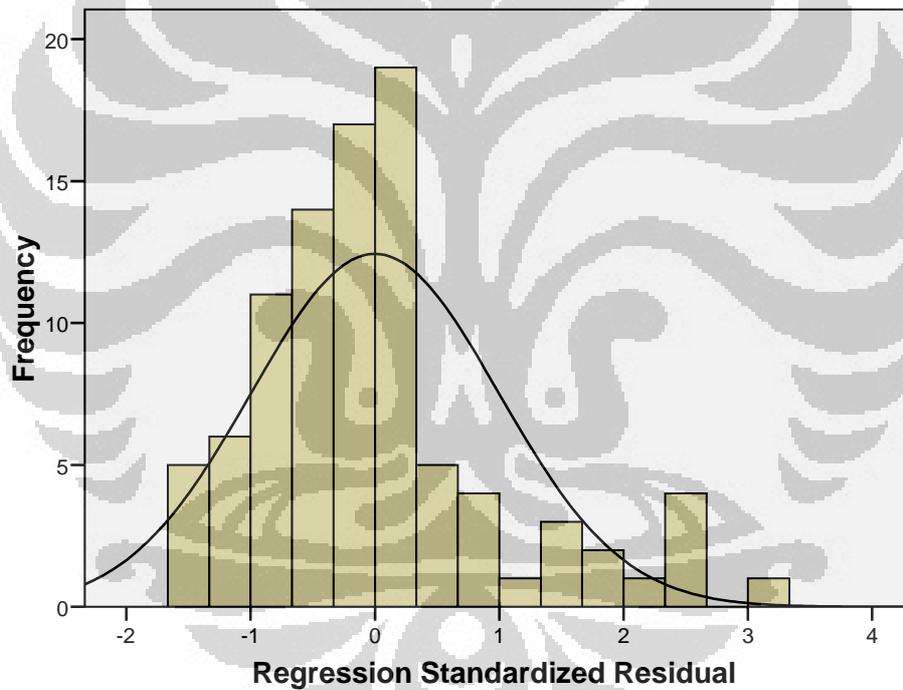
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	784.719	64.625		12.143	.000
	konsentrasi TSP	-.554	.250	-.226	-2.213	.029

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

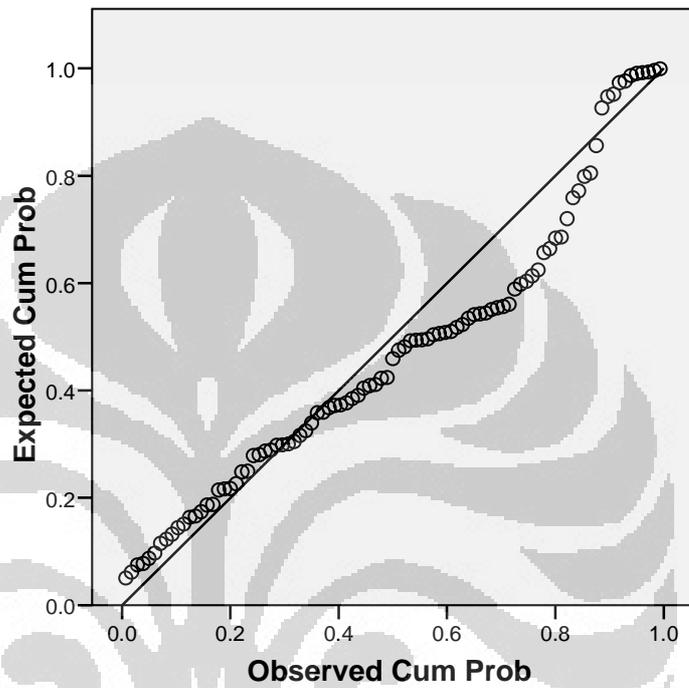
Histogram

Dependent Variable: jumlah kasus ISPA



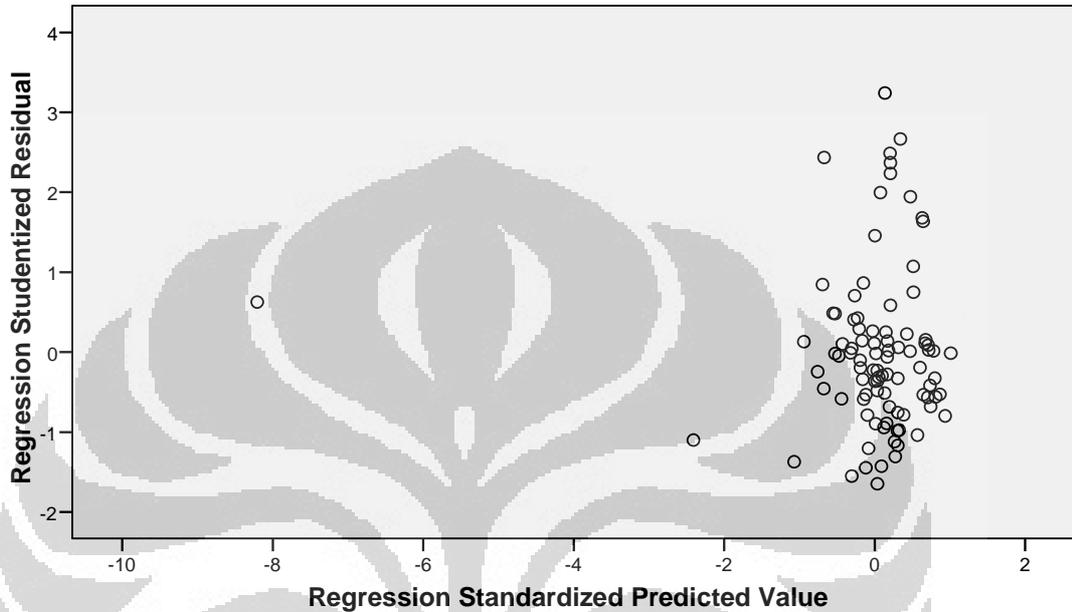
Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

Dependent Variable: jumlah kasus ISPA



Scatterplot

Dependent Variable: jumlah kasus ISPA



3. Multivariat

a. 6 Variabel

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	SO2xTSP, konsentrasi NO2, konsentrasi TSP, NO2xSO2, NO2xTSP, konsentrasi SO2		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.380 ^a	.144	.084	404.900

a. Predictors: (Constant), SO₂xTSP, konsentrasi NO₂, konsentrasi TSP, NO₂xSO₂, NO₂xTSP, konsentrasi SO₂

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2374449	6	395741.488	2.414	.033 ^a
	Residual	14099198	86	163944.168		
	Total	16473647	92			

a. Predictors: (Constant), SO₂xTSP, konsentrasi NO₂, konsentrasi TSP, NO₂xSO₂, NO₂xTSP, konsentrasi SO₂

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	670.292	142.249		4.712	.000
	konsentrasi NO ₂	-1.162	2.627	-.121	-.443	.659
	konsentrasi SO ₂	5.212	3.388	.490	1.539	.128
	konsentrasi TSP	-.784	.524	-.320	-1.495	.139
	NO ₂ xSO ₂	-.047	.023	-.487	-2.077	.041
	NO ₂ xTSP	.009	.013	.211	.737	.463
	SO ₂ xTSP	.001	.017	.025	.077	.939

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

**b. 5 Variabel
Regression**

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NO2xTSP, konsentrasi SO2, konsentrasi TSP, NO2xSO2, konsentrasi NO2	.	Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.380 ^a	.144	.095	402.580

- a. Predictors: (Constant), NO2xTSP, konsentrasi SO2, konsentrasi TSP, NO2xSO2, konsentrasi NO2

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2373485	5	474696.929	2.929	.017 ^a
	Residual	14100163	87	162070.836		
	Total	16473647	92			

- a. Predictors: (Constant), NO2xTSP, konsentrasi SO2, konsentrasi TSP, NO2xSO2, konsentrasi NO2
b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	665.833	129.081		5.158	.000
	konsentrasi NO2	-1.220	2.502	-.127	-.488	.627
	konsentrasi SO2	5.418	2.058	.509	2.633	.010
	konsentrasi TSP	-.757	.386	-.309	-1.961	.053
	NO2xSO2	-.047	.023	-.487	-2.088	.040
	NO2xTSP	.010	.012	.220	.833	.407

- a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

**c. 4 Variabel
Regression**

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NO2xTSP, konsentrasi SO2, konsentrasi TSP, NO2xSO2 ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.376 ^a	.142	.103	400.833

a. Predictors: (Constant), NO2xTSP, konsentrasi SO2, konsentrasi TSP, NO2xSO2

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2334923	4	583730.743	3.633	.009 ^a
	Residual	14138724	88	160667.322		
	Total	16473647	92			

a. Predictors: (Constant), NO2xTSP, konsentrasi SO2, konsentrasi TSP, NO2xSO2

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	622.588	93.410		6.665	.000
	konsentrasi SO2	5.729	1.948	.538	2.941	.004
	konsentrasi TSP	-.632	.288	-.258	-2.195	.031
	NO2xSO2	-.052	.020	-.534	-2.529	.013
	NO2xTSP	.005	.006	.112	.775	.440

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

d. 3 Variabel

Regression

Variables Entered/Removed^d

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NO ₂ xSO ₂ , konsentra si TSP, konsentra si SO ₂ ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.369 ^a	.136	.107	399.934

a. Predictors: (Constant), NO₂xSO₂, konsentrasi TSP, konsentrasi SO₂

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2238321	3	746107.161	4.665	.004 ^a
	Residual	14235326	89	159947.482		
	Total	16473647	92			

a. Predictors: (Constant), NO₂xSO₂, konsentrasi TSP, konsentrasi SO₂

b. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	651.089	85.682		7.599	.000
	konsentrasi SO ₂	5.054	1.739	.475	2.907	.005
	konsentrasi TSP	-.512	.242	-.209	-2.114	.037
	NO ₂ xSO ₂	-.042	.016	-.430	-2.638	.010

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Coefficient Correlations^a

Model			NO2xSO2	konsentrasi TSP	konsentrasi SO2
1	Correlations	NO2xSO2	1.000	-.032	-.797
		konsentrasi TSP	-.032	1.000	.066
		konsentrasi SO2	-.797	.066	1.000
	Covariances	NO2xSO2	.000	.000	-.022
		konsentrasi TSP	.000	.059	.028
		konsentrasi SO2	-.022	.028	3.022

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions			
				(Constant)	konsentrasi SO2	konsentrasi TSP	NO2xSO2
1	1	2.941	1.000	.02	.01	.03	.02
	2	.731	2.005	.03	.02	.26	.13
	3	.240	3.500	.42	.03	.64	.18
	4	.087	5.798	.53	.94	.07	.67

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Residuals Statistics^a

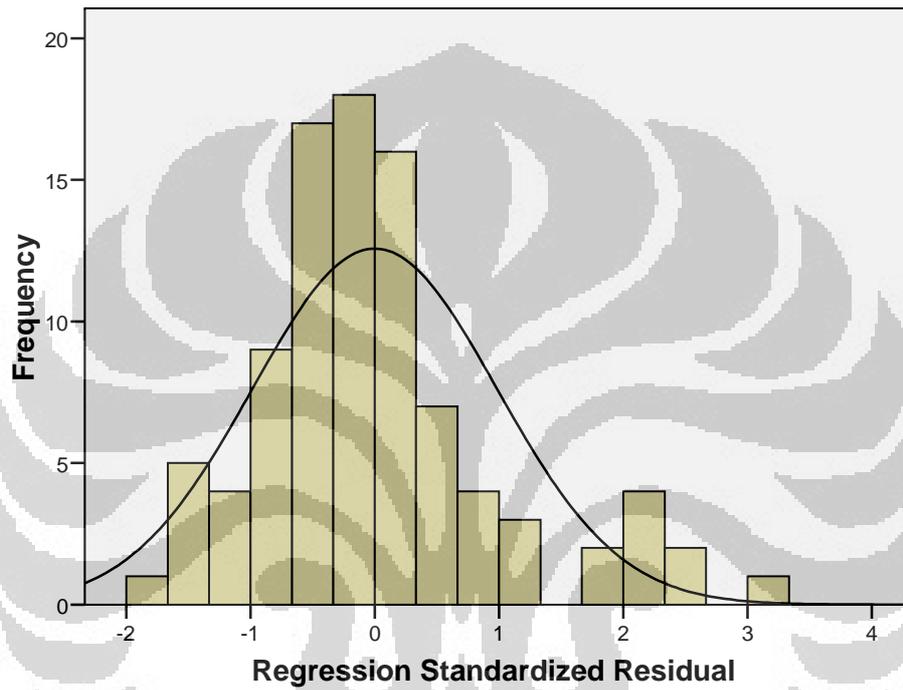
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-68.45	1189.81	677.92	155.979	93
Std. Predicted Value	-4.785	3.282	.000	1.000	93
Standard Error of Predicted Value	43.417	345.120	67.686	48.198	93
Adjusted Predicted Value	-339.77	1397.95	678.45	176.438	93
Residual	-793.809	1314.345	.000	393.360	93
Std. Residual	-1.985	3.286	.000	.984	93
Stud. Residual	-2.230	3.307	-.001	1.001	93
Deleted Residual	-1001.946	1330.590	-.526	408.826	93
Stud. Deleted Residual	-2.282	3.511	.005	1.021	93
Mahal. Distance	.095	67.520	2.968	9.317	93
Cook's Distance	.000	.326	.011	.038	93
Centered Leverage Value	.001	.734	.032	.101	93

a. Dependent Variable: jumlah kasus ISPA

Charts

Histogram

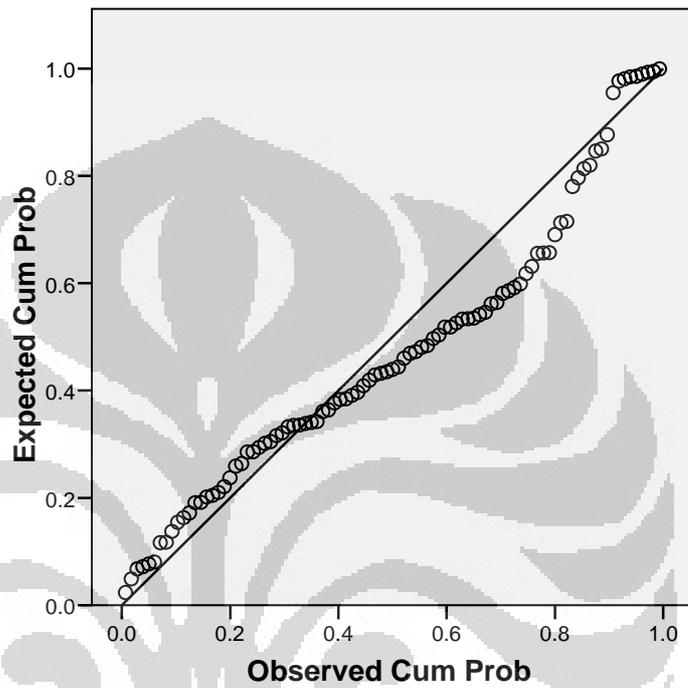
Dependent Variable: jumlah kasus ISPA



Mean = -5.02E-16
Std. Dev. = 0.984
N = 93

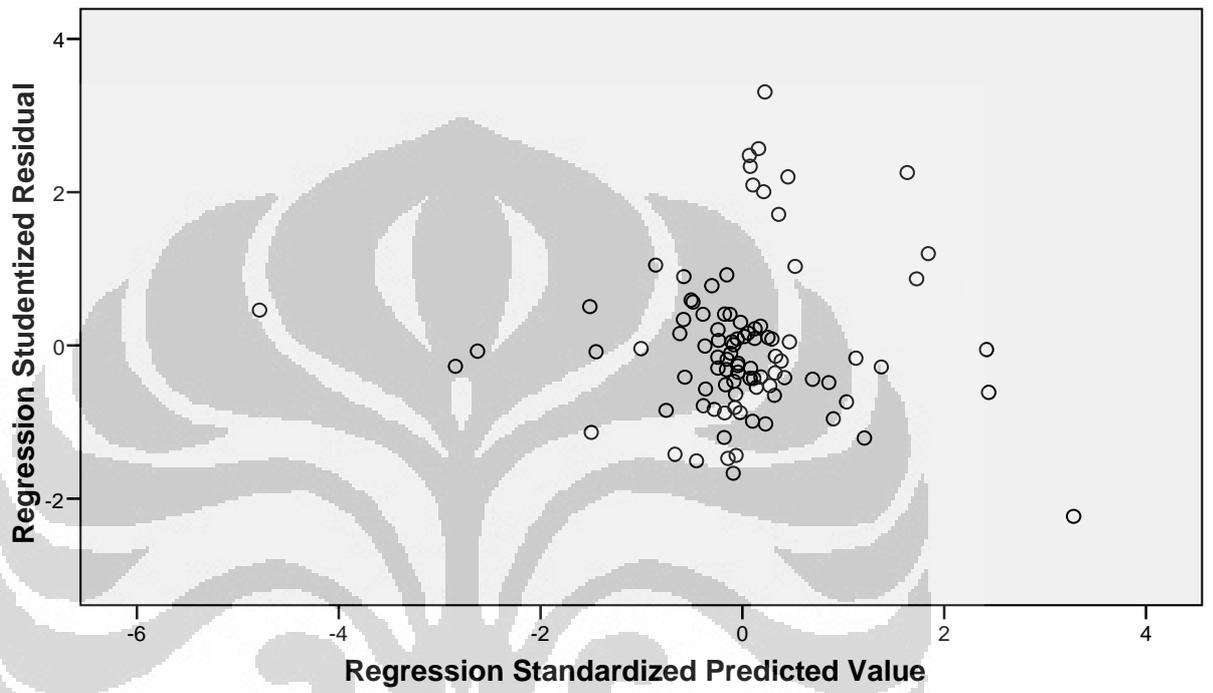
Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

Dependent Variable: jumlah kasus ISPA



Scatterplot

Dependent Variable: jumlah kasus ISPA





PEMERINTAH KOTA BEKASI
BADAN KESATUAN BANGSA, POLITIK DAN PERLINDUNGAN MASYARAKAT
Jl. Ir. H. Juanda No. 100 Telp./Fax. : (021) 8818154
BEKASI

Bekasi, 03 April 2012

Nomor : 070.1/ 805 -Poldagri/IV/2012
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Hal : Rekomendasi Ijin Penelitian
Dan Menggunakan Data

Kepada
Yth. Kepala Badan Pengelolaan Lingkungan
Hidup Kota Bekasi
Di -
BEKASI

REKOMENDASI

Memperhatikan surat dari Kepala Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bekasi Nomor: 660.1/ 391. BPLH.SET/ III/2012 tanggal 21 Maret 2012 hal Ijin Penelitian dan Menggunakan Data, dengan ini kami memberikan rekomendasi terhadap:

Nama/ NPM : EKA SATRIANI SAKTI/ 0806335933

Maksud dan Tujuan : Melakukan kegiatan penelitian dan menggunakan data dalam rangka penulisan skripsi dengan judul "**Hubungan Antara Kualitas Udara Ambien (NO₂, SO₂, Total Suspended Particulat) Dan Faktor Meteorologis Dengan Kejadian ISPA Di Kota Bekasi Tahun 2000-2011**"

Alamat : Taman Tridaya Indah II H.19/02 RT 003/014 Kel. Tridayasakti Kec. Tambun Selatan

1. Rekomendasi ini berlaku sepanjang Penelitian yang dilakukan sesuai dengan ketentuan-ketentuan seperti tersebut di atas, dan tidak melakukan kegiatan yang mengganggu ketertiban;
2. Laporan hasil Penelitian 1 (satu) berkas agar disampaikan kepada Badan Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat Kota Bekasi.

Demikian Surat Rekomendasi ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

KEPALA BADAN KESATUAN BANGSA, POLITIK
DAN PERLINDUNGAN MASYARAKAT



Dr. H. AGUS DARMA SUWANDL., SH, MM.

Pembina Utama Muda

NIP. 19590615 198503 1 017

Tembusan :

- Yth. 1. Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat UI;
2. Yang Bersangkutan;



PEMERINTAH KOTA BEKASI
DINAS KESEHATAN

Alamat : JL. JENDRAL SUDIRMAN NO. 3 TELP. 8894728
BEKASI

Bekasi, 28 Maret 2012

Nomor : 440/ 78A /SDMKes/ III/2012
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian
dan Menggunakan Data

Kepada

Yth. Kabid Pelayanan Kesehatan
Dinas Kesehatan Kota Bekasi
di-
BEKASI

Menindaklanjuti surat dari Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia nomor : 2665 /H2.F10/PPM.00.00/2012 tanggal 12 Maret 2012 hal Permohonan Izin Penelitian dan Menggunakan Data, bersama ini kami hadapkan mahasiswa :

Nama : Eka Satriani Sakti.
NPM : 0806335933
Peminatan : Kesehatan Lingkungan

Untuk melaksanakan kegiatan pengambilan data guna penulisan skripsi dengan judul "*Hubungan Antara Kualitas Udara Ambien (NO₂, SO₂, TPS) dan Faktor Meteorologis dengan Kejadian ISPA di Kota Bekasi Tahun 2000-2011*", adapun waktu pengambilan akan dilaksanakan pada bulan April 2012 s/d selesai di bidang Saudara.

Demikian, atas perhatian dan bantuan Saudara kami ucapkan terima kasih.



Drg. ANNE NURCANDRANI, H, MARS
Pembina Muda Utama
NIP. 19580224 198612 2 001

Tembusan :

Yth : Dekan FKM Universitas Indonesia
Tinjauan tentang... Eka Satriani Sakti, FKM UI, 2012