



UNIVERSITAS INDONESIA

**HUBUNGAN TINGKAT KONSENTRASI SULFUR DIOKSIDA
(SO₂), *TOTAL SUSPENDED PARTICLE* (TSP) DAN
LINGKUNGAN FISIK DENGAN JUMLAH KEJADIAN INFEKSI
SALURAN PERNAPASAN (ISPA) PADA PENDUDUK DI
KOTAMADYA JAKARTA TIMUR TAHUN
2008-2010**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**SANDRA YOSSI SIREGAR
0706273972**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
MEI, 2011**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Sandra Yossi Siregar

NPM : 0706273972

Mahasiswa Program : Sarjana Kesehatan Masyarakat

Peminatan : Kesehatan Lingkungan

Tahun Akademik : 2007

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

**HUBUNGAN TINGKAT KONSENTRASI SULFUR DIOKSIDA (SO₂),
TOTAL SUSPENDED PARTICLE (TSP), LINGKUNGAN FISIK DENGAN
KEJADIAN INFEKSI SALURAN PERNAPASAN AKUT (ISPA) PADA
PENDUDUK DI KOTAMADYA JAKARTA TIMUR TAHUN 2008-2010**

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, 24 Mei 2011



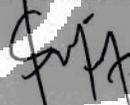
(SANDRA YOSI SIREGAR)

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Sandra Yossi Siregar

NPM : 0706273972

Tanda Tangan : 

Tanggal : 24 Mei 2011

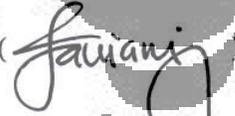
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sandra Yossi Siregar
NPM : 0706273972
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Hubungan Sulfur dioksida (SO₂), *Total Suspended Particle* (TSP), dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada Penduduk di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ririn Arminsih Wulandari, drg, M.Kes ()

Penguji : Zakianis, SKM, MKM ()

Penguji : Yasep Setiakarnawijaya, SKM, M.Kes ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Mei 2011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, atas rahmat kebaikan, dan kasihNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat Jurusan Kesehatan Lingkungan pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Ibu Dr. Ririn Arminsih, drg, M.Kes, selaku pembimbing akademis yang telah membimbing dan membantu saya dengan sabar dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Zakianis, SKM, MKM, selaku penguji dalam sidang skripsi saya atas masukannya terhadap penulisan skripsi saya.
3. Bapak Yasep Setiakarnawijaya, SKM, M.Kes, juga selaku penguji dalam sidang skripsi saya atas masukannya terhadap penulisan skripsi saya
4. Ibu Ida selaku pihak dari BMKG Prov. DKI Jakarta atas izin dan bantuannya dalam pengambilan data.
5. Ibu Solichatun selaku pihak dari Sudinkesmas Jakarta Timur atas bantuan dalam pengambilan data di Sudinkes Jakarta Timur, serta informasi mengenai kejadian ISPA di Jakarta Timur.
6. Sahabat-sahabat terbaik saya Elizabeth Simamora, Stevy E. D. Simamora, Lena Elfrida, Femmy Imelia Picul, Erma Sophia, Ruth Luciana, dan Rouli Sonika atas dukungan, doa, dan bantuannya dalam susah dan senang. Bersyukur buat persahabatan dan kelulusan kita bersama.
7. K.cindy yang telah menemani dalam pengambilan data ke BMKG, bersedia datang jauh-jauh dari rumah, panas-panasan di kereta dan bus sambil berbagi pengalaman mengenai skripsi dan sidangnya.
8. Keluarga besar H. Siregar dan B.R. Sibarani, kakak, adik-adik saya atas dukungan semangat, doa, dan dana untuk terus berjuang menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan untuk kalian.

9. Keluarga besar POSA FKMUI atas doa dan dukungannya untuk tetap semangat dan berintegritas dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Tim Regenerasi PKK POSA FKMUI (L-E-A-D-S) untuk dukungan, doa dan pengertiannya dalam pelayanan selama masa pengerjaan skripsi ini
11. Buat AKK saya, Cahyani Hutaeruk dan Nichita Marsha atas dukungan dan doanya. Minta maaf kalau selama masa penyusunan skripsi jadi tidak maksimal dalam KK. Sukses buat perkuliahan kalian.
12. Teman-teman Departemen Kesehatan Lingkungan yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu atas dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga sukses untuk skripsi masing-masing.
13. Pak Tusin, Pak Nasir, dan Bu Itus atas dukungan dan bantuannya dalam proses pembuatan surat izin pengambilan data dan surat-surat lain yang dibutuhkan dalam proses pembuatan skripsi ini.
14. Bapak-bapak penjaga Pusat Informasi Kesehatan Masyarakat yang mengizinkan saya untuk membuat skripsi hingga Pusat Infokesmas tutup.

Penulis berharap semoga seluruh bantuan yang telah diberikan kepada Penulis merupakan bantuan yang ikhlas dan mendapat berkat dari Tuhan Yesus. Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan ini masih terdapat keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan oleh penulis.

Besar harapan penulis, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca untuk pengembangan ilmu.

Depok, Mei 2011

SANDRA YOSSI SIREGAR

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

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

Nama : Sandra Yossi Siregar
NPM : 0706273972
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat
Departemen : Kesehatan Lingkungan
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **Hubungan Tingkat Konsentrasi Sulfur dioksida (SO₂), Total Suspended Particle (TSP), dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada Penduduk di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 24 Mei 2011

Yang menyatakan



(SANDRA YOSSI SIREGAR)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Keterangan Diri

Nama : SANDRA YOSSI SIREGAR
Tempat, tanggal lahir : PEKANBARU, 9 JULI 1989
Jenis Kelamin : PEREMPUAN
Agama : KRISTEN PROTESTAN
Alamat : JL. IKHLAS II NO.61, TANGKERANG TIMUR,
PEKANBARU, RIAU

Pendidikan

Tahun	Nama Sekolah
1993 - 1995	TK SANTA MARIA TANJUNG REDEB
1995 - 2000	SD NEGERI 012 TANJUNG REDEB
2000 - 2001	SD NEGERI 001 PEKANBARU
2001 - 2004	SLTP NEGERI 5 PEKANBARU
2004 - 2007	SMA NEGERI 1 PEKANBARU

ABSTRAK

Nama : Sandra Yossi Siregar

Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat

Judul : Hubungan Tingkat Konsentrasi SO₂ dan TSP dan Lingkungan fisik dengan Kejadian ISPA pada Penduduk di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010

Semakin meningkatnya jumlah industri dan transportasi di Kotamadya Jakarta Timur menyebabkan tingginya risiko pencemaran udara akibat limbah SO₂ dan TSP yang dihasilkan dan berdampak terhadap kesehatan terutama gangguan saluran pernapasan. Pencemaran udara dan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur dipengaruhi oleh lingkungan fisik seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui hubungan SO₂, TSP, dan lingkungan fisik terhadap kejadian ISPA serta hubungan lingkungan fisik terhadap konsentrasi SO₂ dan TSP pada penduduk Kotamadya Jakarta Timur. Penelitian ini menggunakan desain studi ekologi menurut waktu dan dianalisis menggunakan uji korelasi. Hasil penelitian dengan $\alpha=10\%$ dan 5% menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat konsentrasi SO₂ ($p=0,005$), TSP ($p=0,013$), kelembaban minimum ($p=0,059$), dan curah hujan ($p=0,057$) dengan kejadian ISPA. Hasil lain menunjukkan konsentrasi SO₂ memiliki hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,036$), kelembaban maksimum ($p=0,026$), curah hujan ($p=0,025$) dan juga TSP menunjukkan hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,039$) dan kelembaban maksimum ($p=0,093$). Kesimpulan dari penelitian ini adalah konsentrasi SO₂, TSP, dan lingkungan fisik mempengaruhi kejadian ISPA.

Kata kunci: SO₂, TSP, Lingkungan fisik, ISPA

ABSTRACT

Name : Sandra Yossi Siregar
Study Program : Bachelor of Public Health
Title : The Association between Sulfur dioxide (SO₂), *Total Suspended Particle* (TSP), and Physical Environment with Amount of *Acute Respiratory Infection* (ARI) Disease at Society in the East Jakarta Municipality 2008-2010

The increasing number of industrial and transportation in the East Jakarta district resulted in increased risk or air pollution caused by waste produced SO₂ and TSP. This air pollution impacts on health, especially respiratory disorders. Air pollution and ARI occurrence in the East Jakarta municipality is influenced by the physical environment such as temperature, humidity, and rainfall. The purpose of this study is to indicate the correlation of SO₂, TSP, and physical environment on the incidence of ARI and the relationship of physical environment on the concentration of SO₂ and TSP in the East Jakarta. This study uses ecological study design according to time and analyzed using a correlation test. The results using $\alpha=10\%$ and 5% showed significant related between the concentration of SO₂ ($p=0,005$), TSP ($p=0,013$), minimum humidity ($p=0,059$), and rainfall ($p=0,057$) with ARI disease. Other results showed the concentrations of SO₂ had significant related to the temperature ($p=0,036$), maximum humidity ($p=0,026$), rainfall ($p=0,025$), and the concentration of TSP had significant related to the temperature ($p=0,039$) and maximum humidity ($p=0,093$). The conclusion of this research is the concentrations of SO₂, TSP, and physical environment affect the ARI disease.

Key words: *SO₂, TSP, Physical Environment, ARI*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah.....	5
1.3. Pertanyaan penelitian.....	6
1.4. Tujuan penelitian.....	6
1.4.1. Tujuan umum.....	6
1.4.2. Tujuan khusus.....	6
1.5. Manfaat studi.....	7
1.6. Ruang lingkup penelitian.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Definisi udara.....	9
2.2. Definisi pencemaran udara.....	9
2.2.1. Sumber-sumber pencemaran udara.....	10
2.2.2. Klasifikasi pencemaran udara.....	11
2.2.3. Peraturan pemerintah mengenai pencemaran udara.....	13
2.3. Sulfur dioksida (SO ₂).....	14
2.3.1. Sumber dan pola paparan SO ₂	15
2.3.2. Dampak SO ₂ terhadap kesehatan.....	16
2.4. <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i>	17
2.4.1. Sumber TSP.....	18
2.4.2. Sifat-sifat dan Pengelompokkan TSP.....	19
2.4.3. Dampak TSP terhadap kesehatan.....	21
2.4.4. Jalur masuk TSP/Debu ke dalam Sistem pernapasan.....	24
2.4.5. Mekanisme Pengendapan TSP di Paru.....	25
2.4.6. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengendapan TSP di Paru.....	27
2.5. Hubungan Oksida Sulfur dan Partikulat terhadap Saluran Pernapasan.....	27
2.6. Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan.....	27
2.7. Penanggulangan dampak pencemaran udara.....	29

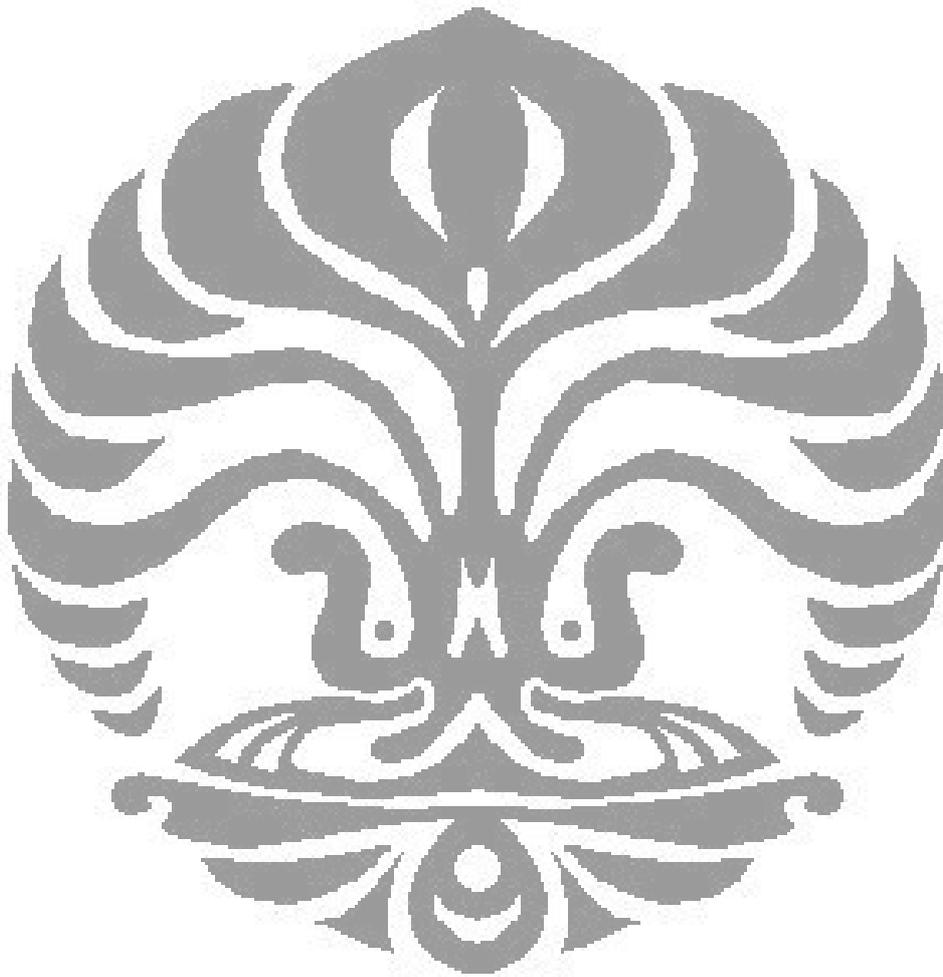
2.8. Pengaruh Lingkungan fisik dalam pencemaran udara.....	30
2.9. Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA).....	33
2.9.1. Definisi ISPA.....	33
2.9.2. Klasifikasi ISPA.....	34
2.9.3. Etiologi ISPA.....	36
2.9.4. Patofisiologi ISPA.....	37
2.9.5. Faktor risiko ISPA.....	40
2.9.6. Pengaruh iklim terhadap kejadian ISPA.....	43
2.10. Situasi Epidemiologi ISPA di Indonesia.....	45
2.11. Studi Ekologi.....	46
3. KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI	
OPERASIONAL.....	48
3.1. Kerangka teori.....	48
3.2. Kerangka konsep.....	50
3.3. Definisi operasional.....	51
4. METODE PENELITIAN.....	52
4.1. Disain studi.....	52
4.2. Rancangan sampel.....	52
4.3. Pengumpulan data.....	52
4.4. Analisis data.....	53
4.4.1. Persiapan analisis.....	54
4.4.2. Analisis univariat.....	54
4.4.3. Analisis bivariat.....	55
5. HASIL.....	56
5.1. Keadaan Wilayah studi.....	56
5.1.1. Keadaan geografi.....	56
5.1.2. Pemerintahan.....	56
5.1.3. Sosial.....	58
5.2. Hasil univariat.....	60
5.2.1. Gambaran tingkat konsentrasi SO ₂ selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur.....	60
5.2.2. Gambaran tingkat konsentrasi TSP selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur.....	61
5.2.3. Gambaran kondisi suhu selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur.....	62
5.2.4. Gambaran kondisi kelembaban selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur.....	62
5.2.5. Gambaran kondisi curah hujan selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur.....	64
5.2.6. Gambaran Kejadian ISPA selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur.....	65
5.3. Uji Normalitas.....	66

5.4. Hasil bivariat.....	68
5.4.1. Hubungan tingkat konsentrasi SO ₂ , TSP, Suhu, Kelembaban minimum, dan Curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008.....	68
5.4.2. Hubungan tingkat konsentrasi SO ₂ , TSP, Suhu, Kelembaban minimum, dan Curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2009.....	70
5.4.3. Hubungan tingkat konsentrasi SO ₂ , TSP, Suhu, Kelembaban minimum, dan Curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2010.....	71
5.4.4. Hubungan tingkat konsentrasi Rata-rata SO ₂ , TSP, Suhu, Kelembaban minimum, dan Curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008-2010.....	72
5.4.5. Hubungan tingkat kondisi Suhu, Kelembaban Maksimum, dan Curah hujan dengan Konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008.....	74
5.4.6. Hubungan tingkat kondisi Suhu, Kelembaban Maksimum, dan Curah hujan dengan Konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2007.....	75
5.4.7. Hubungan tingkat kondisi Suhu, Kelembaban Maksimum, dan Curah hujan dengan Konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2010.....	76
5.4.8. Hubungan tingkat kondisi Rata-rata Suhu, Kelembaban Maksimum, dan Curah hujan dengan Konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008-2010.....	78
5.4.9. Hubungan tingkat konsentrasi Gabungan SO ₂ , TSP, suhu, kelembaban, curah hujan, dan Kejadian ISPA di Kotmadya Jakarta Timur pada tahun 2008-2010.....	79
5.4.10 Rangkuman Hasil Analisis Hubungan Variabel SO ₂ , TSP, Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA selama 3 tahun (2008-2010).....	80
6. PEMBAHASAN.....	82
6.1. Keterbatasan Penelitian.....	
6.1.1. Keterbatasan Desain Penelitian.....	82
6.1.2. Keterbatasan Data.....	82
6.2. Hubungan SO ₂ , TSP, Suhu, Kelembaban minimum, dan Curah hujan dengan Kejadian ISPA Tahun 2008-2010.....	84
6.3. Hubungan Suhu, Kelembaban maksimum, dan Curah hujan dengan Konsentrasi SO ₂ dan TSP Tahun 2008-2010.....	90
7. KESIMPULAN DAN SARAN.....	93
7.1. Kesimpulan.....	93
7.2. Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku mutu udara ambien di Jakarta Timur.....	14
Tabel 2.2	Penanggulangan dampak pencemaran udara berbentuk gas dan partikel.....	29
Tabel 3.3	Definisi operasional faktor risiko dan kejadian penyakit.....	51
Tabel 5.1	Daftar kecamatan dan kelurahan di Kotamadya Jakarta Timur.....	57
Tabel 5.2	Jumlah Fasilitas Kesehatan Menurut Kecamatan di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008.....	59
Tabel 5.3	Jumlah perusahaan Industri pengolahan menurut kecamatan di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008.....	59
Tabel 5.4	Hasil uji normalitas data penelitian.....	67
Tabel 5.5	Analisis korelasi tingkat konsentrasi SO ₂ ,TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008.....	69
Tabel 5.6	Analisis korelasi tingkat konsentrasi SO ₂ ,TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2009.....	70
Tabel 5.7	Analisis korelasi tingkat konsentrasi SO ₂ ,TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2010.....	71
Tabel 5.8	Analisis korelasi Rata-rata SO ₂ ,TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010.....	73
Tabel 5.9	Analisis korelasi kondisi suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008.....	74
Tabel 5.10	Analisis korelasi kondisi suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2009.....	75
Tabel 5.11	Analisis korelasi kondisi suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2010.....	77

Tabel 5.12	Analisis korelasi Rata-rata suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO ₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008-2010.....	78
Tabel 5.13	Analisis Korelasi Data Gabungan SO ₂ , TSP, suhu, Kelembaban, curah hujan dan Kejadian ISPA pada penduduk di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008-2010.....	80
Tabel 5.14	Rangkuman Hasil Gabungan Analisis Hubungan 12 Variabel.....	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Kerangka Teori.....	49
Gambar 3.2	Kerangka Konsep.....	50
Gambar 5.1	Kecenderungan Konsentrasi SO ₂ di Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, dan 2010.....	60
Gambar 5.2	Kecenderungan Konsentrasi TSP di Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, dan 2010.....	61
Gambar 5.3	Kecenderungan kasus ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, dan 2010.....	62
Gambar 5.4	Kecenderungan kondisi suhu di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, dan 2010.....	63
Gambar 5.5	Kecenderungan kondisi kelembaban minimum di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, dan 2010.....	64
Gambar 5.6	Kecenderungan kondisi kelembaban maksimum di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, dan 2010.....	70
Gambar 5.7	Kecenderungan Kondisi Curah Hujan di Kotamadya Jakarta Timur Pada Tahun 2008, 2009, dan 2010.....	66
Gambar 5.8	Kecenderungan Hubungan tingkat konsentrasi SO ₂ , TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008.....	69
Gambar 5.9	Kecenderungan Hubungan tingkat konsentrasi SO ₂ , TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2009.....	71
Gambar 5.10	Kecenderungan Hubungan tingkat konsentrasi SO ₂ , TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2010.....	72
Gambar 5.11	Kecenderungan Hubungan rata-rata konsentrasi SO ₂ , TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan jumlah kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008-2010.....	73

- Gambar 5.12 Kecenderungan hubungan kondisi suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO_2 di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008.....75
- Gambar 5.13 Kecenderungan hubungan kondisi suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO_2 di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2009.....76
- Gambar 5.14 Kecenderungan hubungan kondisi suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO_2 di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2010.....77
- Gambar 5.15 Kecenderungan hubungan rata-rata suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan rata-rata konsentrasi SO_2 di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008-2010.....79



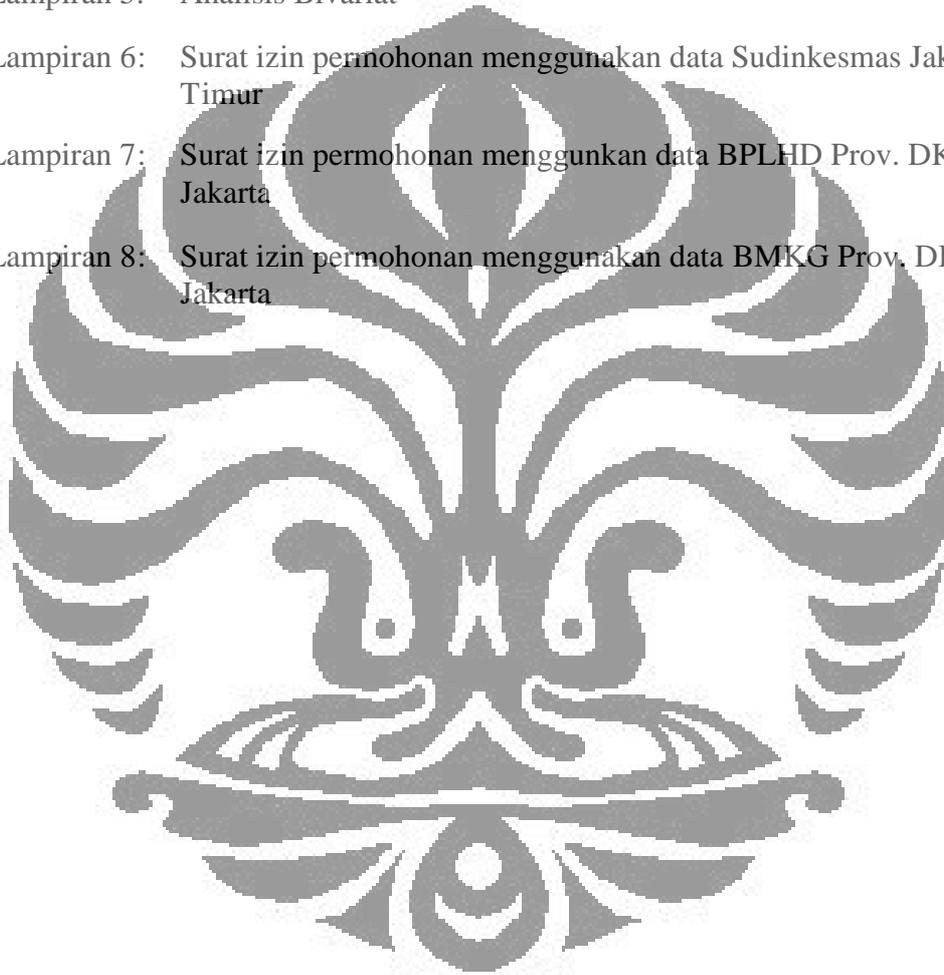
DAFTAR SINGKATAN



ppm	= <i>part per million</i>
ASI	= Air Susu Ibu
ARI	= <i>Acute Respiratory Infection</i>
BBLR	= Berat Badan Bayi Lahir Rendah
BMG	= Badan Meteorologi dan Geofisika
BPLHD	= Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah
BPS	= Badan Pusat Statistik
DKI	= Daerah Khusus Ibukota
H ₂ SO ₄	= Hidrogen sulfat
HC	= <i>Hydrocarbon</i>
ISPA	= Infeksi Saluran Pernapasan Akut
KKP	= Kekurangan Kalori Protein
NO ₂	= Nitrogen dioksida
PM 10	= Particulate Matter 10
Riskesdas	= Riset Kesehatan Dasar
SO ₂	= Sulfur dioksida
Sudinkes	= Suku Dinas Kesehatan
Statmet	= Stasiun Meteorologi
TSP	= <i>Total Suspended Particle</i>

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Data Jumlah Kasus ISPA
- Lampiran 2: Data Pengukuran SO₂ dan TSP
- Lampiran 3: Data Pengukuran Suhu, Kelembaban, dan Curah hujan
- Lampiran 4: Analisis Univariat
- Lampiran 5: Analisis Bivariat
- Lampiran 6: Surat izin permohonan menggunakan data Sudinkesmas Jakarta Timur
- Lampiran 7: Surat izin permohonan menggunakan data BPLHD Prov. DKI Jakarta
- Lampiran 8: Surat izin permohonan menggunakan data BMKG Prov. DKI Jakarta



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) merupakan penyakit infeksi akut yang disebabkan oleh virus dan bakteri yang sangat beragam dan spesifik. Dikatakan akut karena penyakit ini berlangsung selama 14 hari walaupun ada yang berlangsung lebih dari 14 hari. Etiologi ISPA terdiri dari 300 jenis bakteri, virus, riketsia. Penularan ISPA melalui kontak langsung dengan penderita atau melalui udara pernapasan. Gejala umumnya adalah batuk, kesulitan bernapas, sakit tenggorokan, pilek, sakit telinga, dan demam. (Depkes, 2006)

ISPA dapat terjadi pada masyarakat usia balita hingga dewasa. Kejadian ISPA pada balita dipengaruhi oleh beberapa faktor risiko antara lain, Berat Badan Bayi Lahir Rendah (BBLR), status gizi buruk, imunisasi yang tidak lengkap, kepadatan tempat tinggal, dan lingkungan fisik. (Depkes, 2002) Kondisi lingkungan fisik rumah yang dapat menyebabkan ISPA antara lain, jenis atap, jenis lantai, jenis dinding, kepadatan hunian, dan jenis bahan bakar memasak yang digunakan. (Depkes, 2003)

Secara anatomik, saluran pernapasan manusia dibagi menjadi saluran pernapasan bagian atas dan bawah. Hal tersebut juga menyebabkan ISPA dikelompokkan menjadi ISPA bagian atas dan ISPA bagian bawah. ISPA bagian atas antara lain, batuk, pilek, demam, faringitis, tonsillitis, dan otitis media sedangkan ISPA bagian bawah antara lain, epiglottitis, laringitis, laringotrakeitis, bronchitis, bronkiolitis dan Pneumonia. (Ditjen P2PL, 2007) ISPA bagian atas mengakibatkan kematian dalam jumlah kecil, tetapi dapat menyebabkan kecacatan, misalnya otitis media penyebab ketulian, sedangkan ISPA bagian bawah yang paling sering menimbulkan kematian adalah Pneumonia. (WHO, 2003) Pneumonia dapat terjadi akibat proses invasi bakteri dari saluran pernapasan bagian atas ke saluran pernapasan bagian bawah karena infeksi yang tidak diobati dan kondisi immunitas yang tidak baik pada saluran pernapasan bagian atas. Kondisi ini menyebabkan penyakit ini rentan pada balita karena sebagian besar immunitasnya dipakai untuk penyakit-penyakit parasit.

Di dunia Pneumonia adalah penyebab utama kematian balita karena jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan penyakit lain seperti AIDS, Malaria, dan Campak. Setiap tahun diperkirakan lebih dari 2 juta balita meninggal karena Pneumonia (1 balita per 15 detik) dari 9 juta total kematian balita. (WHO, 2006)

Batuk dan pilek termasuk gejala yang terdapat pada penyakit saluran pernapasan. Di Indonesia penyakit batuk pilek pada balita di Indonesia diperkirakan 3-6 kali per tahun. Sebanyak 40%-60% kunjungan berobat di puskesmas dan 15%-30% kunjungan berobat di bagian rawat jalan dan rawat inap rumah sakit, disebabkan oleh ISPA. (Dirjen P2PL Depkes, 2006) Di Indonesia Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dan gangguan saluran pernapasan lain juga menduduki peringkat pertama dari 10 penyakit terbanyak yang dilaporkan oleh pusat-pusat pelayanan kesehatan masyarakat selama lebih dari dua dasawarsa. (BPLHD, 2006) Prevalensi ISPA di DKI Jakarta berada dalam urutan ke sebelas tertinggi dari 33 provinsi di Indonesia yaitu sebesar 9,78%, sedangkan prevalensi ISPA di Kotamadya Jakarta Timur berada pada urutan kedua prevalensi tertinggi setelah Kepulauan Seribu yaitu sebesar 26,6%. (Risksedas, 2007)

ISPA merupakan penyakit yang sangat berhubungan dengan kualitas udara yang dihirup. Konsentrasi zat pencemar udara yang berlebih sehingga udara ambien tidak lagi sesuai dengan peruntukannya dapat menyebabkan peningkatan pada penyakit ini. Oleh karena itu kualitas udara yang baik mutlak diperlukan karena akan mempengaruhi kesehatan manusia.

Menurut Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, jenis parameter pencemar udara meliputi: Sulfur dioksida (SO₂), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), Oksidan (O₃), Hidrokarbon (HC), *Particulate matter* (PM 10, PM 2,5, *Total Suspended Particle* (TSP) atau debu, Timah hitam (Pb), *Dustfall* (debu jatuh). Empat parameter yang lain (*Total Fluorides* (F), *Fluor Indeks*, Klorin & Klorin dioksida, *Sulphat Indeks*) merupakan parameter pencemaran udara yang diberlakukan untuk daerah/kawasan industri kimia dasar.

SO₂ merupakan zat/bahan pencemar yang erat kaitannya dengan gejala-gejala penyakit pernapasan. Hal ini menyebabkan WHO menyatakan bahwa SO₂ sebagai salah satu bahan pencemar yang berbahaya terhadap kesehatan manusia. Namun, dampak tersebut akan bertambah parah jika, manusia juga terpapar dengan bahan pencemar berbentuk partikel karena SO₂ dan partikel mengakibatkan *synergistic effect* terhadap manusia. *Synergistic effect* merupakan efek total yang ditimbulkan oleh dua komponen lebih besar dibandingkan dengan efek yang ditimbulkan oleh masing-masing komponen. (Anonim dalam Yulaekah, 2007)

Sulfur dioksida (SO₂) merupakan zat/bahan pencemar berbentuk gas yang termasuk dalam golongan belerang. (Kastiyowati, 2001) Industri memberikan kontribusi terbesar emisi pencemar SO₂ yaitu sekitar 70%. (Tugaswati, 1997). Proses-proses industri yang menghasilkan emisi SO₂ seperti pemurnian petroleum, industri asam sulfat, industri peleburan baja dan sebagainya. Pembakaran bahan bakar pada sumbernya juga merupakan sumber pencemaran SO_x, misalnya pembakaran arang, minyak bakar gas, kayu, dan sebagainya. (Depkes, 2011)

TSP atau debu adalah partikel yang dihasilkan oleh proses mekanis seperti penghacuran batu, pengeboran, peledakan yang dilakukan pada tambang timah putih, tambang besi, tambang batu bara, di perusahaan tempat menggurinda besi, pabrik besi dan baja dalam proses *sandblasting*, dan lain-lain. Debu merupakan zat padat yang berukuran 0,1-25 mikron. Sumber lain debu antara lain pabrik semen, industri metalurgi, industri konstruksi, industri bahan makanan, dan juga kendaraan bermotor. (Soemirat, 2000)

Di Indonesia, khususnya di kota-kota besar, lalu lintas dalam hal ini kendaraan bermotor mempunyai andil yang sangat besar dalam memberikan kontribusi pada polusi udara. Kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai polusi udara mencapai 60-70% dibandingkan dengan industri yang hanya 10-15%, sedangkan sisanya berasal dari rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan dan ladang.

Berdasarkan laporan *World Health Organization* (WHO) Negara-negara Eropa (WHO-Europe 2004) antara lain disebutkan adanya hubungan antara partikel debu di udara dengan berbagai macam penyakit saluran pernapasan. Selain itu dipercaya bahwa partikel debu memiliki kontribusi dalam penurunan

umur harapan hidup 1 tahun atau lebih bagi mereka yang tinggal di kota-kota besar Eropa.

Di Jakarta sekitar 46% penyakit gangguan pernapasan terkait dengan pencemaran udara (ISPA 43%, iritasi mata 1,7%, dan asma 1,4%), dan sekitar 32% kematian kemungkinan terkait dengan pencemaran udara (penyakit jantung dan paru-paru 28,3% dan pneumonia 3,7%). (Profil Kesehatan DKI Jakarta, 2004) Di Yogyakarta, menurut Profil Kesehatan DIY 2004 menunjukkan bahwa sebanyak 32% penyakit gangguan pernapasan terkait dengan pencemaran udara (ISPA 22%, gangguan saluran pernapasan lain 7,7% dan asma 2,2%).

Kualitas udara ambien secara kimiawi mempunyai pengaruh terhadap kesehatan saluran pernapasan manusia. Kadar PM₁₀, SO₂, NO₂, dan O₃ yang meningkat di daerah tertentu yang disertai dengan tingginya kepadatan lalu lintas serta tingginya suhu dan kelembaban meningkatkan kejadian gangguan saluran pernapasan (Rees, 1998). Adanya perubahan iklim global terutama faktor suhu, kelembaban, dan curah hujan merupakan beban dalam pemberantasan penyakit ISPA (WHO, 2004).

Berdasarkan data hasil pengukuran kualitas udara ambien yang dilakukan oleh BPLHD di Jakarta Timur, SO₂ dan TSP memiliki konsentrasi lebih tinggi dibandingkan NO₂, NO, dan Pb, yang juga merupakan parameter pencemar udara ambien. Pada tahun 2008, 2009, dan 2010 rata-rata kadar SO₂ di Jakarta Timur antara lain, 22,9 µg/Nm³, 10,1 µg/Nm³, dan 8,8 µg/Nm³. Sedangkan pada tahun 2008, 2009, dan 2010 rata-rata kadar TSP di Jakarta timur antara lain, 236,125 µg/Nm³, 296,412 µg/Nm³, 316,583 µg/Nm³. Penurunan konsentrasi SO₂ dan peningkatan kadar TSP di Jakarta timur sangat berhubungan dengan jumlah industri dan transportasi sebagai sumber penghasil zat pencemar.

Wilayah Kota Administrasi Jakarta Timur merupakan daerah kawasan industri, memiliki karakteristik penduduk yang heterogen, mobilitas tinggi dan pemukiman yang padat sehingga daerah ini mempunyai sumber pencemar udara yang besar. Pada tahun 2007, Jakarta Timur merupakan kotamadya yang memiliki jumlah industri terbanyak ke-3 dengan jumlah produksi terbanyak ke-2 se-DKI Jakarta. (BPS Jakarta Timur, 2009).

Jumlah industri yang terdapat di Jakarta Timur juga mengalami peningkatan setiap tahun. Pada tahun 2005 jumlah industri di Jakarta Timur berjumlah 338 perusahaan, tahun 2006 berjumlah 326 perusahaan, pada tahun 2007 berjumlah 551 perusahaan, dan terdapat 431 perusahaan pada tahun 2008. (BPS Jakarta Timur, 2009) Walaupun mengalami penurunan pada tahun 2006 dan 2008, tetapi kembali meningkat pada tahun 2007.

Tidak hanya jumlah industri, jumlah kendaraan yang beroperasi per hari di Jakarta timur juga mengalami peningkatan. Berdasarkan data Suku Dinas Perhubungan Kota Administrasi Jakarta Timur, kendaraan yang beroperasi perhari pada tahun 2007 berjumlah 9.973 kendaraan dan pada tahun 2008 berjumlah 13.015 kendaraan. (BPS, 2009) Selain itu, Kotamadya Jakarta Timur memiliki 4 terminal besar yang menjadi pusat transportasi bagi masyarakat Jakarta seperti Terminal Pulogadung, Terminal Kampung Rambutan, Terminal Kampung Melayu, Terminal Rawaamangun.

Sumber pencemar udara yang meningkat sangat berhubungan dengan jumlah kejadian penyakit gangguan saluran pernapasan, salah satunya ISPA. Jumlah kasus ISPA di Jakarta Timur pada tahun 2008 sebanyak 203.983 kasus, pada tahun 2009 sebanyak 509.345 kasus, dan pada tahun 2010 meningkat menjadi 578.423 kasus. (Suku Dinas Kesehatan Masyarakat Jakarta Timur).

Peningkatan suhu, kelembaban, dan curah hujan juga memiliki peranan dalam peningkatan jumlah kasus ISPA dan penyebaran polutan udara di Jakarta Timur. Pada tahun 2008, 2009, dan 2010 rata-rata suhu di Jakarta Timur antara lain; 23,91 °C, 24 °C, dan 24,3 °C. Rata-rata kelembaban di Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010 antara lain; 90,44 %, 91,75 %, dan 93,75 %. Sedangkan jumlah curah hujan di Jakarta Timur masing-masing pada tahun 2008, 2009, dan 2010 antara lain 2314,9 mm, 2475,5 mm, dan 2638 mm. (BMG Provinsi Jakarta, 2010).

1.2. Rumusan Masalah

Wilayah Kotamadya Jakarta Timur memiliki mobilitas dan pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi. Hal tersebut terjadi karena aktifitas pembangunan dan kepadatan kendaraan bermotor di wilayah Jakarta Timur juga sangat tinggi.

Tingginya jumlah dan aktifitas industri juga transportasi menghasilkan peningkatan dari zat/bahan pencemar udara. Keadaan ini merupakan peluang yang besar untuk terjadinya ISPA pada penduduk Kotamadya Jakarta Timur yang memiliki jumlah penduduk tertinggi. Suhu, kelembaban, dan curah hujan juga memiliki pengaruh terhadap kejadian ISPA dan penyebaran zat pencemar di udara. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai hubungan tingkat konsentrasi SO_2 , TSP, dan lingkungan fisik (suhu, kelembaban, dan curah hujan) dengan kejadian ISPA pada penduduk serta hubungan lingkungan fisik (suhu, kelembaban, dan curah hujan) dengan tingkat konsentrasi SO_2 dan TSP di wilayah Kotamadya Jakarta timur.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Adakah hubungan tingkat konsentrasi SO_2 , TSP, dan lingkungan fisik dengan jumlah kejadian ISPA pada penduduk di Kotamadya Jakarta Timur?

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan tingkat konsentrasi SO_2 , TSP, dan lingkungan fisik dengan jumlah kejadian ISPA pada penduduk di Kotamadya Jakarta Timur.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran tingkat konsentrasi SO_2 di wilayah Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010.
2. Mengetahui gambaran tingkat konsentrasi TSP di wilayah Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010.
3. Mengetahui gambaran lingkungan fisik (suhu, kelembaban, dan curah hujan) di wilayah Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010.
4. Mengetahui gambaran kejadian ISPA pada penduduk di wilayah Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010.
5. Mengetahui adanya hubungan SO_2 , TSP, suhu, kelembaban, dan curah hujan dengan jumlah kejadian ISPA pada penduduk di wilayah Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010.

6. Mengetahui adanya hubungan suhu, kelembaban, dan curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO₂ dan TSP pada penduduk di wilayah Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010.

1.5. Manfaat Studi

Berbagai manfaat yang dapat diperoleh oleh beberapa pihak, antara lain:

1. Bagi Instansi

Sebagai bahan masukan bagi pengambil kebijakan dalam rangka menyusun program pencegahan dan upaya penanggulangan masalah ISPA pada penduduk di Indonesia, khususnya wilayah Jakarta Timur.

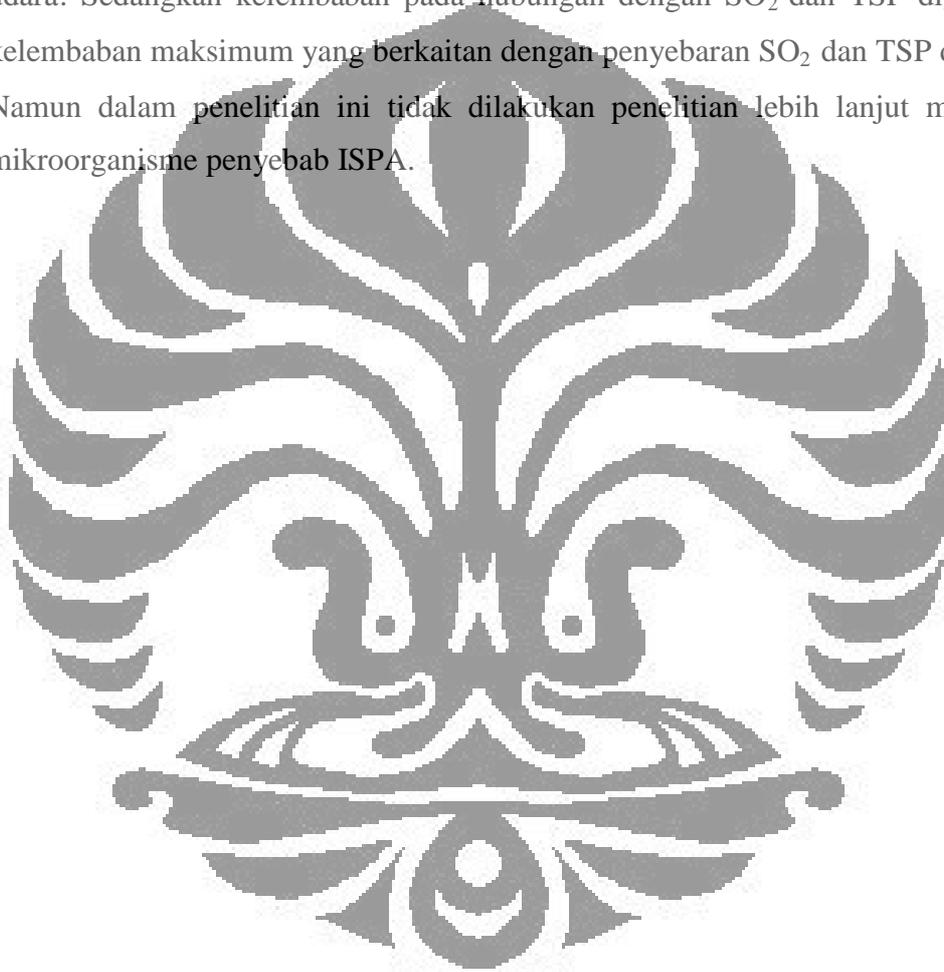
2. Bagi masyarakat

Memberi gambaran terhadap masyarakat mengenai pengaruh SO₂ dan TSP terhadap kesehatan sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan terhadap dampak negatif yang ditimbulkan dari emisi-emisi pabrik dan transportasi.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini adalah suatu penelitian dibidang kesehatan lingkungan mengenai faktor risiko yang berperan terhadap pencemaran udara, seperti faktor lingkungan fisik dan zat pencemar sehingga berdampak terhadap peningkatan kejadian ISPA pada penduduk Kota Administrasi Jakarta Timur. Penulis hanya membatasi penelitian ini hanya pada penduduk Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010. Penulis memilih untuk melakukan penelitian di Jakarta Timur karena pada daerah tersebut terdapat daerah kawasan industri dan padat transportasi. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data dari Suku Dinas Kesehatan Masyarakat Jakarta Timur mengenai jumlah kejadian ISPA di Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010. Pengambilan data juga dilakukan di Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta (BPLHD) mengenai hasil pengukuran konsentrasi SO₂ dan TSP di wilayah Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010 serta data suhu, kelembaban, dan curah hujan di wilayah Jakarta Timur tahun 2008, 2009, dan 2010 di Badan Meteorologi dan Geofisika Provinsi DKI Jakarta. Ketiga data tersebut kemudian dianalisis untuk melihat ada atau tidaknya hubungan tingkat konsentrasi SO₂, TSP, dan lingkungan

fisik dengan kejadian ISPA pada penduduk dan ada tidaknya hubungan antara suhu, kelembaban maksimum, curah hujan dengan penyebaran SO_2 dan TSP di Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010. Pengaruh suhu, kelembaban, dan curah hujan terhadap kejadian ISPA didasarkan pada terhadap pertumbuhan dan penyebaran mikroorganisme penyebab ISPA dalam tubuh manusia, sehingga kelembaban yang kondisi kelembaban yang digunakan dalam penelitian ini adalah kelembaban minimum yang sangat mendukung keberadaan mikroorganisme di udara. Sedangkan kelembaban pada hubungan dengan SO_2 dan TSP digunakan kelembaban maksimum yang berkaitan dengan penyebaran SO_2 dan TSP di udara. Namun dalam penelitian ini tidak dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mikroorganisme penyebab ISPA.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi dengan komposisi campuran gas yang tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H₂O dan karbon dioksida (CO₂). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi bergantung dari cuaca dan iklim (Kristanto, 2002).

Udara mempunyai fungsi yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Susunan (komposisi) udara bersih dan kering kira-kira tersusun oleh Nitrogen (N₂) 78,09%, Oksigen (O₂) 21,94%, Argon (Ar) 0,93%, dan Karbon dioksida (CO₂) 0,032% (Wardhana, 1995).

Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali, beberapa gas seperti Sulfur dioksida (SO₂), *Hydrogen sulfide* (H₂S), dan Karbon monoksida (CO) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan dan sebagainya. Selain itu, partikel-partikel padatan atau cairan berukuran kecil dapat tersebar di udara oleh angin letusan vulkanik atau gangguan alam lainnya. Selain disebabkan polutan alami tersebut, polusi udara juga disebabkan oleh aktivitas manusia.

Udara yang tercemar dapat merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Terjadi kerusakan lingkungan berarti berkurang atau rusaknya daya dukung alam yang selanjutnya akan mengurangi kualitas kehidupan manusia.

2.2. Definisi Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak dapat memenuhi fungsinya. (Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta No.2 Tahun 2005 tentang Pengendalian Pencemaran Udara) Pencemaran udara juga dapat disebut sebagai perubahan kimiawi yang dapat berupa pengurangan

maupun penambahan salah satu komponen kimia yang terkandung di dalam udara. (Kastiyowati, 2001)

Pencemaran udara terjadi karena adanya perpindahan bahan-bahan sintetis dan alamiah yang berbahaya ke dalam atmosfer, baik secara langsung ataupun tidak langsung akibat adanya aktivitas manusia. Terjadinya pencemaran udara juga disebabkan oleh meningkatnya aktivitas manusia. Pembangunan dewasa ini khusus dalam industri dan teknologi, serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak) menyebabkan udara menjadi tercemar.

2.2.1. Sumber-sumber Pencemaran Udara

Menurut Wardhana (1995), secara umum penyebab pencemaran udara ada 2 macam, yaitu:

1. Faktor internal (alamiah), contohnya:
 - Debu yang beterbangan akibat tiupan angin
 - Abu yang dari letusan gunung berapi dan gas-gasnya
 - Proses pembusukan bahan bakar fosil
2. Faktor eksternal (karena ulah manusia), contohnya:
 - Hasil pembakaran bahan bakar fosil
 - Debu/serbuk kegiatan industri
 - Pemakaian zat-zat yang disemprotkan ke udara

Sumber pencemar udara juga dapat dibagi menjadi sumber tidak bergerak dan sumber bergerak kendaraan bermotor. Sumber tidak bergerak terdiri dari industri, hotel, rumah sakit, domestik, dan pembakaran sampah. Sedangkan sumber bergerak kendaraan bermotor terdiri dari angkutan umum, seperti bis besar, bis sedang, mikrolet, taksi, truk; mobil pribadi, motor jenis 2 tak dan 4 tak, serta kendaraan spesifik seperti *fork lift*. (KPBB, 2005)

2.2.2. Klasifikasi Pencemaran Udara

Pencemaran udara dapat dibagi menjadi empat kategori yaitu, pencemaran udara menurut bentuk, tempat, gangguan kesehatan yang ditimbulkan dan menurut asal (Kastiyowati, 2001):

1. Menurut bentuk

Bahan atau zat pencemaran udara dapat berbentuk gas dan partikel. Bahan atau zat yang berbentuk gas dapat dibedakan menjadi golongan belerang, golongan nitrogen, golongan karbon, dan golongan gas yang berbahaya. Golongan belerang terdiri dari Sulfur dioksida (SO_2), Hidrogen sulfida (H_2S), dan Sulfat aerosol. Golongan nitrogen terdiri dari nitrogen terdiri dari Nitrogen oksida (N_2O), Nitrogen monoksida (NO), Amoniak (NH_3), dan Nitrogen dioksida (NO_2). Golongan karbon terdiri Karbon dioksida (CO_2), Karbon monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC). Sedangkan golongan gas yang berbahaya terdiri dari benzene, *vinyl chloride*, dan air raksa uap.

Pencemaran udara berbentuk partikel dibedakan menjadi mineral (anorganik) yang dapat berupa racun seperti air raksa dan timah, bahan organik yang terdiri dari ikatan hidrokarbon, klorinasi alkan, benzene, dan makhluk hidup yang terdiri dari bakteri, virus, serta telur cacing.

2. Menurut tempat dan sumbernya

Pencemaran udara menurut tempat dan sumbernya dibedakan menjadi pencemaran udara bebas (*outdoor air pollution*), dan pencemaran udara ruangan (*indoor air pollution*). Sumber pencemaran udara bebas terdiri dari sumber alamiah dan kegiatan manusia. Sumber alamiah berasal dari letusan gunung berapi, kebakaran hutan, rawa-rawa, nitrifikasi, dan denitrifikasi biologi. Sedangkan kegiatan manusia berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, asap kendaraan, dan pembangkit listrik.

3. Menurut pengaruhnya terhadap gangguan kesehatan

Pengaruh pencemaran terhadap gangguan kesehatan dibedakan menjadi empat jenis, yaitu iritansia, asfiksia, anestesia, dan toksis. Iritansia biasanya disebabkan oleh polutan yang bersifat korosif, yang dapat merangsang proses

peradangan hanya pada saluran pernapasan bagian atas, yaitu saluran pernapasan mulai dari hidung hingga tenggorokan misalnya, SO_2 , SO_3 , Amoniak, dan debu. Iritasi juga dapat mengenai paru-paru. Asfiksia disebabkan oleh kemampuan tubuh yang berkurang dalam menangkap oksigen atau mengakibatkan kadar O_2 juga menjadi berkurang. Keracunan gas CO mengakibatkan gas CO akan mengikat hemoglobin sehingga kemampuan hemoglobin mengikat O_2 menjadi berkurang sehingga menyebabkan terjadinya asfiksia. Golongan zat atau bahan pencemar yang dapat menyebabkan gangguan ini adalah nitrogen, oksida, metan, gas hidrogen, dan helium. Anestesia merupakan gangguan kesehatan yang bersifat menekan susunan saraf pusat sehingga kehilangan kesadaran, contohnya eter, etilen, propana, dan alkohol alifatik. Toksik merupakan titik tangkap berbagai jenis, yaitu menimbulkan gangguan pada sistem produksi darah, misalnya benzen, fenol, toluen, dan xilen, serta keracunan terhadap susunan saraf, misalnya karbon disulfida dan metal alkohol.

4. Menurut asal

Berdasarkan asalnya pencemaran udara dibedakan menjadi pencemar primer dan pencemar sekunder. Pencemar primer merupakan polutan yang bentuk dan komposisinya sama dengan ketika dipancarkan antara lain CO, CO_2 , HC, SO, NO, Ozon, serta berbagai partikel. Sedangkan pencemar sekunder merupakan berbagai bahan pencemar yang saling bereaksi menghasilkan jenis pencemar baru, yang lebih membahayakan. Reaksi ini dapat terjadi secara alamiah atau dengan bantuan katalisator, seperti sinar matahari. Hasil dari reaksi tersebut dinamakan pencemar sekunder. Contoh pencemar sekunder adalah ozon, *formaldehide*, dan *Peroxy Acyl Nitrate (PAN)*.

Kesadaran masyarakat akan pencemaran udara akibat gas buang kendaraan bermotor di kota-kota besar saat ini makin meningkat. Dari berbagai sumber bergerak seperti mobil penumpang, truk, bus, lokomotif kereta api, kapal terbang, dan kapal laut. Kendaraan bermotor saat ini semakin hari akan terus menjadi sumber yang dominan dari pencemaran udara di perkotaan. Di DKI Jakarta

kontribusi bahan pencemar dari kendaraan bermotor ke udara adalah sekitar 70%. (Tugaswati, 1997)

Tidak hanya akibat gas buang kendaraan bermotor, pencemaran udara juga terjadi akibat emisi industri. Emisi pencemaran udara oleh industri sangat tergantung dari jenis industri, proses dan peralatan yang digunakan (utilitas). Proses pembakaran berbagai industri dan pusat pembangkit tenaga dan panas yang berasal dari pembakaran arang dan bensin menghasilkan SO_x, asap dan bahan pencemar lainnya.

Pembakaran sampah juga merupakan kegiatan yang dideteksi memiliki peranan besar dalam pencemaran udara. Sampah perlu mendapat perhatian dan penanganan yang baik, terutama di kota-kota besar, dimana masyarakat tidak dapat menangani sendiri pembuangannya. Begitu pula sampah yang berasal dari industri, pasar, pertokoan, kaki lima, dan sampah jalanan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menjadi sumber penularan penyakit dan mencemari lingkungan. Proses pembakaran sampah walaupun skalanya kecil sangat berperan dalam menambah jumlah zat pencemar di udara, terutama debu dan hidrokarbon. Hal penting yang perlu diperhitungkan dalam emisi pencemaran udara oleh sampah adalah emisi partikulat akibat proses pembakaran, sedangkan emisi dari proses dekomposisi yang perlu diperhatikan adalah emisi HC dalam gas metan.

2.2.3. Peraturan Pemerintah mengenai Pencemaran Udara

Batas konsentrasi zat/pencemar udara dalam udara ambien diatur dalam suatu baku mutu udara ambien. Menurut Peraturan Daerah No.2 Tahun 2005 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien.

Di Provinsi DKI Jakarta, baku mutu udara ambien diatur dalam Surat Keputusan (SK) Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 551 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Mutu Tingkat Kebisingan. Berikut merupakan SK Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 551 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Mutu Tingkat Kebisingan. (Tabel 2.1)

Tabel 2.1: Baku Mutu Udara Ambien di Jakarta Timur

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1.	Sulfur dioksida (SO ₂)	1 jam	900 µg/Nm ³ (0,34 ppm)
		24 jam	260 µg/Nm ³ (0,1 ppm)
		1 tahun	60 µg/Nm ³ (0,02 ppm)
	Karbon monoksida (CO)	1 jam	26.000 µg/Nm ³ (23 ppm)
		24 jam	9.000 µg/Nm ³ (8 ppm)
3.	Nitrogen dioksida (NO ₂)	1 jam	400 µg/Nm ³ (0,2 ppm)
		24 jam	92,5 µg/Nm ³ (0,05 ppm)
		1 tahun	60 µg/Nm ³ (0,03 ppm)
4.	Oksidan (O ₃)	1 jam	200 µg/Nm ³ (0,05 ppm)
		1 tahun	30 µg/Nm ³ (0,015 ppm)
5.	Hidrokarbon (HC)	3 jam	160 µg/Nm ³ (0,24 ppm)
6.	Partikel <10 µm (PM10)	24 jam	150 µg/Nm ³
7.	Partikel <2,5 µm (PM2,5)	24 jam	65 µg/Nm ³
		1 tahun	15 µg/Nm ³
8.	Debu (TSP)	24 jam	230 µg/Nm ³
		1 tahun	90 µg/Nm ³
9.	Timah hitam (Pb)	24 jam	2 µg/Nm ³
		1 tahun	1 µg/Nm ³

Sumber: Kumpulan Peraturan tentang Pengendalian Pencemaran Udara di DKI Jakarta, 2005

2.3. Sulfur Dioksida (SO₂)

Sulfur dioksida (SO₂), salah satu unsur oksida logam (SO_x), merupakan gas yang tidak berwarna dan sangat larut dalam air. Baunya yang kuat dan tajam mengakibatkan dalam konsentrasi 0,3-1 ppm, gas ini dapat diidentifikasi keberadaannya. (Kusnoputranto, 1999; Soedomo, 1999; Sunu, 2001)

Sebagian besar SO₂ di udara dapat mengalami oksida lanjut dalam proses pembakaran membentuk sulfur trioksida (SO₃) dan kemudian jika bereaksi dengan air dapat membentuk asam sulfat (H₂SO₄). Apabila asam sulfat jatuh ke bumi bersama dengan air hujan, terjadilah apa yang dikenal dengan Hujan Asam atau *Acid Rain*. Asam sulfat ini sangat reaktif, mudah bereaksi (memakan) benda-benda lain yang mengakibatkan kerusakan, seperti proses perkaratan (korosi) dan proses kimiawi lainnya. Asam sulfat kemungkinan membentuk ammonium sulfat sebagai hasil reaksi dengan amoniak.

2.3.1. Sumber dan Pola Paparan SO₂

Sumber utama penghasil SO₂ yaitu pembakaran bahan bakar fosil, seperti batu bara dan minyak bumi yang digunakan pada kegiatan industri, transportasi, dan lain sebagainya. SO₂ hasil pembakaran batu bara merupakan komposisi utama *industrial smog*. (Yulaekah, 2007)

Belerang dalam batu bara berupa mineral besi peritis atau FeS₂ dan dapat juga berbentuk mineral logam sulfida seperti Timbal sulfida (PbS), Merkuri sulfida (HgS), Seng sulfide (ZnS), CuFeS₂, dan Cu₂S. Namun, dalam proses industri besi dan baja (tanur logam) banyak dihasilkan SO_x karena mineral-mineral logam banyak terikat dalam bentuk sulfida. Pada proses peleburan sulfida, dengan suhu tinggi logam diubah menjadi oksida logam melalui reaksi berikut:



Proses ini sekaligus menghilangkan belerang dari kandungan logam karena belerang merupakan pengotor logam.

Selain tergantung dari pemecahan batu bara yang dipakai sebagai bahan bakar, penyebaran gas SO_x ke lingkungan juga tergantung dari keadaan meteorologi, dan geografi setempat. Kelembaban udara juga mempengaruhi kecepatan perubahan SO_x menjadi asam sulfat maupun asam sulfit yang akan berkumpul bersama awan yang akhirnya akan jatuh sebagai hujan asam. Reaksinya sebagai berikut:



Hujan asam inilah yang menyebabkan kerusakan hutan di Eropa (terutama di Jerman) karena banyak industri peleburan besi baja yang melibatkan pemakaian batu bara maupun minyak bumi di negeri itu.

Pola dan durasi paparan SO₂ yang berbeda-beda bergantung pada sumber dominan dan distribusi ruang, cuaca dan pola penyebaran. Pada konsentrasi tinggi, dimana paparan SO₂ berlangsung untuk beberapa hari selama musim dingin yang stabil ketika distribusi penyebaran terbatas, masih terjadi pada bagian dunia dimana batu bara digunakan untuk tempat pemanasan. Sebaliknya, jarak

peristiwa waktu paparan yang singkat dari menit ke jam mungkin terjadi sebagai hasil pengasapan, penyebaran dengan angin dari sumber utama. Hasil pola paparan bervariasi secara substansial, tergantung pada ketinggian emisi dan kondisi cuaca. Menurut Fardiaz (1992), waktu tinggal gas SO₂ di udara adalah sekitar 4 hari.

2.3.2. Dampak SO₂ terhadap Kesehatan

Dampak SO₂ terhadap kesehatan manusia berkaitan dengan sifat SO₂ pada saluran pernapasan antara lain, sangat larut dalam air sehingga dapat langsung terserap pada bagian atas saluran pernapasan, merangsang pengeluaran lendir, mengiritasi jaringan mukosa, menyebabkan pendarahan hidung (*epitaksis*) juga gangguan paru-paru.

Pengaruh utama polutan SO_x pada iritasi sistem pernapasan manusia disebabkan oleh SO₂ yang berbentuk gas sehingga cara pemajanan yang paling berpengaruh adalah inhalasi. (Kristanto, 2001) Lebih dari 95% dari SO₂ dengan kadar tinggi yang dihirup melalui saluran pernapasan akan diserap oleh bagian atas saluran pernapasan. Tetapi, persentase ini akan menurun menjadi 50% untuk kadar SO₂ yang lebih rendah sebesar 0,1 ppm. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada kadar SO₂ sebesar 5 ppm atau lebih bahkan pada beberapa individu yang sensitif, iritasi terjadi pada kadar 1-2 ppm.

Dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh SO₂ pada penderita gangguan pernapasan akan menjadi lebih parah jika penderita juga terpapar dengan partikel. Sifat ini disebut *synergistic effect*, yaitu bahwa total dari dua komponen (SO₂ dan partikel) menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan pengaruh masing-masing komponen jika berdiri sendiri. (anonim, Yulaekah, 2007)

Apabila waktu paparan gas SO₂ cukup lama maka akan terjadi peradangan yang hebat pada selaput lendir yang diikuti oleh paralisis silia, kerusakan lapisan epithelium yang pada akhirnya menyebabkan kematian. Bila konsentrasi SO₂ relatif masih rendah, waktu paparan pendek namun berulang-ulang, maka gas tersebut dapat menyebabkan terjadinya hiperplasia dan metaplasia sel-sel epitel. (Wardhana, 1995).

2.4. Total Suspended Particle (TSP)

Debu yang terdapat dalam udara terbagi dua yaitu *Deposite Particulate Matter* (DPM) yaitu partikel debu yang berada sementara di udara, segera mengendap akibat gaya tarik bumi dan *Suspended Particulate Matter* (SPM) yaitu debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap. DPM dan SPM sering juga disebut debu total (TSP). (Anonim dalam Mengkidi, 2006)

Partikulat debu melayang (SPM) merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang terbesar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari <1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Partikulat debu tersebut akan berada di udara dalam waktu relatif lama dalam keadaan melayang-layang. Pada umumnya partikel debu mengandung berbagai senyawa kimia yang berbeda, dengan bentuk dan ukuran yang berbeda juga, tergantung sumber emisi debu tersebut.

Partikel debu dengan ukuran >10 μm akan lebih cepat mengendap ke permukaan, sehingga kesempatan terjadinya pemajanan pada manusia menjadi kecil dan jika terjadi akan tertahan oleh saluran napas paling atas. Sedangkan partikel kecil (*inhalable*) akan masuk ke paru-paru dan bertahan didalam tubuh dalam waktu yang lama.

Partikulat atau partikel adalah zat padat atau cair halus dan tersuspensi dengan bahan pencemar lainnya di udara. Partikel ini dapat terdiri atas zat organik dan anorganik (Soemirat, 2000). Dalam kaitannya dengan masalah perubahan lingkungan, partikulat meliputi berbagai macam bentuk, yaitu (Wardhana, 1995):

- a. Aerosol, adalah istilah umum yang menyatakan adanya partikel yang terhambur dan melayang di udara.
- b. *Fog* atau kabut adalah aerosol yang berupa butiran-butiran air yang berada diudara dengan ukuran 1-40 mikron.
- c. *Smoke* atau asap, adalah aerosol yang berupa campuran antara butir padatan dan cairan yang terhambur melayang diudara dengan ukuran $\leq 0,1$ mikron.
- d. *Dust* atau debu adalah aerosol yang berupa butiran padat yang terhambur dan melayang diudara karena adanya hembusan angin dengan ukuran 0,1-25 mikron.

- e. *Mist*, artinya mirip dengan kabut. Penyebabnya adalah butiran-butiran zat cair yang terhambur dan melayang di udara (bukan butiran air) dengan ukuran 0,5-3 mikron.
- f. *Fume*, artinya mirip dengan asap, hanya saja penyebabnya adalah aerosol yang berasal dari kondensasi uap panas (khususnya uap logam) dengan ukuran ≤ 1 mikron.
- 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* adalah bentuk campuran *smoke* dan *fog*.
- j. *Smaze* adalah bentuk campuran antara *smoke* dan *haze*.

Partikel yang masuk dan tertinggal di paru-paru dapat berbahaya karena tiga hal penting, yaitu (Kresnawuri, 1999):

1. Partikel tersebut mungkin beracun karena mengandung logam-logam berat atau gas-gas berbahaya, seperti Timbal (Pb), Cadmium (Cd), Oksida sulfur (SO_x) dan Oksida nitrogen (NO_x).
2. Partikel tersebut diameternya terlalu kecil dan tidak dapat difagosit oleh makrofag, sehingga dapat terakumulasi di paru-paru yang menyebabkan terjadinya fibrosis atau pertumbuhan jaringan, sehingga terjadi pneumoconiosis.
3. Partikel tersebut dapat membawa kuman atau bakteri yang berbahaya langsung mengiritasi saluran pernapasan atau mencapai dan tinggal di bagian paru-paru.

2.4.1. Sumber TSP

Sumber artifisial debu berasal dari pembakaran batu bara, minyak bumi, dan lain-lain yang dapat menghasilkan jelaga (partikulat yang terdiri atas karbon dan laian-lain yang melekat padanya). Sumber lain adalah segala proses yang menimbulkan debu seperti pabrik semen, industri metalurgi, industri konstruksi, industri bahan makanan, dan kendaraan bermotor. (Olishifsky, 1971)

Kontribusi kendaraan bermotor terhadap pencemaran TSP di udara ambien Jakarta sekitar 44,1%, selebihnya berasal dari rumah tangga (33%), industri

(14,6%), dan pembakaran sampah (8.4%). (Dephub, 1994). Faktor emisi gas buang kendaraan bermotor terhadap pencemaran udara terlihat dari besarnya jumlah kandungan partikel debu yang dikeluarkannya. Kendaraan bermotor berbahan bakar bensin menghasilkan partikel debu 11 pon/1000 galon, sedangkan kendaraan bermotor bermesin diesel sebanyak 110 pon/gallon (Jusuf, 2001). Ini berarti kendaraan bermotor bermesin diesel lebih berisiko menimbulkan pencemaran udara.

Pembakaran batu bara yang tidak sempurna menyebabkan terbentuk aerosol kompleks dari butiran tar. Dibandingkan dengan pembakaran batu bara, pembakaran minyak dan gas pada umumnya menghasilkan debu yang lebih sedikit. Kepadatan kendaraan bermotor dapat menambah asap hitam pada total emisi partikulat debu. Demikian juga pembakaran sampah domestik dan sampah komersial merupakan sumber debu yang cukup penting. Berbagai proses industri seperti proses penggilingan dan penyemprotan, dapat menyebabkan abu beterbangan di udara, seperti yang juga dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor.

2.4.2. Sifat-sifat dan Pengelompokan TSP

Sifat-sifat TSP diantaranya (anonim dalam Mengkidi, 2006):

1. Sifat Pengendapan

Sifat ini merupakan sifat debu yang cenderung selalu mengendap karena adanya gaya gravitasi bumi. Namun karena ukurannya yang kecil, terkadang debu ini relatif tetap berada di udara. Debu yang mengendap dapat mengandung proporsi partikel yang lebih daripada yang di udara.

2. Sifat Permukaan Basah

Pada sifat ini debu akan cenderung selalu basah, dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis. Sifat ini penting dalam pengendalian debu di tempat kerja.

3. Sifat Penggumpalan

Dikarenakan permukaan debu selalu basah sehingga dapat menempel satu sama lain dan dapat menggumpal. Kelembaban di bawah saturasi kecil pengaruhnya terhadap penggumpalan debu. Akan tetapi, bila tingkat

humiditas di atas titik saturasi memudahkan penggumpalan sehingga partikel debu dapat menjadi inti dari air yang berkonsentrasi, partikel jadi besar.

4. Sifat Listrik Statik

Debu mempunyai sifat listrik statis yang dapat menarik partikel lain yang dapat berlawanan sehingga partikel dalam debu mempercepat terjadinya proses penggumpalan.

5. Sifat Opsi

Debu atau partikel basah/lembab lainnya yang dapat memancarkan sinar yang dapat terlihat dalam kamar gelap.

Debu dapat dikelompokkan berdasarkan akibat fisiologisnya terhadap tenaga kerja yang dapat menimbulkan bahaya, diantaranya (anonim dalam Mengkidi, 2006):

1. Debu fibrogenik (bahaya terhadap sistem pernapasan)
Contoh: silica (kwarsa, *chert*), silikat (*asbestos*, *talk*, *mica*, *silimate*), *metal fumes*, biji berillium, bijih timah putih, beberapa bijih besi, *carborundum*, batubara (antrasit, bituminous).
2. Debu karsinogenik (penyebab kanker)
Contoh: debu hasil peluruhan radon, asbestos, arsenik
3. Debu-debu beracun (toksik terhadap organ/jaringan tubuh)
Contoh: biji beryllium, arsen, timbal, uranium, radium, torium, kromium, vanadium, merkuri, kadmium, antimony, selenium, mangan, tungsten, nikel, dan perak.
4. Debu radioaktif (berbahaya karena radiasi alfa dan beta)
Contoh: biji uranium, radium, torium
5. Debu eksplosif
Contoh: debu-debu metal (magnesium, aluminium, timah putih, seng, besi), batubara (bituminous, lignite), biji-bijih sulfida, debu-debu organik.
6. Debu-debu pengganggu/*nuisance dust* (mengakibatkan kerugian ringan terhadap manusia)

Contoh: gypsum, kaolin, batu kapur

7. *Inert dust*/debu yang tidak bereaksi kimia dengan zat lain (tidak berakibat pada paru-paru)
8. *Respirable dust* (debu yang dapat terhirup oleh manusia yang berukuran <10 mikron)
9. *Irrespirable dust* (debu yang tidak dapat terhirup oleh manusia yang berukuran >10 mikron).

Semua debu apabila terdapat dalam jumlah yang berlebihan untuk jangka waktu yang lama, dapat menyebabkan kerusakan patologis pada manusia. Debu-debu dengan komposisi yang berbeda memiliki efek yang berbeda.

2.4.3. Dampak TSP terhadap Kesehatan

Penyakit-penyakit pernapasan dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi, letak anatomis, sifat kronik penyakit dan perubahan-perubahan struktur serta fungsi. Penyakit pernapasan yang diklasifikasikan berdasarkan disfungsi ventilasi dibagi dalam 2 kategori, antara lain penyakit-penyakit yang terutama menyebabkan gangguan ventilasi obstruktif dan penyakit-penyakit yang menyebabkan gangguan ventilasi restriktif. Klasifikasi ini dipilih karena uji spirometri dan uji fungsi ventilasi lain hampir dilakukan secara rutin dan kebanyakan penyakit-penyakit pernapasan mempengaruhi ventilasi.

Konsekuensi patologis dan klinis akibat eksposur terhadap debu sangat bervariasi dan tergantung dari sifat debu, intensitas, dan durasi eksposur serta ketentuan dari individu. Bagian dari alat pernapasan yang terkena dari respon eksposur tergantung dari sifat kimia, fisika, dan toksisitasnya. Debu dapat diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid atau suatu campuran dan asap. Partikel yang berukuran kurang atau sama dengan $5\mu\text{m}$ dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran $1\mu\text{m}$ memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit di dalam alveoli. Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah $>5\mu\text{m}$, tetapi debu dengan ukuran $5\text{-}10\mu\text{m}$ akan dikeluarkan semua bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per millimeter udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel per millimeter udara maka akan 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru. (WHO, 1986)

Akibat debu yang masuk dalam jaringan alveoli sangat tergantung dari solubilitas dan reaktifitasnya. Semakin tinggi reaktifitas suatu substansi yang dapat mencapai alveoli dapat menyebabkan reaksi inflamasi yang akut dan edema paru. Pada reaksi yang subakut dan kronis, ditandai dengan pembentukan granuloma dan fibrosis intersisial. Hampir semua debu yang mencapai alveoli akan diikat oleh makrofag, dikeluarkan bersama sputum atau ditelan mencapai intersisial. Mekanisme pembersihan dari alveoli ini sangat efisien dan efektif dalam mengeliminasi debu.

Kelainan paru karena adanya deposit debu dalam jaringan paru disebut Pneumokoniosis. Menurut definisi *International Labour Organization* (ILO), pneumoconiosis adalah akumulasi debu dalam jaringan paru dan reaksi jaringan paru terhadap adanya akumulasi debu tersebut. Bila pengerasan alveoli telah mencapai 10% akan menjadi penurunan elastisitas paru yang menyebabkan terganggunya suplai oksigen ke dalam jaringan otak, jantung, dan bagian tubuh lainnya.

Debu-debu non fibrogenik adalah debu yang tidak menimbulkan reaksi jaringan paru, contohnya debu besi, kapur dan timah. Debu ini dahulu dianggap tidak merusak paru (*inert*), tetapi belakangan ini diketahui bahwa jenis debu tersebut tidak benar-benar *inert*. Dalam dosis besar semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi ini berupa produksi lendir berlebihan, bila ini terus menerus berlangsung dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Jaringan paru juga dapat berubah dengan terbentuknya jaringan ikat retikulin. Penyakit paru ini disebut pneumokoniosis non kolagen. (WHO, 1986; Crug, 1985). Debu fibrogenik dapat menimbulkan reaksi jaringan paru (fibrosis paru), seperti debu silika bebas, batu bara dan asbes. Penyakit ini disebut dengan pneumoconiosis kolagen. (WHO, 1986; Parkes, 1982)

Debu yang masuk ke dalam saluran pernapasan, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan non spesifik berupa batuk, bersin, gangguan transportasi mukosilier dan fagositosis oleh makrofag. (Parkes, 1982). Otot polos sekitar jalan nafas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini biasanya terjadi bila kadar debu melebihi nilai ambang batas. Selain itu sistem mukosilia juga akan mengalami gangguan dan menyebabkan produksi

lendir bertambah banyak. Bila lendir makin banyak atau mekanisme pengeluarannya tidak sempurna terjadi obstruksi saluran napas.

Partikel debu yang masuk ke dalam alveoli akan membentuk fokus dan berkumpul di bagian awal saluran limfe paru, tetapi akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag seperti silika bebas merangsang terbentuknya makrofag baru yang akan memfagositosis silika bebas tersebut sehingga terjadi autolisis. Kondisi ini terjadi berulang-ulang. Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus menerus berperan penting pada jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru, yaitu pada dinding alveoli dan jaringan intersisial. Akibat fibrosis, paru akan menjadi kaku sehingga menimbulkan gangguan paru yaitu kelainan fungsi yang restruktif.

Salah satu yang paling sulit diukur adalah kerentanan individu. Seseorang akan terpajan di lingkungan kerja dengan konsentrasi dan durasi pajanan yang sama dapat memberikan kelainan klinis yang berbeda. Hal ini disebabkan karena adanya variasi pembersihan dari paru, faktor genetik, penyakit paru sebelumnya, dan efek dari merokok.

1. Karakteristik Partikulat

Dalam hubungan terhadap kesehatan, karakteristik debu penting dalam hubungannya dengan gangguan saluran pernapasan adalah ukuran, komposisi, serta jumlah pajanan yang diterima oleh manusia. Karakteristik partikulat sebagai berikut:

a. Ukuran

Ukuran partikulat akan menentukan seberapa jauh partikulat dapat masuk ke organ pernapasan. Pada ukuran 0,5-5 mikron partikulat yang terhirup masuk ke hidung sampai tenggorokan dan terdeposit disana mekanisme pertahanan debu mengeluarkannya (Fardiaz, 1998). Partikulat dengan ukuran lebih kecil dari 0,5 mikron akan terdeposit di trakea, paru-paru, sampai bronkioli.

Partikel yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan dapat dibagi menjadi:

1. Partikulat yang berukuran 5-10 mikron dapat masuk dan tertahan sampai saluran pernapasan bagian atas.
2. Partikulat yang berukuran 3-5 mikron dapat masuk dan tertahan sampai saluran pernapasan bagian tengah.
3. Partikulat yang 1-3 mikron dapat masuk dan tertahan sampai saluran pernapasan permukaan alveoli.
4. Partikulat yang berukuran 0,1-1 mikron tidak begitu mudah menempel di permukaan alveoli karena partikulat tidak dapat mengendap.
5. Partikulat yang berukuran kurang dari 0,1 mikron massanya terlalu kecil sehingga tidak dapat hinggap dipermukaan alveoli dan dengan adanya gerakan brown, partikel tersebut akan bergerak keluar alveoli bersama dengan udara pernapasan.

b. Komposisi

Data mengenai komposisi partikulat secara spesifik lebih sulit didapatkan. US EPA (WHO, 1979), menyebutkan bahwa dari total partikel tersuspensi 10 % dari total partikulat mengandung bahan organik, lebih lanjut WHO mengatakan bahwa walaupun demikian informasi mengenai pengaruh komposisi partikulat terhadap kesehatan masih terbatas.

Komposisi yang terkandung pada TSP beragam, utamanya adalah: karbon, hidrokarbon, ammonium sulfat, benzene, *inhalable ash*, sedikit besi dan timbal (WHO, 1979). Berbagai komponen partikel yang umum terdapat di udara, misalnya Karbon besi trioksida (Fe_2O_3 dan Fe_3O_4), Magnesium oksida (MgO), Kalium Oksida (CaO), Aluminium trioksida (Al_2O_3), Sulfur dioksida (SO_2), Titanium dioksida (TiO_2), Karbonat (CO_3O_2), Silikon dioksida (SiO_2), Fosfor (P_2O_5), Kalium (K_2O), Natrium (Na_2O) (Fardiaz, 1998). Beberapa zat telah diketahui dapat menimbulkan gangguan kesehatan spesifik.

2.4.4. Jalur masuk TSP ke dalam Sistem Pernapasan

Partikulat sebagai pencemar di udara memiliki jalur masuk utama ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan. Ada lima mekanisme deposisi partikulat dalam sistem pernapasan yaitu sedimentasi, impaksi insersial, difusi (khusus partikel

dengan ukuran $<0,5$ mikron), intersepsi dan deposit elektrostatis. Mekanisme yang paling penting adalah sedimentasi dan impaksi.

Sedimentasi adalah mekanisme penimbunan partikel debu di saluran napas karena adanya gaya gravitasi. Debu yang mencapai daerah dengan kecepatan udara pernapasan rendah, akan mengalami pengendapan karena partikel debu jatuh akibat gaya gravitasi. Partikel debu dengan massa cukup besar tidak dapat ikut dengan udara ketika udara mengalir melalui saluran pernapasan membelok, sehingga partikel debu menabrak selaput lendir dan melekat pada dinding saluran napas. Mekanisme ini disebut impaksi inersial (WHO, 1999a).

Pola bernapas (melalui hidung atau mulut) mempengaruhi jumlah debu yang masuk. Hal ini terlihat pada orang yang lebih banyak bernapas dengan mulut memiliki potensi yang lebih besar untuk mengalami deposisi debu di paru-paru. Hal ini bisa terjadi karena mulut tidak memiliki mekanisme penyaringan seperti jika pernapasan dilakukan melalui hidung (WHO, 1999a).

Selain melalui inhalasi sebagai jalur utama masuknya debu, debu juga dapat masuk melalui jalur-jalur lain seperti (WHO, 1999a):

a. Absorpsi melalui kulit

Absorpsi melalui kulit dapat terjadi terutama jika debu bisa larut dengan air. Bahan yang larut air dengan keringat dan bisa terserap masuk ke aliran darah.

b. Pencernaan

Masuknya debu melalui saluran pencernaan biasanya terjadi akibat pekerja makan atau minum di tempat yang tidak higienis. Partikel tidak harus terlepas ke udara. Selain itu, merokok juga merupakan kegiatan yang menimbulkan pajanan debu melalui ingesti. Bernapas dengan mulut sebenarnya juga merupakan jalur ingesti, namun dalam pengukuran tetap dilihat sebagai pajanan melalui inhalasi.

2.4.5. Mekanisme Pengendapan TSP di Paru

Mekanisme pengendapan partikel debu di paru berlangsung dengan berbagai cara, diantaranya (anonim dalam Mengkidi, 2006):

1. Gravitasi yaitu sedimentasi partikel yang masuk ke dalam saluran pernapasan karena gaya gravitasi atau berarti partikel akan jatuh dan menempel di

saluran pernapasan karena gaya tarik bumi. Hal itu terjadi karena sedimentasi berhubungan dengan ukuran, berat, dan kecepatan partikel. Partikulat berukuran 3-5 mikron akan mengendap dan menempel pada mukosa bronkioli sedangkan partikel yang berukuran 1-3 mikron langsung ke permukaan alveoli paru. Mekanisme tersebut terjadi karena kecepatan aliran udara di saluran napas bagian tengah sangat berkurang yaitu kurang lebih 1cm/detik.

2. *Impaction*, yaitu mekanisme yang terjadi karena adanya percabangan saluran pernapasan. Partikel yang masuk bersama udara yang dihirup akan terbentur di percabangan bronkus dan jatuh pada percabangan yang kecil. Mekanisme ini biasanya terjadi pada partikel yang berukuran >1 mikron.
3. *Brown diffusion*, yaitu mekanisme pengendapan partikel berdiameter <2 mikron disebabkan oleh terjadinya gerakan keliling (gerakan *brown*) dari partikel oleh energi kinetik yang mengakibatkan partikel dapat terbawa langsung ke dinding saluran pernapasan. Difusi ini merupakan cara terpenting bagi partikel <0.5 mikron untuk dapat menempel di dinding saluran pernapasan/paru.
4. *Electrostatic*, yaitu mekanisme yang terjadi karena saluran pernapasan dilapisi oleh mukus, yang merupakan konduktor yang baik secara elektrostatis.
5. *Interseption*, merupakan mekanisme pengendapan yang berhubungan dengan sifat fisik partikel berupa ukuran seperti panjang dan besar partikel untuk mengetahui dimana terjadi pengendapan. Sebagian besar partikel yang berukuran >5 mikron akan tertahan di hidung dan saluran pernapasan bagian atas. Partikel yang berukuran antara 3-5 mikron akan tertahan di saluran pernapasan bagian tengah dan partikel yang berukuran antara 1-3 mikron akan menempel di alveoli.

2.4.6. Faktor-faktor yang mempengaruhi Pengendapan TSP di Paru

Tidak semua partikel yang masuk mengalami pengendapan di paru. Faktor pengendapan debu di paru dipengaruhi oleh pertahanan tubuh dan karakteristik debu itu sendiri. Karakteristik yang dimaksud meliputi jenis debu, ukuran partikel debu, konsentrasi partikel, lama paparan dan pertahanan tubuh. Jenis debu terkait dengan daya larut dan sifat kimianya. Adanya perbedaan daya larut dan sifat kimiawi ini menyebabkan kemampuan mengendap dan tingkat kerusakan yang berbeda juga. Konsentrasi partikel debu yang tinggi di udara, lama paparan akan menyebabkan partikel yang mengendap semakin banyak. Setiap inhalasi 500 partikel/mm³ udara, maka setiap alveoli paling sedikit menerima satu partikel dan apabila konsentrasi mencapai 1.000 partikel/mm³ maka 10% dari jumlah tersebut akan tertimbun di paru. Konsentrasi yang melebihi 5000 partikel/mm³ sering dihubungkan dengan terjadinya pneumokoniosis. (anonim dalam Mengkidi, 2006)

2.5. Hubungan Oksida Sulfur dan Partikulat terhadap Saluran Pernapasan

Sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas buang yang larut dalam air yang langsung dapat terabsorpsi di dalam hidung dan sebagian besar ke saluran paru-paru. Sedangkan ukuran partikulat di dalam gas buang kendaraan bermotor berukuran kecil, partikulat tersebut dapat masuk sampai ke dalam alveoli paru-paru dan bagian lain yang sempit. Partikulat gas buang kendaraan bermotor terutama terdiri dari jelaga (hidrokarbon yang tidak terbakar) dan senyawa anorganik (senyawa-senyawa logam, nitrat dan sulfat. Sulfur dioksida di atmosfer dapat berubah menjadi kabut asam sulfat (H₂SO₄) dan partikulat sulfat. Sifat mengiritasi saluran pernapasan, menyebabkan SO₂ dan partikulat dapat menyebabkan pembengkakan membran mukosa dan pembentukan mukosa yang mengakibatkan terhambatnya aliran udara pada saluran pernapasan. Kondisi ini akan menjadi lebih parah bagi kelompok yang peka, seperti penderita penyakit jantung atau paru-paru pada lanjut usia. (anonim dalam Tugawati, 1997)

2.6. Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan

Secara umum zat pencemaran udara dapat menyebabkan pergerakan silia hidung menjadi lambat dan kaku bahkan dapat berhenti sehingga tidak dapat

membersihkan saluran pernapasan jika terjadi iritasi oleh bahan pencemar. Produksi lendir juga akan meningkat sehingga menyebabkan penyempitan dan kerusakan sel imun di saluran pernapasan. Hal tersebut mengakibatkan kesulitan bernapas sehingga benda asing yang masuk ke dalam saluran pernapasan tertarik dan bakteri lain juga tidak dapat dikeluarkan dari saluran pernapasan. Keadaan ini memudahkan terjadinya infeksi saluran pernapasan.

Pencemar udara yang berbentuk partikel debu dapat berdampak pada kesehatan manusia melalui jalur inhalasi. Namun, hal tersebut tergantung pada ukurannya. Pada umumnya ukuran partikel debu sekitar 5 mikron merupakan partikulat udara yang dapat langsung masuk ke dalam paru-paru dan mengendap di alveoli. Keadaan ini bukan berarti bahwa ukuran partikulat yang lebih besar dari 5 mikron tidak berbahaya, karena partikulat yang lebih besar dapat mengganggu saluran pernapasan bagian atas dan menyebabkan iritasi.

Polusi udara terutama merusak paru-paru dan saluran pernapasan, walaupun kerusakan dapat terjadi pula pada organ tubuh lainnya. beberapa efek saluran pernapasan akut akibat polusi udara (Kusnoptanto, 1995), yaitu:

a. Serangan Asmatis

Asma merupakan suatu kondisi dimana saluran pernapasan tiba-tiba menyempit, menghambat aliran udara yang melalui paru-paru. Hal ini disebabkan kejangnya otot-otot kecil yang mengelilingi saluran pernapasan dan dengan terlepasnya lendir yang kental dan berlebihan yang menyumbatnya. Suatu serangan dapat dirangsang oleh suatu reaksi alergi terhadap adanya bahan asing dan oleh berbagai jenis rangsangan lainnya, seperti infeksi saluran pernapasan, latihan jasmani, udara dingin, dan stress emosional. Polusi udara dapat pula menyebabkan serangan asthmatis, tetapi belum dapat diketahui dengan pasti apakah polusi udara yang menyebabkan penyakit asthma atau hanya merupakan pemicu serangan asthmatik.

b. Saluran Napas yang Hiperaktif (*Hyperactive Airways*)

Hal ini disebabkan oleh karena saluran udara menyempit jauh lebih cepat dibandingkan dengan rata-rata respon normal terhadap benda asing. Gejalanya sama dengan asma, napas pendek, batuk, dan napas berbunyi.

Sulfur dioksida, partikulat, ozon, dan nitrogen oksida dikenal dapat merangsang reaktifitas saluran napas.

c. Infeksi Saluran Pernapasan (ISPA)

Penyakit ISPA merupakan penyakit infeksi akut yang disebabkan oleh virus dan bakteri yang sangat beragam dan spesifik. Etiologi ISPA terdiri dari 300 jenis bakteri, virus, riketsia.

Insidens infeksi saluran pernapasan, terutama pada anak-anak meningkat karena adanya polusi udara. Infeksi saluran pernapasan bagian atas berupa demam, influenza, dan sakit tenggorokan dihubungkan dengan sulfur dioksida dan partikulat di udara.

d. Perubahan fungsi paru yang *reversible*

Perubahan fungsi paru yang *reversible* dan untuk jangka waktu yang singkat juga disebabkan oleh polutan udara. Misalnya jumlah maksimum udara yang dapat dihirup dan dihembuskan dalam satu detik berkurang pada anak-anak dan orang dewasa sehat jika terpapar pada konsentrasi polutan yang meningkat, tetapi akan kembali normal jika pemaparan menghilang.

2.7. Penanggulangan Dampak Pencemaran Udara

Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan harus ditanggulangi agar tidak mengakibatkan dampak yang lebih besar terhadap kesehatan masyarakat. Zat/bahan pencemar udara memiliki langkah penanggulangan yang berbeda-beda.

Berikut ini penanggulangan dari dampak yang ditimbulkan dari bahan atau zat pencemar. (Tabel 2.2)

Tabel 2.2: Penanggulangan Dampak Pencemaran Udara berbentuk Gas dan Partikel

No	Zat/bahan Pencemar	Dampak Kesehatan	Penanggulangan
Zat/bahan Pencemar berbentuk Gas			
1.	SO ₂	Iritasi saluran pernapasan, batuk, sesak napas	Adsorpsi: Dalam proses adsorpsi digunakan bahan padat yang menyerap polutan. Berbagai tipe adsorben memiliki daya kejenuhan
2.	H ₂ S	Merusak indra bau (<i>nervus olfactory</i>)	

No	Zat/bahan Pencemar	Dampak Kesehatan	Penanggulangan
3.	N ₂ O NO NO ₂	Mengganggu sistem pernapasan Melemahkan sistem pernapasan sehingga mudah infeksi	sehingga selalu diperlukan penggantian, bersifat <i>disposal</i> atau dibersihkan kemudian digunakan kembali Pembakaran: Menggunakan proses oksidasi panas untuk menghancurkan gas hidrokarbon yang terdapat di dalam polutan. Hasil pembakaran berupa CO ₂ dan H ₂ O, dengan <i>burner</i> sebagai alat pembakaran Reaksi kimia: Banyak digunakan pada emisi golongan nitrogen dan belerang. Langkah ini merupakan kombinasi dengan cara-cara lain, namun langkah ini lebih dominan. Gas golongan nitrogen dibersihkan dengan cara menginjeksikan NH ₃ yang akan bereaksi dengan NO _x dan membentuk bahan padat yang mengendap. Sedangkan penjernihan golongan belerang dilakukan dengan menggunakan <i>Copper okside</i> atau kapur yang dicampur dengan arang
4.	NH ₃	Bau yang tidak sedap/menyengat, bronchitis, merusak indera penciuman	
5.	CO ₂ CO HC	Efek sistemik, karena meracuni tubuh dengan cara mengikat hemoglobin sehingga dapat menyebabkan kematian, gangguan berpikir, otot, dan jantung	
Bahan Pencemar berbentuk Partikel			
6.	Debu	Iritasi mukosa, bronchitis, fibrosis paru, mengganggu pembentukan eritrosit, penurunan kemampuan otak (pada anak-anak), anemia dan tekanan darah tinggi (pada orang dewasa)	<i>Scrubbing</i> , Filtrasi, menggunakan kolektor mekanis Program Langit Biru, dan menggalakkan penanaman tumbuhan. Filtrasi merupakan menangkap polutan partikel pada permukaan filter. Filter yang digunakan sangat kecil. Program langit biru merupakan program pemerintah guna mengurangi pencemaran udara, khususnya akibat transportasi. Ada tiga upaya yang dilakukan yaitu, mengganti bahan bakar, mengubah mesin kendaraan, memasang alat pembersih polutan pada kendaraan.
7.	Benzen	Gangguan saraf pusat	
8.	Bersifat biologis: bakteri, jamur, virus, telur cacing	Pada ruangan ber-AC ditemukan beberapa jenis bakteri yang mengakibatkan penyakit pernapasan	

Sumber : Kastiyowati, Indah. 2001. *Dampak dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara*. Jakarta: Buletin Litbang Departemen Pertahanan Republik Indonesia.

2.8. Pengaruh Lingkungan Fisik dalam Pencemaran Udara

Atmosfer merupakan tempat penyimpanan dari semua jenis zat-zat pencemar baik berupa gas, cair, maupun padat, karena itu pencemaran udara dapat merugikan kehidupan. Pencemaran udara lokal biasanya dapat dihamburkan atau dapat dihindari oleh adanya sirkulasi udara umum, tetapi kemungkinan besar zat pencemar tersebut akan diendapkan di tempat lain.

Akibat beratnya musim dingin, kebutuhan penduduk akan jumlah pemanasan sangat besar. Pemanasan tersebut memproduksi zat pencemar sehingga meningkatkan emisi-emisi polutan. Pada kota-kota dengan emisi temperatur sedang, beban polusi cenderung disebarkan secara merata sepanjang tahun. (Yusad, 2003)

Berikut ini dijelaskan mengenai pengaruh lingkungan fisik, seperti suhu, kelembaban udara, curah hujan, radiasi sinar matahari, serta kecepatan angin terhadap kualitas pencemaran di udara (Achmadi, 1993; Soedomo, 2000):

1. Suhu

Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan peningkatan kelembaban udara relatif, sehingga akan meningkatkan efek korosif bahan pencemar di daerah yang udaranya tercemar. Pada suhu yang meningkat, akan meningkat pula kecepatan reaksi suatu bahan kimia (Mukono, 2003). Suhu udara dapat mempengaruhi konsentrasi pencemar udara, sesuai dengan keadaan cuaca tertentu. Suhu udara yang tinggi menyebabkan udara makin renggang sehingga konsentrasi pencemar menjadi rendah. Sebaliknya pada suhu yang dingin keadaan udara makin padat sehingga konsentrasi pencemar di udara makin tinggi (Ditjen P2MPL dalam Pramono, 2002).

2. Kelembaban

Kelembaban udara menyatakan banyaknya uap air dalam udara. Kandungan uap air ini penting, karena uap air memiliki sifat menyerap radiasi bumi yang akan menentukan cepatnya kehilangan panas dari bumi, sehingga dengan sendirinya juga ikut mengatur suhu udara.

Fog (kabut) terbentuk ketika udara lembab mengembun. Jenis partikel cair ini merugikan karena mempermudah SO_3 menjadi H_2SO_4 . Selain itu, fog yang terjadi di daerah lembab akan menghalangi matahari memanasi permukaan bumi untuk memecah atau inversi udara, akibatnya sering memperpanjang waktu kejadian pencemaran udara. Kelembaban udara yang relatif rendah, yaitu sebesar $< 60\%$, di daerah tercemar akan mengurangi efek korosif dari bahan kimia tersebut sedangkan kelembaban relatif yang lebih

tinggi, sebesar $\geq 80\%$, di daerah tercemar SO_2 akan terjadi peningkatan efek korosif tersebut.

Kondisi udara yang lembab akan membantu proses pengendapan bahan pencemar, sebab dengan keadaan udara yang lembab maka beberapa bahan pencemar berbentuk partikel akan berikatan dengan air di udara membentuk partikel berukuran lebih besar. Hal ini memudahkan partikel mengendap ke permukaan bumi oleh gaya gravitasi.

3. Kecepatan Angin

Pada keadaan berangin, udara mungkin lebih mudah bercampur dibandingkan dengan keadaan yang tenang atau tidak berangin. Dalam keadaan berangin turbulen mencampur udara yang tercemar dengan udara yang bersih, dengan cara demikian mempercepat pengenceran polutan di udara. Sedangkan keadaan yang tidak berangin, pengenceran lebih lambat. Jadi kecepatan angin yang dua kali lipatnya dapat menurunkan konsentrasi polutan di udara.

Konsentrasi zat pencemar yang keluar dari sumbernya secara terus menerus berbanding lurus dengan kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin, penyebaran partikel atau molekul zat pencemar semakin besar, sehingga konsentrasinya semakin kecil. Kecepatan angin dipengaruhi oleh tekanan horizontal udara dan keadaan permukaan yang tidak rata. Pada kota dengan topografi bertebing dan banyaknya bangunan yang tinggi serta keadaan jalan yang sempit dan tidak rata menyebabkan angin bertiup lebih lambat, sehingga pada daerah perkotaan terjadi pencemaran yang cukup tinggi akibat terhalangnya pembersihan udara oleh angin.

4. Radiasi sinar matahari

Sinar matahari dapat mempengaruhi bahan oksidan terutama O_3 di atmosfer. Keadaan tersebut dapat menyebabkan kerusakan bahan/alat bangunan, atau bahan yang terbuat dari karet. Jadi dapat dikatakan bahwa sinar matahari dapat meningkatkan rangsangan untuk merusak bahan. (Mukono, 2003)

Radiasi matahari secara tidak langsung mempengaruhi pencemaran udara yaitu sebagai energi penggerak udara karena perbedaan pemanasan permukaan sehingga menimbulkan angin dan turbulensi, dan sebagai input energi dari kesetimbangan energi sehingga mempengaruhi terjadinya *inverse* dan stabilitas udara (Anonim, dalam Iriani 2004). Inverse yaitu suatu situasi dimana suhu udara meningkat menurut ketinggian lapisan udara pada kondisi stabil dan tekanan tinggi. Tetapi dapat menghilang setelah pagi hari ketika radiasi matahari menyinari permukaan bumi.

5. Curah Hujan

Hujan merupakan faktor utama dalam membersihkan atmosfer. Jatuhnya butir-butir hujan mungkin dapat mengumpulkan partikel-partikel dengan radius lebih besar dari 1 mikron atau mungkin bergabung dengan gas dan partikel yang lebih kecil dan membawanya ke tanah. Pencemar dan gas-gas lain ditangkap oleh hujan melalui cara yaitu bergabung dengan awan sebagai kondensasi yang kemudian turun bersama hujan atau langsung tercuci dan tertangkap oleh butir-butir hujan dibawah awan (anonim, dalam Iriani 2004). Pencemar tertangkap oleh butir-butir hujan akan berubah fase atau menguap. Contohnya gas SO_2 menjadi asam sulfat atau jika butiran hujan jatuh ke tingkat dimana konsentrasi SO_2 menurun maka SO_2 akan menguap dari butiran hujan. Pencemaran udara lebih bertahan di daerah dengan angin lemah daripada daerah dengan hujan yang tinggi dan angin kencang (anonim, dalam Iriani 2004).

2.9. Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

2.9.1. Definisi Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

ISPA merupakan singkatan dari Infeksi Saluran Pernapasan Akut, yang meliputi saluran pernapasan bagian atas dan saluran pernapasan bagian bawah. Saluran pernapasan adalah organ mulai dari hidung hingga gelembung paru, beserta organ-organ disekitarnya seperti: sinus, ruang telinga tengah dan selaput paru. ISPA mengandung tiga unsur kata yaitu infeksi, saluran pernapasan, dan akut (Depkes, 2000).

1. Infeksi adalah masuknya kuman atau mikroorganisme ke dalam tubuh manusia dan berkembang biak sehingga menimbulkan penyakit.
2. Saluran Pernapasan adalah organ yang dimulai dari hidung hingga alveoli beserta organ adneksanya dan jaringan paru termasuk dalam saluran pernapasan. Dengan demikian ISPA secara otomatis mencakup saluran pernapasan bagian atas, saluran pernapasan bagian bawah (termasuk jaringan paru-paru) dan organ adneksa saluran pernapasan.
3. Infeksi akut adalah infeksi yang berlangsung sampai dengan 14 hari untuk memungkinkan proses akut, meskipun untuk beberapa penyakit yang digolongkan dengan ISPA prosesnya dapat berlangsung lebih dari 14 hari.

ISPA secara anatomis mencakup saluran pernapasan bagian atas, saluran pernapasan bagian atas (termasuk jaringan paru-paru) dan organ adneksa saluran pernapasan dengan batasan ini, jaringan paru termasuk dalam saluran pernapasan (*respiratory tract*). Sebagian besar infeksi saluran pernapasan hanya bersifat ringan seperti batuk, pilek dan tidak memerlukan pengobatan dengan antibiotik, namun demikian anak akan menderita Pneumonia bila infeksi ini tidak diobati dengan antibiotik dapat mengakibatkan kematian.

Tetapi ISPA yang berlanjut menjadi Pneumonia sering terjadi pada anak kecil terutama apabila terdapat gizi kurang dan dikombinasi dengan keadaan lingkungan yang tidak higienis. Risiko terutama terjadi pada anak-anak karena meningkatnya kemungkinan infeksi silang, beban imunologisnya terlalu besar karena dipakai untuk penyakit parasit dan cacing, serta tidak tersedianya atau berlebihannya pemakaian antibiotik. (Rendie, 1994).

2.9.2. Klasifikasi ISPA

Program pemberantasan Penyakit ISPA (P2 ISPA) mengelompokkan ISPA menjadi tiga kelompok (Depkes, 2001), yaitu:

- a. Pneumonia, ditandai dengan adanya batuk dan atau kesukaran bernapas dan napas cepat (*Fast breathing*).

- b. Pneumonia berat yang ditandai dengan adanya batuk dan/ atau kesukaran bernapas disertai napas sesak atau tarikan dinding dada bawah ke dalam (*chest indrawing*).
- c. Non pneumonia, ditandai dengan batuk tanpa adanya tarikan napas dan tanpa adanya tarikan dinding dada bagian bawah ke dalam, mencakup penyakit seperti batuk pilek bukan pneumonia (*common cold, pharyngitis, tonsillitis, otitis*).

Untuk golongan umur 2 bulan sampai 5 tahun, diklasifikasi menjadi 3 penyakit, yaitu:

- a. Pneumonia berat, bila disertai napas sesak yaitu adanya tarikan dinding dada bagian bawah ke dalam pada saat anak menarik napas (pada saat diperiksa anak harus dalam keadaan tenang, tidak menangis, atau meronta).
- b. Pneumonia, bila disertai napas cepat. Batas napas cepat untuk usia 2-12 bulan adalah 50 kali per menit atau lebih dan untuk usia 1-4 tahun adalah 40 kali per menit atau lebih.
- c. Bukan pneumonia, memiliki gejala batuk pilek biasa, tidak ditemukan tarikan dinding dada bagian bawah dan tidak ada napas cepat.

Di Indonesia Pemberantasan Program Pengendalian Penyakit ISPA (P2ISPA) dimulai pada tahun 1984, bersamaan dengan dimulainya P2ISPA di tingkat global oleh WHO. Pada Lokakarya Nasional tahun 1984 dihasilkan pengembangan sistem dan pengklasifikasian ISPA (Ditjen P2MPL, 2009), antara lain:

1. ISPA ringan

Tanda dan gejalanya adalah merupakan satu atau lebih dari tanda dan gejala seperti batuk, pilek, serak yang disertai atau tanpa disertai panas atau demam, keluarnya cairan dari telinga atau congekan yang lebih dari 2 minggu tanpa ada rasa sakit pada telinga. Penatalaksanaannya cukup dengan tindakan penunjang, tanpa pengobatan anti mikroba.

2. ISPA sedang

Tanda dan gejala ISPA ringan ditambah satu atau lebih gejala berikut seperti pernapasan yang cepat lebih dari 50 kali per menit atau lebih (tanda utama) pada umur <1 tahun dan 40 kali per menit pada umur 1-5 tahun, panas 30°C atau lebih, *wheezing*, keluar cairan dari telinga dan campak. Penatalaksanaannya memerlukan pengobatan dengan anti mikroba, tetapi tidak perlu dirawat, cukup berobat jalan.

3. ISPA berat

Tanda dan gejalanya adalah ISPA ringan dan sedang di tambah satu atau lebih dari gejala seperti penarikan dada ke dalam pada saat menarik napas (tanda utama), adanya stidor atau pernapasan ngorok, serta tak mampu atau tak mau makan. Tanda dan gejala ISPA berat yang lain seperti kulit kebiruan-biruan nafas kuping hidung bergerak kembang kempis pada waktu bernapas, kejang, dehidrasi, atau tanda-tanda kekurangan cairan, kesadaran menurun dan terdapatnya selaput difteri ISPA berat harus dirawat di rumah sakit atau puskesmas yang mempunyai sarana perawatan.

Kelainan pada sistem pernapasan terutama infeksi saluran pernapasan bagian atas dan bawah, asma dan bronchitis, menempati bagian yang cukup besar pada lapangan pediatric. Infeksi saluran pernapasan bagian atas terutama yang disebabkan oleh virus, sering terjadi pada semua golongan masyarakat pada bulan-bulan musim dingin (Rasmaliah, 2004).

2.9.3. Etiologi ISPA

1. Etiologi ISPA

Etiologi ISPA terdiri dari 300 jenis bakteri dan virus. Bakteri penyebab ISPA antara lain dari genus *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Pneumococcus*, *Haemophylus*, *Bordetella*, dan *Corynebacterium*. Virus penyebab ISPA antara lain adalah golongan *Mycovirus*, *Adenovirus*, *Coronavirus*, *Pikornavirus*, *Mycoplasma*, dan *Herpesvirus*. ISPA dapat ditularkan melalui air ludah, darah, bersin, udara pernapasan yang mengandung kuman yang terhirup oleh orang sehat ke dalam saluran pernapasannya. ISPA juga dapat

diakibatkan oleh polusi udara. ISPA akibat polusi udara adalah ISPA yang disebabkan oleh faktor risiko polusi udara seperti asap rokok, asap pembakaran di rumah tangga, gas buang sarana transportasi dan industri, kebakaran hutan, dan lain-lain. (Ditjen P2MPL, 2009).

2. Etiologi Pneumonia

Etiologi pneumonia sukar untuk diterapkan karena dahak biasanya sukar untuk diperoleh. Sedangkan prosedur pemeriksaan imunologi belum memberikan hasil yang memuaskan untuk menentukan adanya bakteri sebagai penyebab pneumonia. Hanya bahkan dari aspirat paru serta pemeriksaan spesimen darah yang dapat diandalkan untuk membantu penetapan etiologi pneumonia.

Menurut WHO, penelitian di berbagai Negara juga menunjukkan bahwa di Negara berkembang *Streptococcus pneumoniae* dan *Haemophilus influenzae* merupakan bakteri yang selalu ditemukan pada 2/3 (dua per tiga) dari hasil isolasi yaitu 73,9% aspirat paru dan 69,1% hasil isolasi dari specimen darah. Bakteri merupakan penyebab utama dari Pneumonia pada balita. Diperkirakan besarnya persentase bakteri sebagai penyebabnya adalah sebesar 50%. (Kanra, 1997).

2.9.4. Patofisiologi ISPA

Perjalanan klinis penyakit ISPA dimulai dengan interaksi antara virus dengan tubuh. Masuknya virus sebagai antigen ke saluran pernapasan menyebabkan silia yang terdapat pada permukaan saluran napas bergerak ke atas mendorong virus ke arah faring atau dengan suatu tangkapan refleks spasmus oleh laring. Jika refleks tersebut gagal maka virus dapat merusak lapisan epitel dan lapisan mukosa saluran pernapasan. Iritasi virus pada kedua lapisan tersebut menyebabkan timbulnya batuk kering.

Kerusakan struktur lapisan dinding saluran pernapasan menyebabkan peningkatan aktifitas kelenjar mukus, yang banyak terdapat pada dinding saluran pernapasan. Hal ini mengakibatkan terjadinya pengeluaran cairan mukosa yang melebihi normal. Rangsangan cairan yang berlebihan tersebut dapat menimbulkan

gejala batuk sehingga pada tahap awal gejala ISPA yang paling menonjol adalah batuk.

Adanya infeksi virus merupakan faktor predisposisi terjadinya infeksi sekunder bakteri. Akibat infeksi virus tersebut terjadi kerusakan mekanisme mukosiliaris yang merupakan mekanisme perlindungan pada saluran pernapasan terhadap infeksi bakteri sehingga memudahkan bakteri-bakteri patogen yang terdapat pada saluran pernapasan atas seperti *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, dan *Staphylococcus* menyerang mukosa yang telah rusak tersebut. Infeksi sekunder bakteri ini menyebabkan sekresi mukus bertambah banyak dan dapat menyumbat saluran pernapasan sehingga timbul sesak napas dan batuk yang produktif.

Invasi bakteri ini dipermudah dengan adanya faktor-faktor seperti cuaca dingin dan malnutrisi. Suatu laporan penelitian menyebutkan bahwa dengan adanya suatu serangan infeksi virus pada saluran pernapasan dapat menimbulkan gangguan gizi akut pada bayi dan anak. Virus yang menyerang saluran napas atas dapat menyebar ke tempat-tempat lain dalam tubuh, sehingga dapat menyebabkan kejang, demam, dan juga dapat menyebar ke saluran napas bawah. Dampak infeksi sekunder bakteri juga menyebabkan bakteri-bakteri yang biasanya ditemukan di saluran napas atas dapat menyerang saluran napas bawah seperti paru-paru sehingga menyebabkan pneumonia bakteri.

Pemanganan penyakit saluran pernapasan pada anak harus memperhatikan aspek imunologis saluran pernapasan terutama dalam hal sistem imun di saluran pernapasan yang sebagian besar terdiri dari mukosa, tidak sama dengan sistem imun sistemik pada umumnya. Sistem imun saluran pernapasan yang terdiri dari folikel dan jaringan limfoid yang tersebar, merupakan ciri khas sistem imun mukosa. Ciri khas berikutnya adalah IgA memegang peranan pada saluran pernapasan bagian atas sedangkan IgG pada saluran pernapasan bagian bawah. Diketahui juga bahwa sekretori IgA (sIgA) sangat berperan dalam mempertahankan integritas mukosa saluran napas.

Melalui uraian di atas, perjalanan klinis penyakit ISPA dapat dibagi menjadi periode prepatogenesis dan pathogenesis.

1. Periode prepatogenesis, dimana penyebab telah ada tetapi belum menunjukkan reaksi apa-apa. Pada periode ini terjadi interaksi antara agen dan lingkungan serta antara host dan lingkungan.
 - a. Interaksi antara agen dan lingkungan mencakup pengaruh geografis terhadap perkembangan agen serta dampak perubahan cuaca terhadap penyebaran virus dan bakteri penyebab ISPA.
 - b. Interaksi antara host dan lingkungan mencakup pencemaran lingkungan seperti asap karena kebakaran hutan, gas buang sarana transportasi dan polusi udara dalam rumah dapat menimbulkan penyakit ISPA jika terhirup oleh host.
2. Periode pathogenesis, terdiri dari tahap inkubasi, tahap penyakit dini, tahap penyakit lanjut dan tahap penyakit akhir.
 - a. Tahap inkubasi, dimana agen penyebab ISPA merusak lapisan epitel dan lapisan mukosa yang merupakan pelindung utama pertahanan sistem saluran pernapasan. Akibatnya, tubuh menjadi lemah diperparah dengan keadaan gizi dan daya tahan tubuh yang rendah.
 - b. Tahap penyakit dini, dimulai dengan gejala-gejala yang muncul akibat adanya interaksi.
 - c. Tahap penyakit lanjut, merupakan tahap dimana diperlukan pengobatan yang tepat untuk menghindari akibat lanjut yang kurang baik.
 - d. Tahap penyakit akhir, dimana penderita dapat sembuh sempurna, sembuh dengan ateletaksis, menjadi kronis, dan dapat meninggal akibat pneumonia.

Secara umum, efek pencemaran udara terhadap saluran pernapasan dapat menyebabkan pergerakan silia hidung menjadi lambat dan kaku bahkan dapat berhenti sehingga tidak dapat membersihkan saluran pernapasan akibat iritasi oleh bahan pencemar. Produksi lendir akan meningkat sehingga dapat menyebabkan penyempitan saluran pernapasan dan rusaknya sel pembunuh bakteri di saluran pernapasan. Akibat hal tersebut akan menyebabkan kesulitan bernapas sehingga

benda asing tertarik dari bakteri lain tidak dapat dikeluarkan dari saluran pernapasan. Hal ini akan memudahkan terjadinya infeksi saluran pernapasan.

2.9.5. Faktor Risiko ISPA

Menurut WHO (1992) beberapa faktor yang telah diketahui mempengaruhi Pneumonia dan kematian ISPA adalah:

- a. Malnutrisi
- b. Pemberian ASI yang kurang
- c. Imunisasi tidak lengkap
- d. Berat Badan Lahir Rendah (BBLR)
- e. Defisiensi vitamin A
- f. Umur muda
- g. Kepadatan hunian
- h. Udara dingin
- i. Jumlah bakteri di tenggorokan yang banyak
- j. Terpapar polusi udara oleh asap rokok dan gas beracun

Secara umum faktor risiko dapat dikelompokkan menjadi faktor diri (*host*) dan faktor lingkungan (Koch *et al*, 2003), sebagai berikut:

1. Faktor diri (*host*)
 - a. Usia

Kebanyakan infeksi saluran pernapasan sering diderita anak usia di bawah 3 tahun, terutama bayi kurang dari 1 tahun. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa anak pada usia muda akan lebih sering menderita ISPA daripada usia lanjut.

- b. Jenis Kelamin

Meskipun secara keseluruhan di negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, masalah ini tidak terlalu menjadi perhatian. Namun, banyak penelitian yang menunjukkan adanya perbedaan prevalensi penyakit ISPA terhadap jenis kelamin tertentu. Angka kesakitan ISPA sering terjadi pada

usia kurang dari 2 tahun, dimana angka kesakitan ISPA anak perempuan lebih tinggi daripada laki-laki di Negara Denmark (Koch *et al*, 2003).

c. Status Gizi

Interaksi antara infeksi dan Kekurangan Kalori Protein (KKP) telah lama dikenal, sebagai keadaan sinergistik yang saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Pada KKP, ketahanan tubuh menurun dan virulensi pathogen lebih kuat sehingga menyebabkan keseimbangan yang terganggu dan akan terjadi infeksi. Salah satu determinan utama dalam mempertahankan keseimbangan tersebut adalah status gizi anak.

d. Status Imunisasi

Ketidapatuhan imunisasi berhubungan dengan peningkatan penderita ISPA walaupun tidak bermakna. Hal ini sesuai dengan penelitian lain yang mendapatkan bahwa imunisasi yang lengkap memberikan peranan yang cukup berarti dalam mencegah kejadian ISPA (Koch *et al*, 2003).

e. Pemberian Suplemen vitamin A

Pemberian vitamin A pada balita sangat berperan untuk masa pertumbuhan, daya tahan tubuh, dan kesehatan terutama penglihatan, reproduksi, sekresi mucus dan untuk mempertahankan sel epitel yang mengalami diferensiasi.

f. Pemberian Air Susu Ibu (ASI)

ASI adalah makanan yang paling baik untuk bayi terutama pada bulan-bulan pertama kehidupannya. ASI bukan hanya merupakan sumber nutrisi bagi bayi tetapi juga zat antimikroorganisme yang kuat karena adanya beberapa faktor yang bekerja secara sinergis membentuk sistem biologis. ASI dapat memberikan imunisasi pasif melalui penyampaian antibodi dan sel-sel imunokompeten ke permukaan saluran pernafasan atas.

2. Faktor lingkungan

a. Rumah

Rumah merupakan struktur fisik, dimana orang menggunakannya untuk tempat berlindung yang dilengkapi dengan fasilitas dan pelayanan yang diperlukan, perlengkapan yang berguna untuk kesehatan jasmani, rohani dan keadaan sosialnya yang baik untuk keluarga dan individu.

Anak-anak yang tinggal di apartemen memiliki faktor resiko lebih tinggi menderita ISPA daripada anak-anak yang tinggal di rumah *cluster* di Denmark (Koch *et al*, 2003).

b. Kepadatan hunian (*crowded*)

Kepadatan hunian seperti luar ruang per orang, jumlah anggota keluarga, dan masyarakat diduga merupakan faktor risiko untuk ISPA. Penelitian oleh Koch *et al* (2003) membuktikan bahwa kepadatan hunian (*crowded*) mempengaruhi secara bermakna prevalensi ISPA berat.

c. Status sosioekonomi

Telah diketahui bahwa kepadatan penduduk dan tingkat sosioekonomi yang rendah mempunyai hubungan yang erat dengan kesehatan masyarakat. Tetapi status keseluruhan tidak ada hubungan antara status ekonomi dengan insiden ISPA, akan tetapi didapatkan korelasi yang bermakna antara kejadian ISPA berat dengan rendahnya status sosioekonomi.

d. Kebiasaan merokok

Pada keluarga yang merokok, secara statistik anaknya mempunyai kemungkinan terkena ISPA 2 kali lipat dibandingkan dengan anak dari keluarga yang tidak merokok. Selain itu dari penelitian lain didapat bahwa episode ISPA meningkat 2 kali lipat akibat orang tua merokok (Koch *et al*, 2003)

e. Polusi udara

Diketahui bahwa penyebab terjadinya ISPA dan penyakit gangguan pernapasan lain adalah rendahnya kualitas udara didalam rumah ataupun diluar rumah baik secara biologis, fisik maupun kimia. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh pusat penelitian kesehatan Universitas Indonesia untuk mengetahui efek pencemaran udara terhadap gangguan saluran pernafasan pada siswa sekolah dasar (SD) dengan membandingkan antara mereka yang tinggal di wilayah pencemaran udara tinggi dengan siswa yang tinggal di wilayah pencemaran udara rendah di Jakarta. Dari hasil penelitian tidak ditemukan adanya perbedaan kejadian baru atau insiden penyakit atau gangguan saluran pernafasan pada siswa SD di kedua wilayah pencemaran udara. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pencemaran menjadi tidak berbeda dengan wilayah dengan tingkat pencemaran tinggi sehingga tidak ada lagi tempat yang aman untuk semua orang untuk tidak menderita gangguan saluran pemapasan. Hal ini menunjukkan bahwa polusi udara sangat berpengaruh terhadap terjadinya penyakit ISPA.

Adanya ventilasi rumah yang kurang sempurna dan asap tungku di dalam rumah seperti yang terjadi di Negara Zimbabwe akan mempermudah terjadinya ISPA anak.

2.9.6. Pengaruh Iklim terhadap Kejadian ISPA

Udara bukan merupakan tempat hidup alamiah sebagian besar mikroorganismenya, sehingga bentuk vegetatif akan lekas musnah terutama di udara bebas. Spora-spora dan virus merupakan jenis mikroorganismenya yang dapat lebih bertahan di udara bebas. Lamanya mikroorganismenya berada di udara tergantung kecepatan angin serta kelembaban udara, sedangkan jumlahnya sangat ditentukan oleh aktivitas/keadaan lingkungan yang ada. (Slamet, 2000)

Kelembaban udara rendah dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan epitel saluran nafas dan atau mengurangi bersihan siliamukosa, sehingga meningkatkan risiko terinfeksi virus influenza. Selain itu, lapisan virion pada virus influenza, dimana stabilitas virus ini mencapai nilai maksimal pada kelembaban relatif yang

rendah (20-40%) dan kestabilan minimum pada kondisi dengan kelembaban relatif yang sedang (50%) dan tinggi (60-80%). Kedua teori jelas saling berhubungan, dimana pada kelembaban yang rendah, penyebaran virus influenza di udara terbuka sangat baik.

Berdasarkan hasil penelitian untuk hubungannya dengan suhu udara, dijelaskan bahwa efektivitas perpindahan virus mencapai nilai paling efektif (100%) terjadi pada suhu 5°C dengan kelembaban relatif 35%. Efektivitas perpindahan virus berkurang seiring dengan peningkatan suhu, dimana nilainya mencapai 0% pada suhu 30°C, dengan kelembaban relatif 35%. Pada suhu 5°C, perlindungan terhadap virus mencapai nilai maksimal. Selain faktor kestabilan virus, suhu yang rendah juga membuat perlindungan tubuh menurun, melalui pengurangan frekuensi gerak silia saluran napas.

Dari beberapa teori di atas maka daerah dengan kelembaban rendah, seperti daerah beriklim subtropis memiliki potensi penularan virus influenza lebih besar dibandingkan dengan daerah tropis. Pada daerah subtropis, baik di belahan bumi bagian utara maupun selatan, puncak prevalensi terjadinya influenza terjadi pada musim dingin. Suhu yang rendah pada musim dingin meningkatkan viskositas lapisan mukosa pada saluran napas dan mengurangi gerakan silia, sehingga meningkatkan penyebaran virus influenza di saluran napas.

Oleh karena belahan bumi utara dan selatan mengalami musim dingin pada waktu yang berbeda, maka pada satu tahun terdapat dua musim influenza, yaitu pada musim dingin di bumi utara serta musim dingin di bumi selatan. Hal ini menyebabkan WHO merekomendasikan dua macam vaksin influenza setiap tahunnya, untuk belahan bumi utara dan selatan. Sedangkan pada daerah tropis, puncak prevalensi terjadinya influenza terjadi pada musim hujan. (Viboud, 2006)

Salah satu alasan mengapa puncak prevalensi terjadinya influenza terjadi pada musim dingin di daerah subtropis serta pada musim hujan di daerah tropis adalah karena hubungannya dengan vitamin D yang dianggap berperan dalam imunitas terhadap virus influenza. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Robert Edgar Hope-Simpson pada tahun 1965, pandemi yang terjadi pada musim dingin maupun musim hujan berhubungan dengan kadar vitamin D, karena proses pembentukan vitamin D di kulit memerlukan sinar ultraviolet dari matahari.

Berkurangnya intensitas sinar matahari pada saat musim dingin dan musim hujan menyebabkan berkurangnya pembentukan vitamin D. (JJ, 2006)

2.10. Situasi Epidemiologi ISPA di Indonesia

Menurut Survei Demografi Kesehatan Indonesia (SDKI) tahun 1991 menggambarkan bahwa peralatan ISPA sebesar 9,8%, tahun 1994 10 % dan tahun 1997 sebesar 9%. Hal ini menunjukkan terjadi penurunan prevalensi, tetapi pada kelompok usia 48-59 bulan pada tahun yang sama menunjukkan peningkatan prevalensi. Data rekapitulasi kunjungan ke Puskesmas dan Rumah Sakit akibat ISPA di Indonesia tahun 1998 adalah 694.542 kasus untuk puskesmas dan 72.782 untuk rumah sakit, dengan jumlah kematian sebesar 1.386 orang. Sedangkan untuk Provinsi Jawa barat pada tahun 1998 berdasarkan kunjungan puskesmas ternyata ada 212.690 kasus ISPA dan untuk kunjungan rumah sakit untuk kasus yang sama adalah 21.609 kasus dengan jumlah kematian 405 orang (Depkes RI, 2002).

Di Indonesia penyakit ISPA saluran pernapasan masih merupakan penyebab kematian termasuk kematian balita. Kejadian ISPA di Indonesia diperkirakan antara 10-20% pertahun (Depkes RI, 2002). Program pemberantasan ISPA menetapkan angka 10% untuk penemuan penderita ISPA balita per tahun dalam suatu wilayah kerja. Diperkirakan apabila penderita ISPA tidak diberi pengobatan yang benar maka dari seluruh kasus ISPA akan menjadi kematian sekitar kurang lebih 10% untuk penemuan penderita ISPA balita per tahun dalam suatu wilayah kerja. Diperkirakan apabila penderita ISPA tidak diberi pengobatan yang benar, maka dari seluruh kasus ISPA akan terjadi kematian sekitar kurang lebih 10%. Program pemberantasan ISPA memprediksi secara nasional angka kematian akibat ISPA adalah 5 per seribu kelahiran hidup (15.000 per tahun).

Data epidemiologis kasus ISPA/Pneumonia di Indonesia berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007, menunjukkan prevalensi nasional ISPA 25,5% (16 provinsi di atas angka nasional), angka kesakitan (morbiditas) Pneumonia bayi 2,2%, angka kesakitan (morbiditas) Pneumonia balita 3%, kematian bayi karena Pneumonia (mortalitas) 23,8%, atau kematian balita karena Pneumonia (mortalitas) 15,5%. Kondisi pada tahun 2003, tak berbeda jauh dengan

kondisi tahun 2007. Berdasarkan Riskesdas tahun 2003, penyebab kematian pada umur 1-4 tahun adalah Pneumonia (ISPA) sebesar 15,5%, diare 25,5%, campak 5,8%, dan DBD 6,8%.

2.11. Studi Ekologi

Studi ekologi adalah salah satu rancangan studi yang berfokus pada perbandingan dan pengamatan kelompok atau populasi tertentu pada suatu tempat tertentu. Studi ini termasuk dalam studi “*in complete*” karena hilangnya informasi mengenai distribusi gabungan (*joint distribution*) dari dua atau lebih variabel.

Tingkat pengukuran studi ekologi terdiri dari (Sriatmi, 2011):

1. Ukuran agregat (*Agregate measure*)
Merupakan rangkuman atau ringkasan hasil observasi dari karakteristik individu pada setiap kelompok. Contohnya, rata-rata penghasilan keluarga, proporsi perokok, insiden kanker paru, dan prevalensi kejadian tuberculosis.
2. Ukuran lingkungan (*Environmental measure*)
Merupakan karakteristik lingkungan dari tempat tinggal atau tempat kerja penduduk. Contohnya, kadar pencemaran udara, tingkat polusi, lama terpajan panas matahari, dan lain-lain.
3. Ukuran global (*Global measure*)
Merupakan sifat dari kelompok atau organisasi atau tempat yang tidak memiliki ukuran (*analog*) yang jelas pada tingkat individu. Contohnya, kepadatan penduduk, ada tidaknya peraturan atau undang-undang tertentu, jenis pelayanan kesehatan, dan lain-lain.

Jenis-jenis studi ekologi, antara lain (Sriatmi, 2011):

1. *Exploratory/Mapping Study*
Contoh jenis ini pada studi yang membandingkan rata-rata kematian akibat kanker pada warga Amerika Serikat keturunan Jepang dan orang kulit putih di Amerika.

2. *Multiple Group Study*

Jenis studi ini bertujuan untuk melihat hubungan antara frekuensi pajanan atau tingkat pajanan rata-rata dengan frekuensi atau rata-rata kejadian penyakit pada beberapa kelompok. Pengelompokan dilakukan berdasarkan tempat.

3. *Time trend (Time series) Study*

Jenis studi ini bertujuan untuk melihat hubungan antara perubahan frekuensi atau rata-rata pajanan dengan frekuensi atau rata-rata penyakit pada suatu populasi dalam perjalanan waktu. Unit analisis pada jenis studi ini adalah populasi pada suatu waktu yang dibandingkan dengan populasi yang sama dalam waktu yang berbeda. Pengelompokan didasarkan pada waktu

4. *Mixed Design*

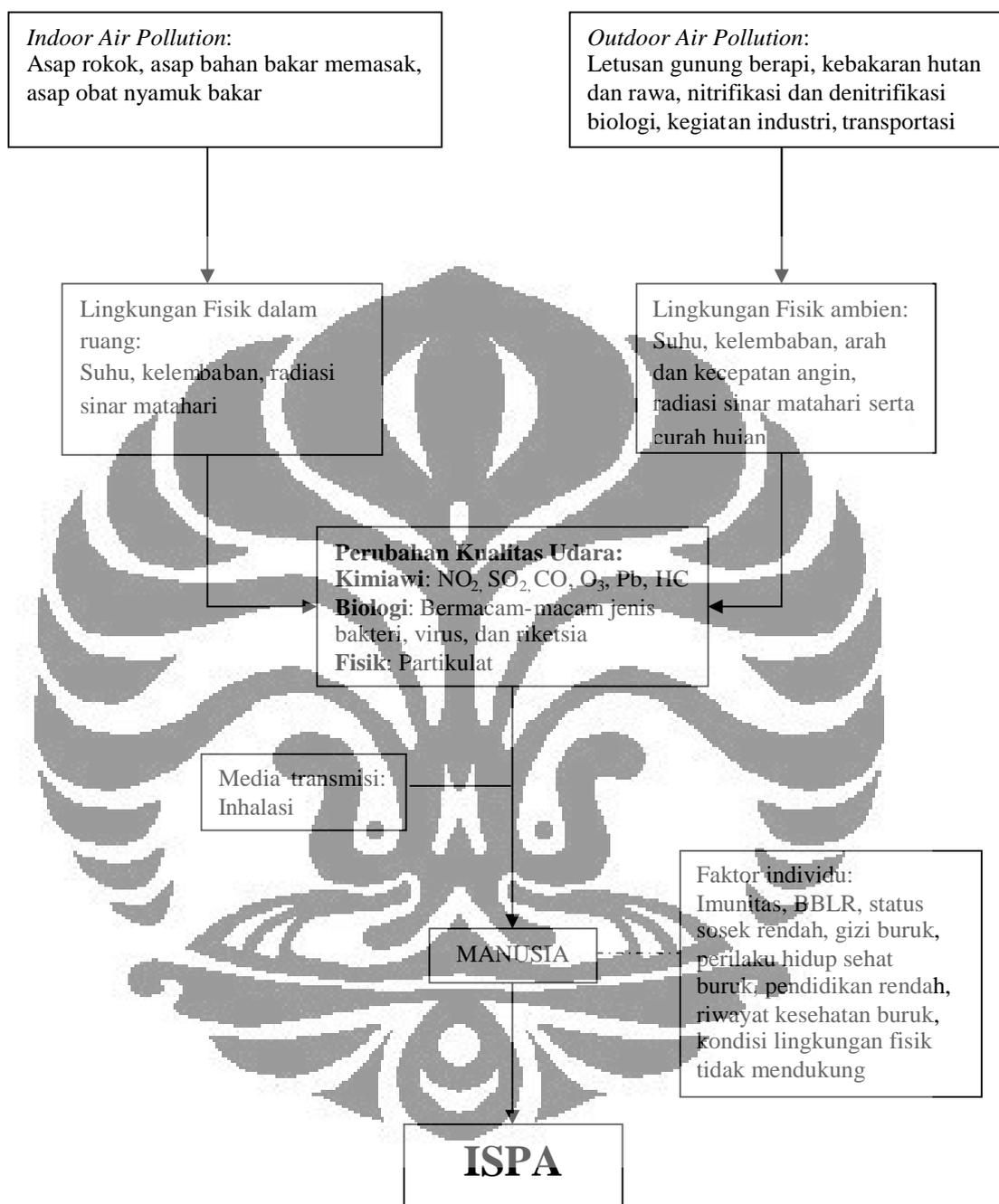
Rancangan ini merupakan gabungan *Multiple group study* dan *Time trend study*, yang berarti bahwa populasi yang berbeda diikuti dalam periode tertentu. Tujuan rancangan ini untuk melihat hubungan antara perubahan frekuensi atau rata-rata pajanan dengan perubahan frekuensi atau rata-rata penyakit pada beberapa kelompok populasi yang berbeda dalam suatu periode tertentu. Pengelompokan berdasarkan tempat dan waktu

BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Teori

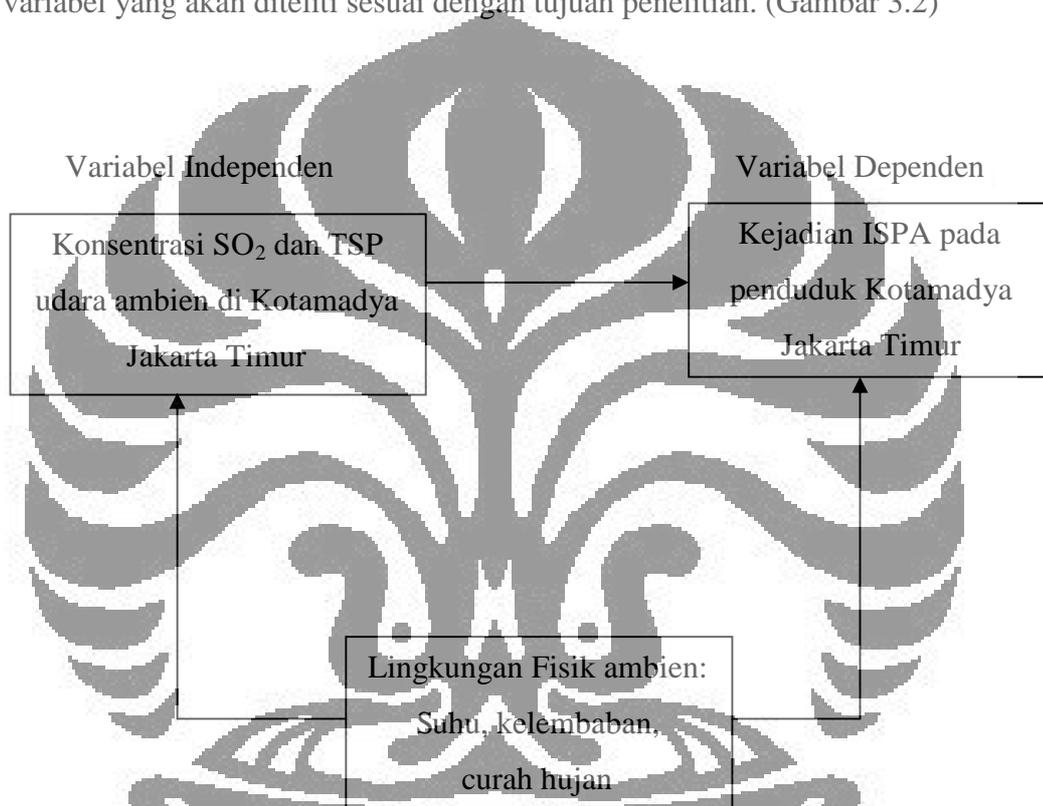
Pencemaran udara dapat terjadi di dalam ruangan (*indoor air pollution*) dan di luar ruangan (*outdoor air pollution*). *Indoor air pollution* dapat bersumber dari asap rokok, asap bahan bakar memasak, dan asap obat nyamuk bakar, sedangkan *outdoor air pollution* dapat berasal dari letusan gunung berapi, kebakaran hutan dan rawa, nitrifikasi dan denitrifikasi biologi, kegiatan industri, transportasi. Pencemar udara yang bersifat kimiawi seperti NO_x, SO_x, PM₁₀, CO, TSP, Pb, *dustfall* dan O₃, sedangkan pencemar udara yang bersifat biologis seperti bermacam-macam jenis bakteri, virus dan riketsia. Keberadaan zat pencemar di udara dipengaruhi oleh faktor lingkungan fisik baik ambien maupun dalam ruang, seperti seperti suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin, radiasi sinar matahari serta curah hujan. Udara yang telah tercemar dapat berdampak pada kesehatan manusia, yaitu timbulnya penyakit ISPA pada manusia. Penyakit ISPA terjadi karena terdapat infeksi pada saluran pernapasan. Infeksi dapat disebabkan oleh mikroorganisme yang terbawa oleh udara yang dihirup atau zat pencemar yang mengendap pada saluran pernapasan. Faktor manusia seperti imunitas, Berat Badan Lahir Rendah (BBLR), gizi buruk, perilaku hidup sehat buruk, pendidikan rendah, status sosial ekonomi rendah, riwayat kesehatan buruk, dan kondisi lingkungan fisik. Faktor lingkungan fisik seperti, seperti suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin, radiasi sinar matahari serta curah hujan secara tidak langsung juga dapat mempengaruhi kejadian ISPA karena berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme penyebab ISPA. (Gambar 3.1)



Gambar 3.1 Kerangka Teori

3.2. Kerangka Konsep

Penyakit ISPA disebabkan oleh berbagai faktor, tetapi tidak semua faktor diteliti dalam penelitian ini. Penelitian ini hanya difokuskan pada hubungan konsentrasi SO_2 , TSP, suhu, kelembaban, dan curah hujan dengan kejadian ISPA serta hubungan suhu, kelembaban, dan curah hujan dengan konsentrasi SO_2 dan TSP di wilayah Kotamadya Jakarta Timur 2008-2010. Berdasarkan kerangka teori yang ada maka dapat dirumuskan kerangka konsep berdasarkan variabel-variabel yang akan diteliti sesuai dengan tujuan penelitian. (Gambar 3.2)



Gambar 3.2 Kerangka Konsep

3.3. Definisi Operasional

Berdasarkan kerangka konsep (Gambar 3.2) yang telah dibuat, maka akan dibuat definisi operasional dari variabel-variabel yang akan dilakukan pengukuran. (Tabel 3.3)

Tabel 3.3. Definisi operasional faktor risiko dari kejadian penyakit

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara ukur	Alat ukur	Hasil ukur	Skala ukur
Kejadian Penyakit						
1.	ISPA	Penyakit infeksi yang terbagi menjadi Pneumonia, Pneumonia berat, dan Non pneumonia oleh Program P2ISPA. (Depkes, 2001)	Observasi data sekunder laporan bulanan Suku Dinas Kesehatan Masyarakat Jakarta Timur	Diagnosis paramedis	Jumlah kasus	Rasio
Faktor risiko						
1.	SO ₂	Gas tidak berwarna, dengan bau khas dan mencekik, mudah larut dalam air (ATSDR, 1998)	Observasi data sekunder laporan bulanan BPLHD Provinsi DKI Jakarta	<i>Pararosanilin</i>	µm/m ³	Rasio
2.	TSP	Zat padat yang tersuspensi di udara dengan ukuran 0.3 µm-100 µm (BPLHD, 2007)	Observasi data sekunder laporan bulanan BPLHD Provinsi DKI Jakarta	Gravimetri	µm/m ³	Rasio
3.	Suhu	Ukuran kinetik rata-rata dari pergerakan molekul-molekul, (BMKG)	Observasi data sekunder laporan bulanan BMKG Provinsi DKI Jakarta	Termometer	°C	Rasio
4.	Kelembaban	Banyaknya kandungan uap air di atmosfer (BMKG)	Observasi data sekunder laporan bulanan BMKG Provinsi DKI Jakarta	Hygrometer	%	Rasio
7.	Curah hujan	Jumlah rata-rata air hujan yang turun ke bumi (BMKG)	Observasi data sekunder laporan bulanan BMKG Provinsi DKI Jakarta	<i>Hellman</i>	mm	Rasio

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. Desain studi

Desain studi yang digunakan adalah desain studi ekologi menurut waktu. Studi ekologi menurut waktu adalah pengamatan kecenderungan (*trend*) jumlah kasus (kejadian) pada satu atau lebih kelompok dalam jangka waktu tertentu (Noor dalam Yunita 2010). Pada penelitian ini digunakan desain studi ekologi menurut waktu (*time trend*) selama 3 periode, mulai dari tahun 2008, 2009, dan 2010 dengan unit analisis bulanan. Analisis hubungan dilakukan dengan menggunakan metode analisis korelasi. Dengan desain penelitian tersebut diharapkan diketahui hubungan tingkat konsentrasi SO₂ dan TSP, suhu, kelembaban, dan curah hujan terhadap kejadian ISPA dan hubungan suhu, kelembaban dan curah hujan dengan penyebaran SO₂ dan TSP pada penduduk di wilayah Jakarta Timur. Data yang dimanfaatkan adalah data sekunder yang berasal dari berbagai sumber.

4.2. Rancangan Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah seluruh populasi di wilayah Kota Administrasi Jakarta Timur dengan tersangka kasus ISPA pada tahun 2008, 2009, dan 2010 yang tercatat di Suku Dinas Kesehatan (SudinKes) Masyarakat Jakarta Timur. Sedangkan untuk faktor risiko merupakan hasil pengukuran tingkat konsentrasi SO₂ dan TSP pada tahun 2008, 2009, dan 2010 di wilayah Jakarta Timur yang tercatat di Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi DKI Jakarta. Sampel faktor risiko untuk suhu, kelembaban, serta curah hujan merupakan hasil pengukuran yang dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Halim Perdana Kusuma di Kota Administrasi Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010.

4.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari instansi terkait.

- Data kasus ISPA menggunakan data sekunder yang diperoleh dari SudinKes Jakarta Timur dalam kurun waktu 3 tahun, yaitu dimulai dari tahun 2008, 2009, dan 2010. Data-data tersebut merupakan hasil rekapitulasi seluruh data Puskesmas kecamatan Jakarta Timur menjadi Laporan Bulanan Program P2ISPA Kotamadya Jakarta Timur Provinsi DKI Jakarta. Penyakit ISPA pada laporan bulanan P2ISPA, dibagi menjadi Pneumonia, Pneumonia Berat dan Bukan Pneumonia. Dalam penelitian ini juga digunakan data kejadian ISPA yang tergolong dalam Pneumonia, Pneumonia Berat dan Bukan Pneumonia.
- Data variabel untuk SO_2 dan TSP menggunakan data sekunder yang diperoleh dari BPLHD Provinsi DKI Jakarta. Data-data tersebut berasal dari hasil pengukuran kualitas udara ambien yang dilakukan oleh BPLHD pada tahun 2008, 2009, dan 2010 dari Stasiun Pemantau Udara di PT. JIEP, Jakarta Timur.
- Data suhu, kelembaban, serta curah hujan juga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari BMG wilayah II Ciputat Provinsi DKI Jakarta. Data-data tersebut merupakan hasil pengukuran harian yang dilakukan oleh BMG di daerah Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010 melalui Stasiun Meteorologi Halim Perdana Kusuma.

4.4. Analisis Data

Data kasus ISPA didapatkan dalam bentuk data bulanan per kecamatan yang diolah menjadi data tahunan. Data konsentrasi SO_2 dan TSP didapatkan dalam bentuk data bulanan yang diolah menjadi data tahunan. Sedangkan data suhu, kelembaban, dan curah hujan yang berbentuk data harian juga diolah menjadi data tahunan. Selanjutnya data dianalisis dengan program statistik di Laboratorium FKMUI.

4.4.1. Persiapan Analisis

Data yang terkumpul dari hasil wawancara dan observasi dilakukan pengolahan data dengan menggunakan program statistik pada computer. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut :

1. Menyunting Data (*Data Editing*)

Suatu proses yang dilakukan untuk mengetahui kesalahan data yang diperoleh di lapangan.

2. Mengkode Data (*Data Coding*)

Memberikan kode dan mengklasifikasikan data. Proses *coding* bertujuan untuk memberikan kode terhadap data yang masih mentah dari lapangan agar memudahkan dalam memasukkan data (*entry data*) serta menganalisisnya.

3. Memasukkan data (*Data Entry*)

Proses *entry data* adalah suatu proses memasukkan data yang telah di edit dan di *coding* ke dalam komputer dengan program SPSS

4. Membersihkan data (*Data Cleaning*)

Cleaning data adalah suatu proses pembersihan data dengan maksud untuk mengontrol data yang ekstrim agar tidak mengganggu dalam pengolahan data terutama dalam perhitungan statistic

4.4.2. Analisis Univariat

Analisis univariat secara statistik digunakan untuk mengetahui distribusi frekuensi dari masing-masing variabel dalam penelitian ini yaitu tingkat konsentrasi SO₂, TSP, suhu, kelembaban, curah hujan serta kejadian ISPA pada penduduk di wilayah Jakarta Timur menurut waktu.

4.4.3. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk melihat hubungan antara tingkat konsentrasi SO_2 , TSP, suhu, kelembaban, curah hujan dengan kejadian ISPA pada penduduk serta hubungan antara SO_2 , TSP dengan suhu, kelembaban, curah hujan di wilayah Jakarta Timur dalam kurun waktu 3 tahun. Pada analisis bivariat dilakukan uji normalitas data untuk menentukan uji yang digunakan. Berdasarkan hasil uji normalitas apabila data berdistribusi normal maka digunakan uji korelasi *Pearson* untuk melihat hubungan dua variabel sedangkan bila terdapat data berdistribusi tidak normal maka digunakan uji *Spearman* untuk melihat hubungan dua variabel. Nilai korelasi (r) berkisar 0 s.d 1 atau bila dengan disertai arahnya nilainya -1 s.d +1.

$r = 0$	→	tidak ada hubungan linier
$r = -1$	→	hubungan linier negative sempurna
$r = +1$	→	hubungan linier positif sempurna

Selain untuk mengetahui derajat/keeratan hubungan, korelasi dapat juga untuk mengetahui arah hubungan dua variabel. Hubungan dapat berpola positif maupun negatif. Hubungan positif terjadi bila kenaikan suatu variabel diikuti kenaikan variabel lain. Sedangkan hubungan negatif dapat terjadi bila kenaikan suatu variabel diikuti penurunan variabel lain. Kekuatan hubungan dua variabel secara kualitatif dapat dibagi dalam 5 area, yaitu:

$r = 0,00-0,199$	→	hubungan sangat lemah
$r = 0,20-0,399$	→	hubungan lemah
$r = 0,40-0,599$	→	hubungan sedang
$r = 0,60-0,799$	→	hubungan kuat
$r = 0,8-1,000$	→	hubungan sangat kuat

BAB 5 HASIL PENELITIAN

5.1. Keadaan Wilayah Studi

5.1.1. Keadaan Geografi

Kota Administrasi Jakarta Timur merupakan bagian wilayah provinsi DKI Jakarta yang terletak antara 106°10'37" Bujur Timur dan 06°10'37" Lintang Selatan, memiliki luas wilayah 187,75 Km². Luas wilayah itu merupakan 28,37% wilayah Provinsi DKI Jakarta 661,62 Km².

Wilayah Kota Administrasi memiliki batas wilayah, sebagai berikut:

- sebelah Utara berbatasan dengan Kota Administrasi Jakarta Utara dan Jakarta Pusat
- sebelah Timur berbatasan dengan Kotamadya Bekasi (Provinsi Jawa Barat)
- sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Bogor (Provinsi Jawa Barat)
- sebelah Barat berbatasan dengan Kota Administrasi Jakarta Selatan

Kota Administrasi Jakarta Timur merupakan wilayah dataran rendah yang letaknya tidak jauh dari pantai, tercatat 5 sungai yang mengalir kota ini, antara lain Sungai Ciliwung, Sungai Sunter, Kali Malang, Kali Cipinang dan *Cakung Drain* di bagian utara wilayah ini. (BPS Kota Administrasi Jakarta Timur, 2008)

5.1.2. Pemerintahan

Kota Administrasi Jakarta Timur adalah salah satu wilayah administrasi di bawah Provinsi DKI Jakarta dengan jumlah penduduk 2.413.875 jiwa (2008). Administrasi pemerintahan Kota Administrasi Jakarta Timur dibagi kedalam 10 kecamatan dan 65 kelurahan yang merupakan wilayah administrasi. Kecamatan Cakung merupakan wilayah kecamatan terbesar di Jakarta timur dan Kecamatan Matraman merupakan wilayah kecamatan terkecil.

Di bawah ini nama-nama kecamatan dan kelurahan yang terdapat di Kota Administrasi Jakarta Timur:

Tabel 5.1: Daftar Kecamatan dan Kelurahan di Kotamadya Jakarta Timur

No	Nama Kecamatan	Nama Kelurahan	Luas per kelurahan (Km ²)	Luas Total (Km ²)
1.	Kec. Matraman	Kel. Kebon Manggis	0,78	4,85
		Kel. Pal Meriam	0,65	
		Kel. Pisangan Baru	0,68	
		Kel. Kayu Manis	0,57	
		Kel. Utan Kayu Selatan	1,12	
		Kel. Utan Kayu Utara	1,05	
2.	Kec. Pulogadung	Kel. Pisangan Timur	1,80	15,61
		Kel. Cipinang	1,54	
		Kel. Jatinegara Kaum	1,23	
		Kel. Jati	2,15	
		Kel. Rawamangun	2,60	
		Kel. Pulogadung	1,92	
		Kel. Kayu Putih	4,37	
3.	Kec. Jatinegara	Kel. Bidara Cina	1,26	10,64
		Kel. Cipinang Cempedak	1,67	
		Kel. Cipinang Besar Selatan	1,63	
		Kel. Cipinang Muara	2,90	
		Kel. Cipinang Besar Utara	1,15	
		Kel. Rawa Bunga	0,88	
		Kel. Bali Mester	0,67	
		Kel. Kampung Melayu	0,48	
4.	Kec. Duren Sawit	Kel. Pondok Bambu	4,99	22,80
		Kel. Duren Sawit	4,58	
		Kel. Pondok Kelapa	5,72	
		Kel. Pondok Kopi	2,06	
		Kel. Malaka Sari	0,99	
		Kel. Malaka Jaya	1,38	
		Kel. Klender	3,08	
5.	Kec. Kramat Jati	Kel. Bale Kambang	1,67	13,34
		Kel. Batu Ampar	2,55	
		Kel. Kampung Tengah	2,03	
		Kel. Dukuh	1,98	
		Kel. Kramat Jati	1,52	
		Kel. Cililitan	1,80	
		Kel. Cawang	1,79	
6.	Kec. Makasar	Kel. Pinang Ranti	1,89	21,66
		Kel. Makasar	1,85	
		Kel. Kebon Pala	2,29	
		Kel. Halim Pedana Kusuma	13,10	
		Kel. Cipinang Melayu	2,53	
7.	Kec. Pasar Rebo	Kel. Pekayon	3,14	12,94
		Kel. Kalisari	2,89	
		Kel. Baru	1,89	
		Kel. Cijantung	2,37	
		Kel. Gedong	2,65	
8.	Kec. Ciracas	Kel. Cibubur	4,50	16,08
		Kel. Kelapa Dua Wetan	3,37	
		Kel. Susukan	3,93	
		Kel. Rambutan	2,19	

No	Nama Kecamatan	Nama Kelurahan	Luas per kelurahan (Km ²)	Luas Total (Km ²)
Lanjutan...				
No	Nama Kecamatan	Nama Kelurahan	Luas per kelurahan (Km ²)	Luas Total (Km ²)
9.	Kec. Cipayung	Kel. Pondok Ranggon	4,47	27,36
		Kel. Cilangkap	4,30	
		Kel. Munjul	1,90	
		Kel. Cipayung	3,09	
		Kel. Setu	3,08	
		Kel. Bambu Apus	3,17	
		Kel. Ceger	3,63	
		Kel. Lubang Buaya	3,72	
10.	Kec. Cakung	Kel. Jatinegara	6,60	42,47
		Kel. Penggilingan	4,48	
		Kel. Pulo Gebang	6,86	
		Kel. Ujung Menteng	4,43	
		Kel. Cakung Timur	9,81	
		Kel. Cakung Barat	6,19	
		Kel. Rawa Terate	4,10	

Sumber: BPS Jakarta Timur dalam Angka Tahun 2008

5.1.3. Sosial

1. Pendidikan

Sarana pendidikan di Kota Administrasi Jakarta Timur cukup banyak, seperti Sekolah Dasar (SD) sebanyak 866 sekolah, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) sebanyak 256 sekolah dan Sekolah Lanjutan Tingkat Atas (SLTA) sebanyak 134 sekolah. Salah satu indikator pendidikan adalah Angka Melek Huruf. Angka Melek Huruf Jakarta Timur sekitar 98,11% yang berarti pada tahun 2008 masih terdapat 1,89% penduduk buta huruf. Sementara itu penduduk menurut pendidikan yang ditamatkan tercatat tidak pernah sekolah dan belum tamat SD 9,67%, tamat SD 18,17%, tamat SLTP 19,79%, dan tamat SLTA 33,34%.

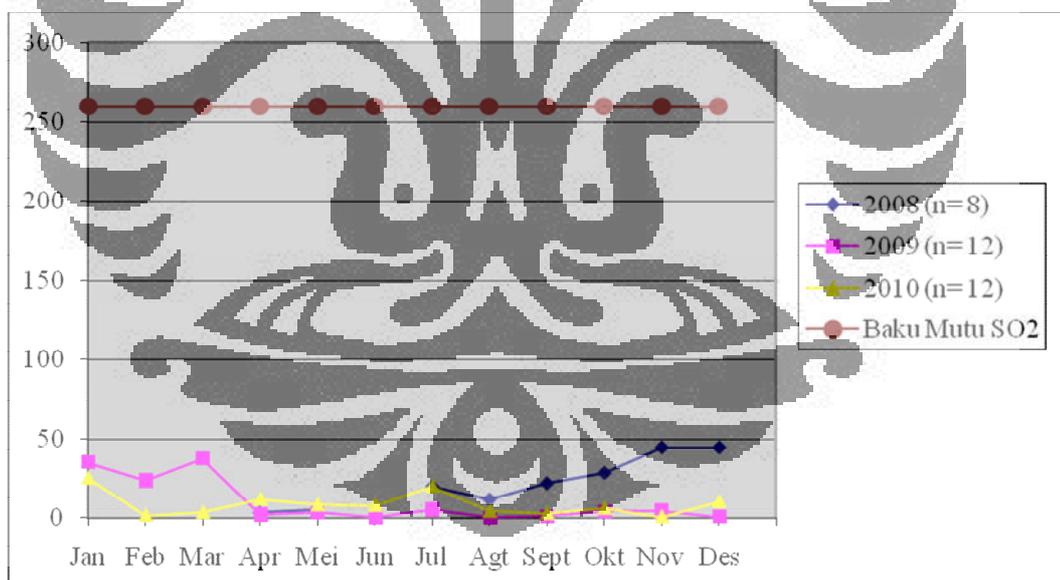
2. Kesehatan

Pada bidang kesehatan, Kotamadya Jakarta Timur memiliki berbagai macam sarana kesehatan antara lain, Posyandu, yaitu sebanyak 1084 puskesmas. Di Jakarta Timur juga terdapat sarana kesehatan lain, seperti 30 Rumah Sakit, 38 Rumah Bersalin Swasta, dan 88 Puskesmas. (Tabel 5.2)

5.2. Hasil Univariat

5.2.1. Gambaran Tingkat Konsentrasi SO₂ selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur

Tahun 2008, terdapat ketidaklengkapan data pengukuran SO₂ di Jakarta Timur pada bulan Januari, Februari, Maret, dan Juni karena tidak dilakukan pengukuran pada waktu tersebut. Konsentrasi SO₂ cenderung mengalami peningkatan dari bulan September hingga Desember. Tahun 2009, konsentrasi SO₂ mengalami peningkatan pada bulan Januari-Februari, tetapi pada bulan Maret cenderung menurun. Tahun 2010, konsentrasi SO₂ menurun dari bulan Maret. Hasil pengukuran konsentrasi SO₂ selama 3 tahun menunjukkan bahwa konsentrasi SO₂ di Kotamadya Jakarta Timur berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 5.1.



Keterangan:

Satuan: $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Baku Mutu SO₂: 260 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

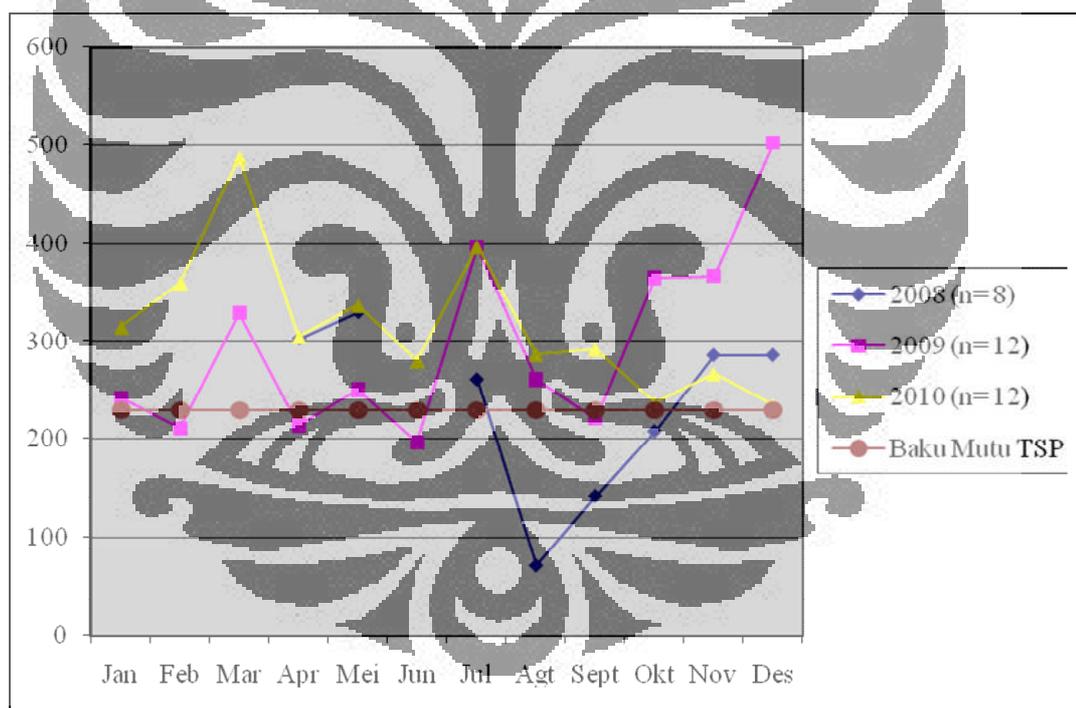
Baku Mutu sesuai dengan SK Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 551/2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien

Sumber: BPLHD Provinsi DKI Jakarta

Gambar 5.1: Kecenderungan Konsentrasi SO₂ di Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, 2010

5.2.2. Gambaran Tingkat Konsentrasi TSP selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur

Tahun 2008 konsentrasi TSP pada bulan Januari, Februari, Maret, dan Juni tidak dilakukan pengukuran. Tahun 2008 Konsentrasi TSP mengalami peningkatan dari bulan September hingga bulan Desember. Tahun 2009, konsentrasi TSP mengalami peningkatan dari bulan September hingga Desember. Tahun 2010, konsentrasi TSP cenderung mengalami peningkatan pada bulan Januari dan Februari. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi TSP di Jakarta Timur tahun 2008, 2009, dan 2010 berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 5.2.



Keterangan:

Satuan: $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Baku Mutu TSP: $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

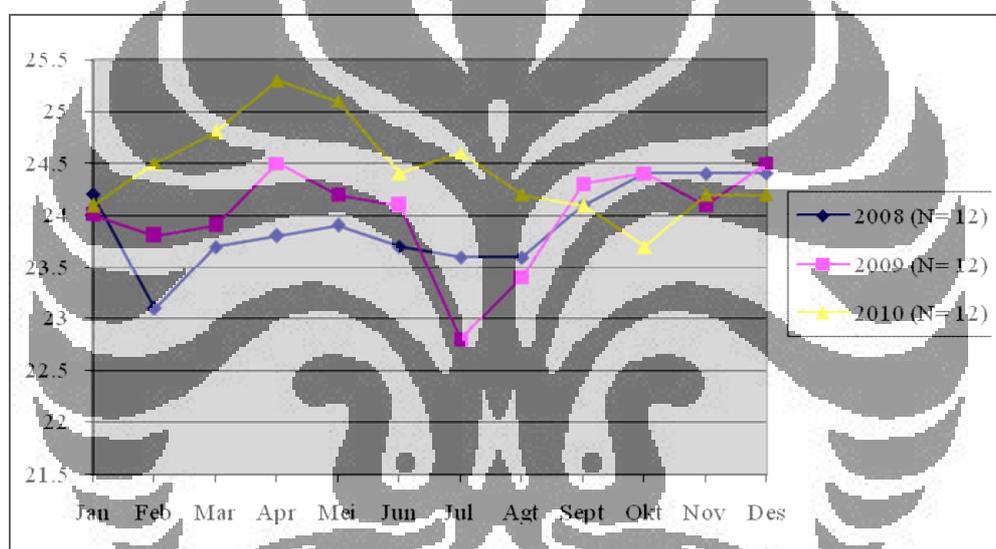
Baku Mutu sesuai dengan SK Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 551/2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien

Sumber: BPLHD Provinsi DKI Jakarta

Gambar 5.2: Kecenderungan Konsentrasi TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, 2010

5.2.3. Gambaran Kondisi Suhu selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur

Tahun 2008, suhu di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan dari bulan Januari hingga Agustus. Tahun 2009, suhu di Kotamadya Jakarta Timur menurun pada bulan April hingga Juli, tetapi kemudian meningkat hingga bulan Desember. Tahun 2010, suhu di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan dari bulan Februari hingga April kemudian menurun hingga bulan Desember. Suhu di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan dari tahun 2008 hingga 2010. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 5.3:



Keterangan:

Satuan: °C

Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

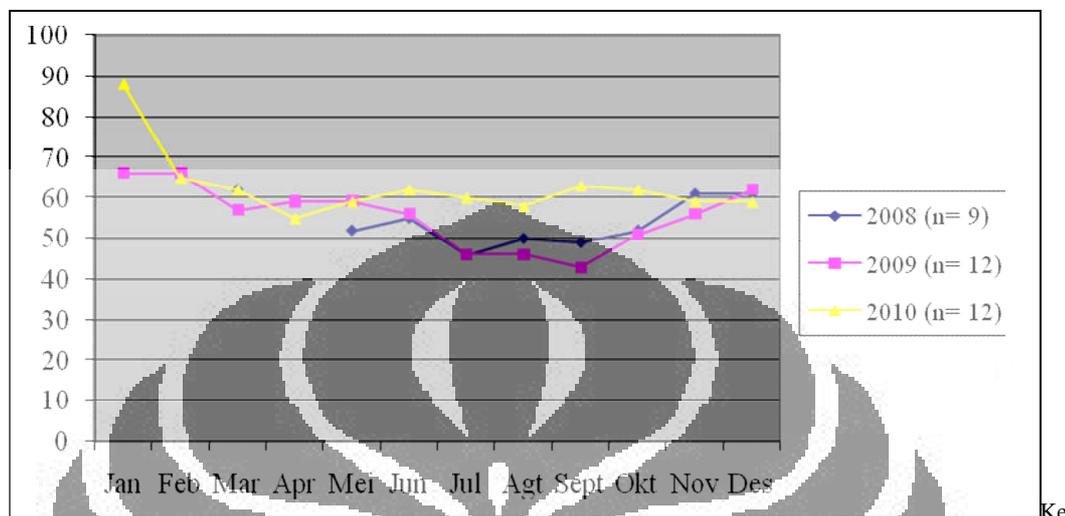
Gambar 5.3: Kecenderungan Kondisi Suhu di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, 2010

5.2.4. Gambaran Kondisi Kelembaban (Minimum dan Maksimum) selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur

Tahun 2008, terdapat ketidaklengkapan data hasil pengukuran kelembaban minimum pada bulan Januari, Februari, dan April karena pada saat itu tidak dilakukan pengukuran. Tahun 2009 kelembaban minimum terendah terjadi pada bulan September yaitu 43% dan tertinggi terjadi pada bulan Januari tahun 2010 yaitu 88%. Pada tahun 2008 hingga 2010, kelembaban minimum di Kotamadya

Universitas Indonesia

Jakarta Timur cenderung mengalami peningkatan dengan pola kecenderungan peningkatan dan penurunan yang berbeda setiap tahunnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 5.4:

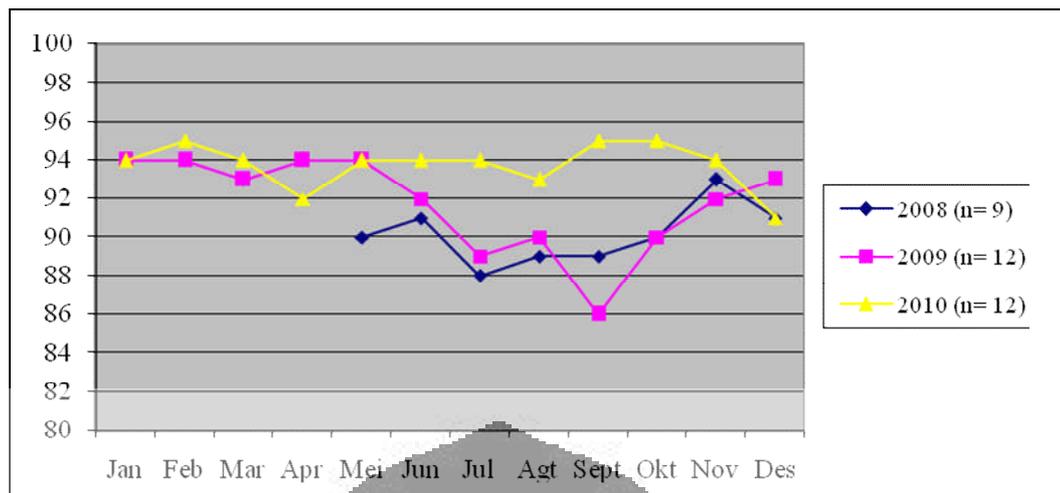


terangan:
 Satuan: %
 Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

Gambar 5.4: Kecenderungan Kondisi Kelembaban Minimum di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, 2010

Tahun 2008, sama halnya dengan kelembaban minimum juga tidak dilakukan pengukuran pada kelembaban maksimum pada bulan Januari, Februari, dan April. Tahun 2008 dan 2009, kelembaban maksimum mengalami penurunan pada bulan September hingga Desember. Pada tahun 2008 hingga 2010, kelembaban maksimum di Kotamadya Jakarta Timur mengalami penurunan dengan pola kecenderungan penurunan dan peningkatan yang berbeda setiap tahunnya.

Kecenderungan kelembaban maksimum yang terjadi setiap bulan pada tahun 2008, 2009, dan 2010 di Kotamadya Jakarta Timur digambarkan Gambar 5.5:



Keterangan:

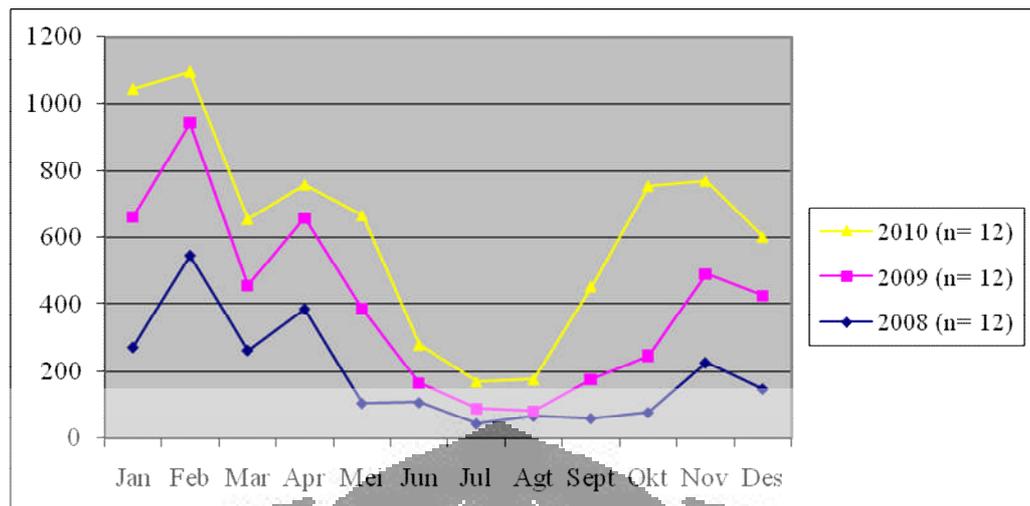
Satuan: %

Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

Gambar 5.5: Kecenderungan Kondisi Kelembaban Maksimum di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, 2010

5.2.5. Gambaran Kondisi Curah Hujan Selama 3 Tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur

Tahun 2008, pada bulan September hingga Februari curah hujan di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan, kemudian mengalami penurunan pada bulan Maret hingga Agustus. Pola kecenderungan dan peningkatan curah hujan pada tahun 2009 dan 2010 sama dengan pola kecenderungan yang terjadi pada tahun 2008. Pada tahun 2008 hingga 2010, curah hujan di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 5.6:



Keterangan:

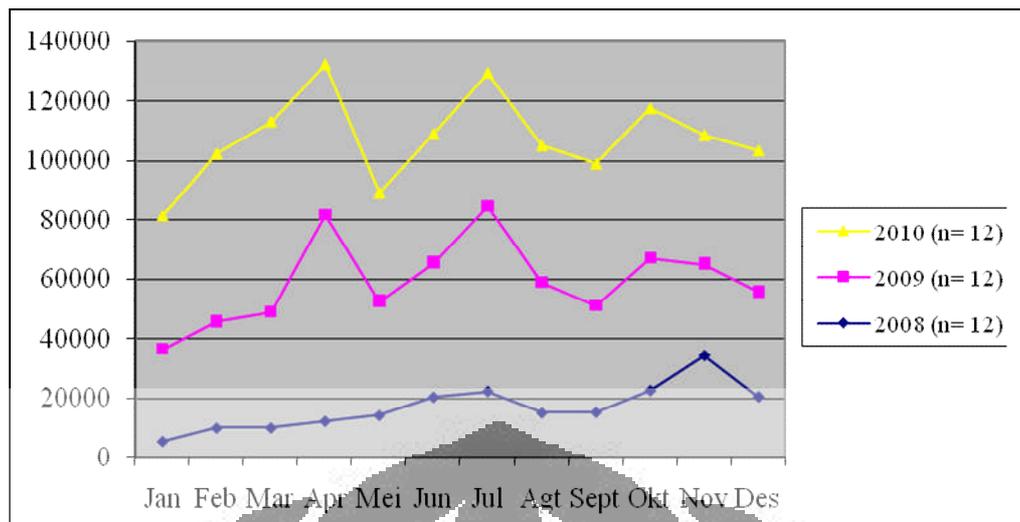
Satuan: mm (Milimeter)

Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

Gambar 5.6: Kecenderungan Kondisi Curah Hujan di Kotamadya Jakarta Timur Pada Tahun 2008, 2009, 2010

5.2.6. Gambaran Jumlah Kejadian ISPA selama 3 tahun (2008, 2009, 2010) di Kotamadya Jakarta Timur

Kecenderungan peningkatan dan penurunan kasus ISPA di Jakarta Timur terjadi dengan pola yang sama baik pada tahun 2008, 2009, dan 2010: Jumlah kasus tiap bulan pada tahun 2010 lebih besar dibandingkan dengan tahun 2009. Begitu juga dengan jumlah kasus setiap bulan pada tahun 2009 lebih besar dibandingkan dengan tahun 2008 atau dengan kata lain terjadi peningkatan kasus ISPA setiap tahun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 5.10:



Sumber: SudinKes Jakarta Timur

Gambar 5.7: Kecenderungan Kasus ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008, 2009, 2010

5.3. Uji Normalitas

Uji Normalitas pada sebuah data dimaksudkan untuk mengetahui apakah data tersebut memiliki distribusi normal atau tidak normal, sehingga dapat menentukan jenis uji statistik yang digunakan dalam analisis bivariat. Terdapat 3 cara untuk mengetahui suatu data berdistribusi normal (Hastono, 2007), yaitu:

1. Melihat grafik histogram dari kurva normal. Bila bentuk kurva menyerupai bel (*bel shape*), maka data tersebut berdistribusi normal.
2. Menggunakan nilai Skewness dan standar erornya. Bila hasil pembagian nilai Skewness dengan standar erornya menghasilkan angka ≤ 2 , maka data tersebut berdistribusi normal.
3. Melihat hasil Uji Kolmogorov smirnov. Bila pada uji tersebut nilai $p > 0,05$, maka data tersebut berdistribusi normal. Namun, uji ini sangat sensitif dengan jumlah sampel yang besar artinya untuk jumlah sampel yang besar uji ini cenderung menghasilkan data yang berdistribusi tidak normal.

Atas dasar kelemahan ini, penulis menggunakan nilai Skewness dan standar erornya untuk mengetahui distribusi data. Berikut ini merupakan tabel uji normalitas data jumlah kasus ISPA, rata-rata konsentrasi SO_2 dan TSP, serta rata-

rata suhu, kelembaban minimum dan maksimum, juga curah hujan di Kotamadya Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009, dan 2010:

Tabel 5.4: Hasil Uji Normalitas Data Penelitian

Tahun	Variabel	Hasil Uji	Keterangan
2008	Kasus ISPA	1,296	Distribusi Normal
	Konsentrasi SO ₂	0,532	Distribusi Normal
	Konsentrasi TSP	-1,393	Distribusi Normal
	Suhu	-0,568	Distribusi Normal
	Kelembaban min	0,330	Distribusi Normal
	Kelembaban maks	-0,549	Distribusi Normal
	Curah hujan	1,989	Distribusi Normal
2009	Kasus ISPA	2,279	Distribusi Tidak Normal
	Konsentrasi SO ₂	2,282	Distribusi Tidak Normal
	Konsentrasi TSP	1,508	Distribusi Normal
	Suhu	-2,308	Distribusi Tidak Normal
	Kelembaban min	-0,471	Distribusi Normal
	Kelembaban maks	-1,826	Distribusi Normal
	Curah hujan	-0,075	Distribusi Normal
2010	Kasus ISPA	1,519	Distribusi Normal
	Konsentrasi SO ₂	2,008	Distribusi Tidak Normal
	Konsentrasi TSP	2,015	Distribusi Tidak Normal
	Suhu	0,895	Distribusi Normal
	Kelembaban min	4,488	Distribusi Tidak Normal
	Kelembaban maks	-1,967	Distribusi Normal
	Curah hujan	1,569	Distribusi Normal
2008-2010	Kasus ISPA	-0,014	Distribusi Normal
	Konsentrasi SO ₂	2,613	Distribusi Tidak Normal
	Konsentrasi TSP	0,737	Distribusi Normal
	Suhu	-0,925	Distribusi Normal
	Kelembaban min	2,648	Distribusi Tidak Normal
	Kelembaban maks	-2,082	Distribusi Normal
	Curah hujan	1,573	Distribusi Normal
Rata-rata 2008-2010	Kasus ISPA	0,108	Distribusi Normal
	Konsentrasi SO ₂	1,366	Distribusi Normal
	Konsentrasi TSP	0,793	Distribusi Normal
	Suhu	-0,583	Distribusi Normal
	Kelembaban min	2,454	Distribusi Tidak Normal
	Kelembaban maks	-0,281	Distribusi Normal
	Curah hujan	-0,160	Distribusi Normal

Berdasarkan hasil uji normalitas data diketahui bahwa seluruh data variabel pada tahun 2008 berdistribusi normal. Pada tahun 2009, data kasus ISPA, konsentrasi SO₂, dan suhu berdistribusi tidak normal, sedangkan pada tahun 2010 data konsentrasi SO₂, konsentrasi TSP, dan kelembaban minimum berdistribusi tidak normal. Untuk data gabungan tahun 2008 hingga 2010, hanya data kelembaban minimum yang memiliki distribusi data tidak normal. (Tabel 5.4)

5.4. Hasil Bivariat

Analisis bivariat pada tahun 2008 baik untuk variabel konsentrasi SO₂, TSP, kasus ISPA, suhu, kelembaban, dan curah hujan dimulai pada bulan Juli hingga Desember (n=6). Hal ini dilakukan oleh peneliti karena terdapat ketidaklengkapan data pada beberapa variabel, seperti variabel SO₂, TSP dan kelembaban. Pengukuran SO₂ dan TSP tidak dilakukan pada bulan Januari, Februari, Maret, dan Juni. Sedangkan untuk variabel suhu tidak tersedia data hasil pengukuran pada bulan Januari, Februari, dan April.

Pada analisis bivariat, kelembaban minimum digunakan untuk menguji hubungan dengan kejadian ISPA, terkait dengan keberadaan mikroorganisme penyebab ISPA yang bertahan pada kelembaban minimum. (Viboud, 2006) Sedangkan kelembaban maksimum digunakan untuk menguji hubungan penyebaran SO₂ dan TSP di udara karena terkait dengan penyebaran polutan di udara yang didukung oleh kondisi kelembaban maksimum. (Achmadi, 1993; Soedomo, 2000)

Analisis hubungan setiap variabel dilakukan masing-masing dengan data tahun 2008, 2009, 2010, rata-rata tahun 2008-2010, dan data gabungan tahun 2008-2010.

5.4.1. Hubungan Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008

Berdasarkan hasil analisis data bulanan, pada tahun 2008 menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kejadian ISPA dengan konsentrasi SO₂ (p=0,122), TSP (p=0,096), suhu (p=0,326), kelembaban minimum (p=0,217), dan curah hujan (p=0,057). Hasil analisis masing-masing korelasi dijabarkan dalam Tabel 5.5:

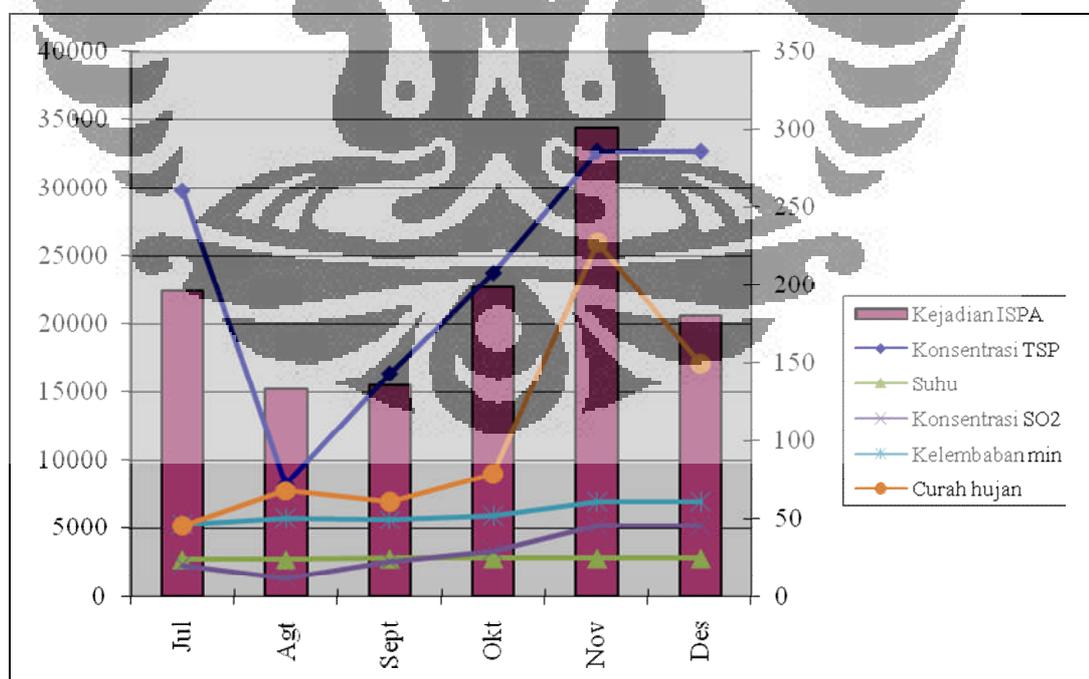
Tabel 5.5: Analisis Korelasi Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008

Hubungan	r	Nilai p
SO ₂ - Kejadian ISPA	0,699	0,122
TSP-Kejadian ISPA	0,206	0,096
Suhu-Kejadian ISPA	0,488	0,326
Kelembaban minimum-Kejadian ISPA	0,591	0,217
Curah hujan-Kejadian ISPA	0,798	0,057

n= 6

r= Hasil uji Korelasi Pearson

Kecenderungan peningkatan dan penurunan SO₂, TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan tidak selalu berbanding lurus dengan kecenderungan peningkatan dan penurunan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur. Pada hubungan konsentrasi SO₂ dengan kejadian ISPA tahun 2008, peningkatan kejadian ISPA juga diikuti dengan peningkatan konsentras SO₂, konsentrasi TSP, kelembaban minimum dan curah hujan pada bulan September hingga Desember sedangkan suhu tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dengan kejadian ISPA. Kecenderungan hubungan dapat dilihat dalam Gambar 5.8:



Gambar 5.8: Kecenderungan Hubungan Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008

Universitas Indonesia

5.4.2. Hubungan Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2009

Berdasarkan hasil analisis data bulanan, pada tahun 2009 menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kejadian ISPA dengan konsentrasi SO₂ (p=0,484), TSP (p=0,527), suhu (p=0,845), kelembaban minimum (p=0,299), dan curah hujan (p=0,095). Hasil analisis masing-masing korelasi variabel dijabarkan dalam Tabel 5.6:

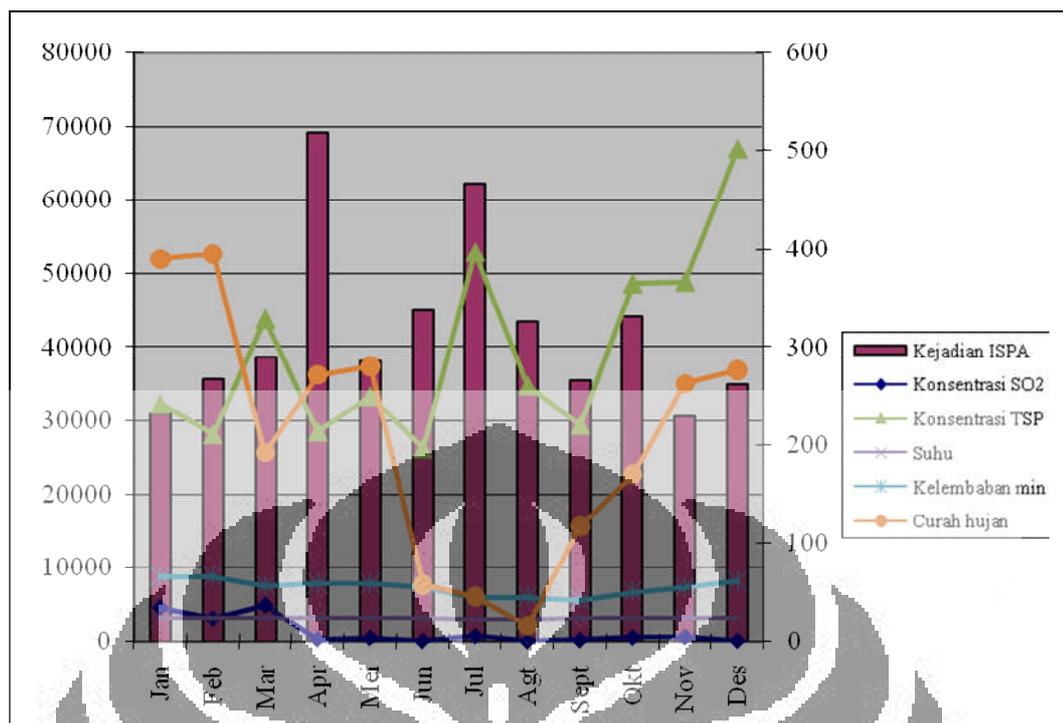
Tabel 5.6: Analisis Korelasi Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2009

Hubungan	r	Nilai p
SO ₂ - Kejadian ISPA	-0,224	0,484
TSP-Kejadian ISPA	-0,203	0,527
Suhu-Kejadian ISPA	-0,063	0,845
Kelembaban minimum-Kejadian ISPA	-0,327	0,299
Curah hujan-Kejadian ISPA	-0,053	0,095

n= 12

r= Hasil uji Korelasi Pearson

Pada hubungan konsentrasi SO₂ dengan kejadian ISPA tahun 2009 kecenderungan peningkatan dan penurunan kejadian ISPA tidak selalu diikuti dengan peningkatan dan penurunan yang sama pada konsentrasi SO₂, TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah. Peningkatan kejadian ISPA pada bulan April diikuti dengan peningkatan kelembaban minimum dan curah hujan tetapi terjadi penurunan konsentrasi SO₂ dan TSP. Sedangkan peningkatan kejadian ISPA pada bulan Mei hingga Juni diikuti dengan peningkatan konsentrasi SO₂ dan TSP tetapi terjadi penurunan kelembaban minimum dan curah hujan. Kecenderungan hubungan dapat dilihat dalam Gambar 5.9:



Gambar 5.9: Kecenderungan Hubungan Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2009

5.4.3. Hubungan Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2010

Berdasarkan hasil analisis data bulanan, pada tahun 2010 menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kejadian ISPA dengan tingkat konsentrasi SO₂ ($p=0,323$), TSP ($p=0,082$), suhu ($p=0,893$), kelembaban minimum ($p=0,960$) dan curah hujan ($p=0,809$). Hasil analisis masing-masing korelasi variabel dijabarkan dalam Tabel 5.7:

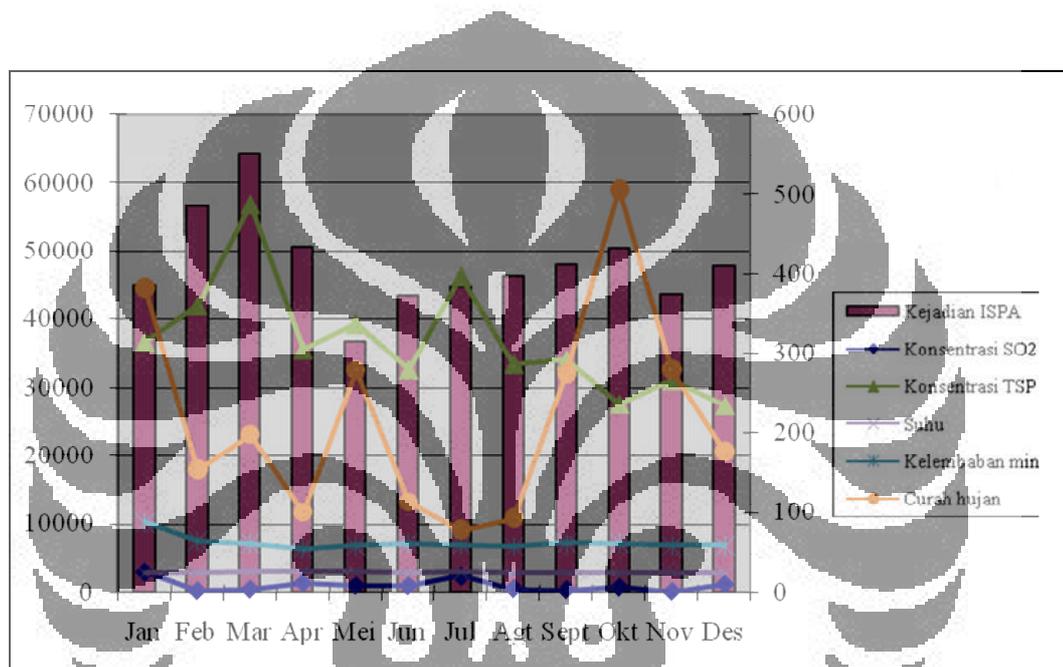
Tabel 5.7: Analisis Korelasi Tingkat Konsentrasi SO₂, TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2010

Hubungan	r	Nilai p
SO ₂ - Kejadian ISPA	-0,312	0,323
TSP-Kejadian ISPA	0,522	0,082
Suhu-Kejadian ISPA	0,044	0,893
Kelembaban minimum-Kejadian ISPA	-0,016	0,960
Curah hujan-Kejadian ISPA	-0,078	0,809

n= 12

r= Hasil uji Korelasi Pearson

Pada hubungan konsentrasi SO_2 dengan kejadian ISPA, kecenderungan peningkatan dan penurunan kejadian ISPA tidak selalu sejalan dengan peningkatan dan penurunan konsentrasi SO_2 , TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan. Penurunan kejadian ISPA pada bulan Maret hingga Mei diikuti dengan penurunan konsentrasi TSP, kelembaban minimum, dan curah hujan sedangkan konsentrasi TSP mengalami penurunan konsentrasi. Kecenderungan dapat dilihat dalam Gambar 5.10:



Gambar 5.10: Kecenderungan Hubungan Tingkat Konsentrasi SO_2 , TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2010

5.4.4. Hubungan Tingkat Konsentrasi Rata-rata SO_2 , TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Jumlah Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008-2010

Hasil analisis data rata-rata tahun 2008-2010, menunjukkan bahwa kejadian ISPA tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan konsentrasi SO_2 ($p=0,339$), konsentrasi TSP ($p=0,501$), suhu ($p=0,858$), kelembaban minimum ($p=0,059$), dan curah hujan ($p=0,269$). Hasil analisis korelasi rata-rata variabel dijabarkan dalam Tabel 5.8:

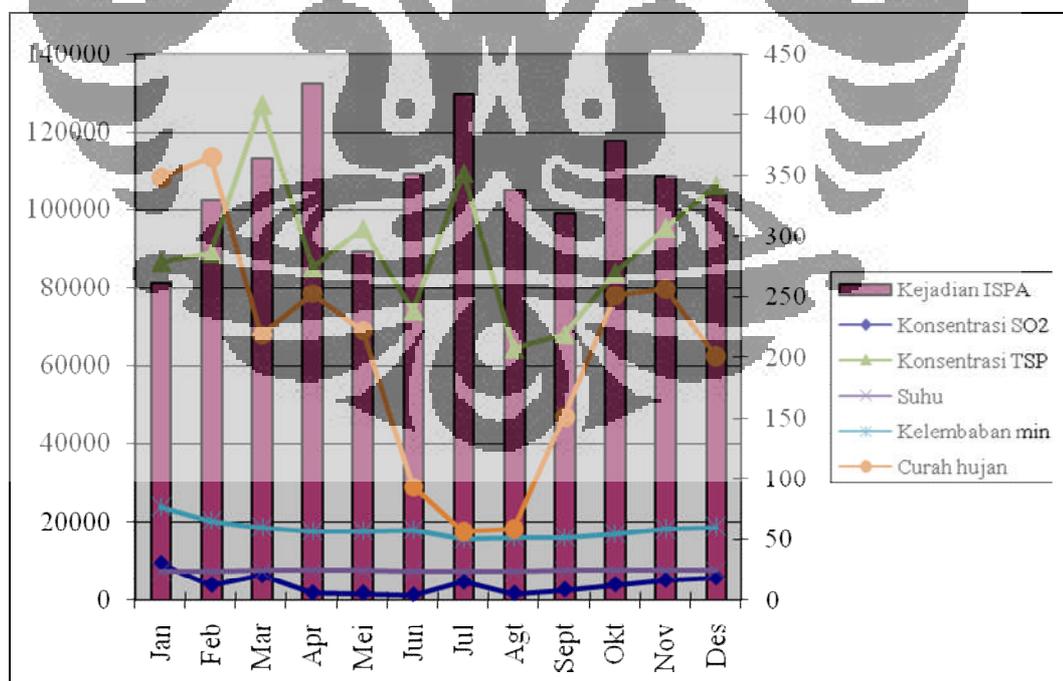
Tabel 5.8: Analisis Korelasi Tingkat Konsentrasi Rata-rata SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Jumlah Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010

Hubungan	r	Nilai p
SO ₂ - Kejadian ISPA	-0,302	0,339
TSP-Kejadian ISPA	0,216	0,501
Suhu-Kejadian ISPA	-0,058	0,858
Kelembaban minimum-Kejadian ISPA	-0,558	0,059
Curah hujan-Kejadian ISPA	-0,347	0,269

n= 12

r= Hasil uji Korelasi Pearson

Pada hubungan rata-rata konsentrasi SO₂, TSP, suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA, kecenderungan peningkatan dan penurunan jumlah kejadian ISPA tidak selalu sejalan dengan peningkatan dan penurunan rata-rata konsentrasi polutan udara dan lingkungan fisik. Peningkatan kejadian ISPA pada bulan Mei hingga Juli diikuti dengan penurunan konsentrasi SO₂, TSP, kelembaban minimum dan curah hujan tetapi pada bulan Juli konsentrasi SO₂ dan TSP mengalami peningkatan konsentrasi. Kecenderungan hubungan dapat dilihat dalam (Gambar 5.11)



Gambar 5.11: Kecenderungan Hubungan Rata-rata Konsentrasi SO₂, TSP, dan Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008-2010

5.4.5. Hubungan Tingkat Kondisi Lingkungan Fisik dengan Tingkat Konsentrasi SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008

Berdasarkan hasil analisis data bulanan, pada tahun 2008 kondisi lingkungan fisik (suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan) menunjukkan ada hubungan yang signifikan dengan tingkat konsentrasi SO₂. Hubungan antara suhu dan konsentrasi SO₂ (p=0,036) memiliki kekuatan hubungan tergolong sangat kuat atau sempurna (r=0,841), hubungan kelembaban maksimum dengan tingkat konsentrasi SO₂ (p=0,026) memiliki kekuatan hubungan tergolong sangat kuat atau sempurna (r=0,866) dan hubungan antara kondisi curah hujan dengan tingkat konsentrasi SO₂ (p=0,025) juga memiliki kekuatan hubungan tergolong sangat kuat atau sempurna (r=0,867). Ketiga hubungan tersebut berpola positif artinya semakin meningkat suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan maka kondisi tingkat konsentrasi SO₂ juga semakin meningkat. (Tabel 5.9)

Analisis data menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara lingkungan fisik dengan konsentrasi TSP. Hasil analisis masing-masing korelasi dijabarkan dalam Tabel 5.9:

Tabel 5.9: Analisis Korelasi kondisi Lingkungan Fisik dengan tingkat konsentrasi SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008

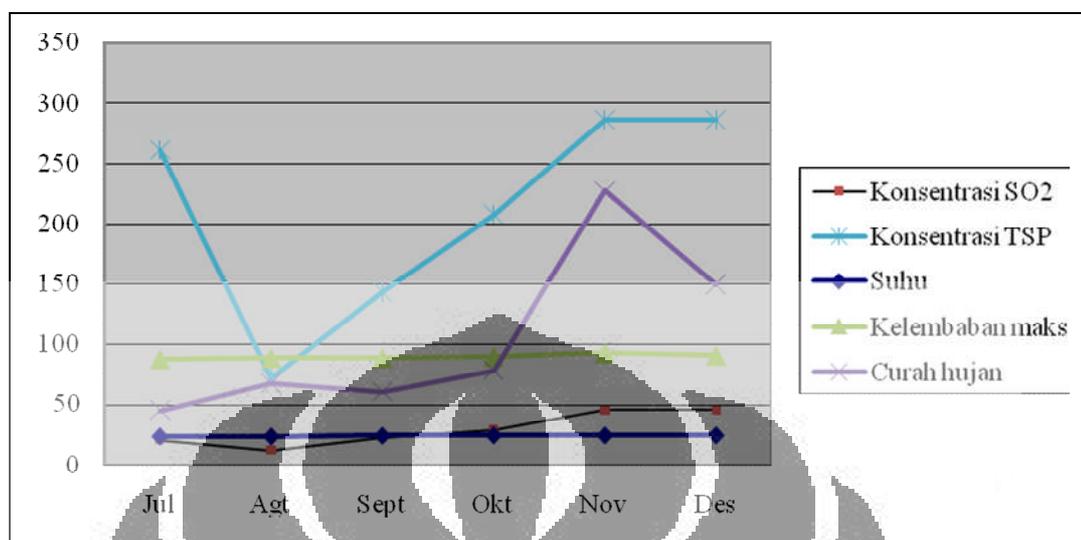
Hubungan	SO ₂		TSP	
	r	Nilai p	r	Nilai p
Suhu	0,841	0,036	0,520	0,291
Kelembaban Maksimum	0,866	0,026	0,524	0,286
Curah hujan	0,867	0,025	0,583	0,224

n= 6

r= Hasil uji Korelasi Pearson

Tahun 2008 pada hubungan kondisi lingkungan fisik dengan tingkat konsentrasi SO₂ dan TSP kecenderungan peningkatan dan penurunan konsentrasi SO₂ dan TSP sejalan dengan peningkatan dan penurunan kondisi lingkungan fisik. Peningkatan konsentrasi SO₂ dan TSP pada bulan September hingga Desember Pada bulan Agustus hingga Desember peningkatan konsentrasi SO₂ diikuti dengan

peningkatan suhu, kelembaban maksimum dan curah hujan. Kecenderungan hubungan dapat dilihat dalam Gambar 5.12:



Gambar 5.12: Kecenderungan Hubungan Kondisi Lingkungan Fisik dengan Tingkat Konsentrasi SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008

5.4.6. Hubungan Tingkat Kondisi Lingkungan Fisik dengan Tingkat Konsentrasi SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2009

Pada tahun 2009, hasil analisis data menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi SO₂ dengan suhu ($p=0,243$), kelembaban maksimum ($p=0,290$), dan curah hujan ($p=0,138$). Begitu juga dengan analisis hubungan konsentrasi TSP menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,851$), kelembaban maksimum ($p=0,803$), dan curah hujan ($p=0,867$). Hasil analisis masing-masing korelasi variabel dijabarkan dalam Tabel 5.10:

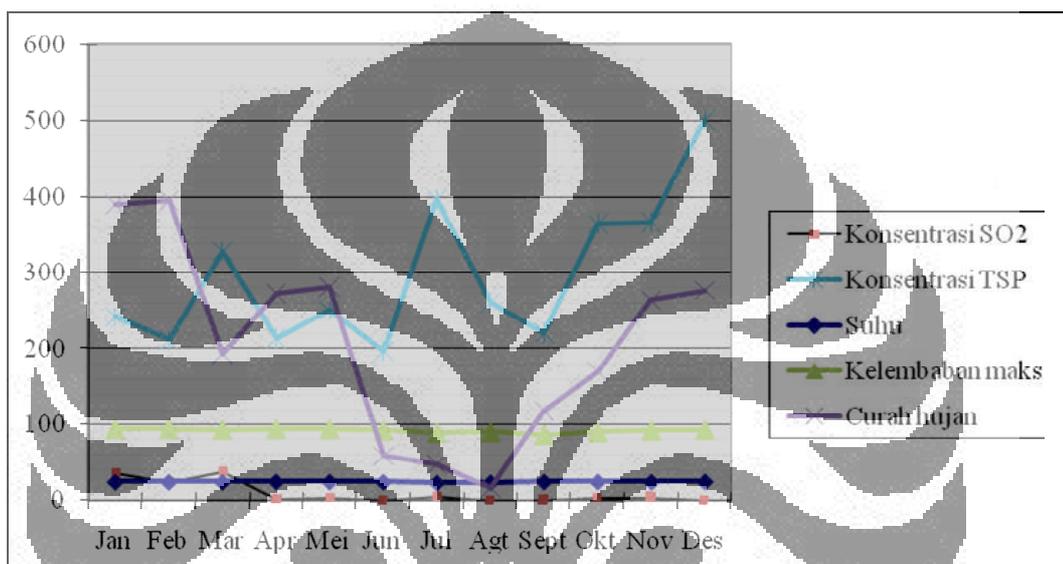
Tabel 5.10: Analisis Korelasi kondisi Lingkungan Fisik dengan tingkat konsentrasi SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2009

Hubungan	SO ₂		TSP	
	r	Nilai p	r	Nilai p
Suhu	-0,365	0,243	-0,061	0,851
Kelembaban Maksimum	0,333	0,290	-0,081	0,803
Curah hujan	0,455	0,138	-0,054	0,867

n= 12

r= Hasil uji Korelasi Pearson

Tahun 2009, pola kecenderungan peningkatan dan penurunan konsentrasi SO_2 di tidak selalu sejalan dengan kecenderungan peningkatan dan penurunan suhu, kelembaban maksimum dan curah hujan. Peningkatan konsentrasi SO_2 dan TSP pada bulan September hingga Desember diikuti dengan peningkatan suhu, kelembaban maksimum dan curah hujan. Kecenderungan hubungan lebih jelas dapat dilihat dalam Gambar 5.13:



Gambar 5.13: Kecenderungan Hubungan Kondisi Lingkungan Fisik dengan Tingkat Konsentrasi SO_2 dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2009

5.4.7. Hubungan Tingkat Kondisi Lingkungan Fisik dengan Tingkat Konsentrasi SO_2 dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2010

Berdasarkan hasil analisis data bulanan, pada tahun 2010 menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara kondisi suhu dengan tingkat konsentrasi TSP ($p=0,039$) dengan kekuatan hubungan tergolong kuat ($r=0,600$) dan berpola positif artinya semakin meningkat tingkat konsentrasi TSP maka kondisi suhu juga semakin meningkat. Sedangkan kelembaban maksimum ($p=0,534$) dan curah hujan ($p=0,404$) menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan konsentrasi TSP. (Tabel 5.11) Sedangkan analisis data konsentrasi SO_2 menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,607$),

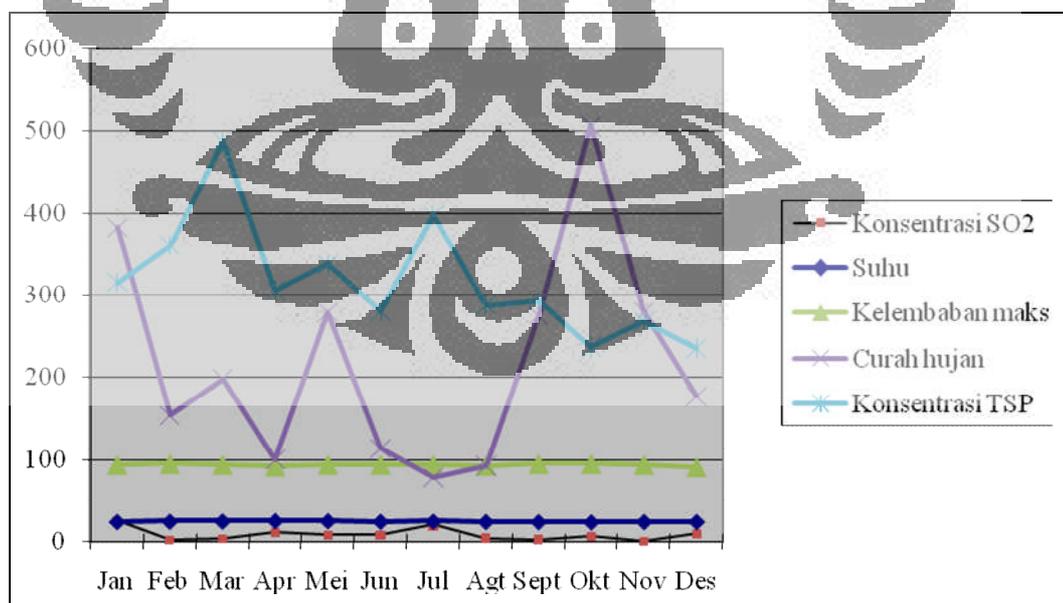
kelembaban maksimum ($p=0,123$), dan curah hujan ($p=0,110$). Hasil analisis masing-masing korelasi dijabarkan dalam Tabel 5.11:

Tabel 5.11: Analisis Korelasi kondisi Lingkungan Fisik dengan tingkat konsentrasi SO_2 dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2010

Hubungan	SO_2		TSP	
	r	Nilai p	r	Nilai p
Suhu	0,166	0,607	0,600	0,039
Kelembaban Maksimum	-0,470	0,123	0,199	0,534
Curah hujan	0,485	0,110	-0,266	0,404

n= 12
r= Hasil uji Korelasi Pearson

Tahun 2010, kecenderungan peningkatan dan penurunan SO_2 dan TSP tidak selalu sejalan dengan peningkatan dan penurunan lingkungan fisik. Penurunan TSP pada bulan September hingga Desember diikuti dengan peningkatan curah hujan dan penurunan kelembaban maksimum. Sedangkan penurunan atau peningkatan konsentrasi SO_2 setiap bulan selalu berbanding terbalik dengan peningkatan dan penurunan lingkungan fisik. Kecenderungan hubungan lebih jelas dapat dilihat dalam Gambar 5.14:



Gambar 5.14: Kecenderungan Hubungan Kondisi Suhu, Kelembaban maksimum, dan curah hujan dengan Tingkat Konsentrasi SO_2 dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2010

5.4.8. Hubungan Tingkat Kondisi Rata-rata Lingkungan Fisik dengan Tingkat Konsentrasi Rata-rata SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008-2010

Hasil analisis data rata-rata tahun 2008-2010, menunjukkan bahwa konsentrasi SO₂ tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,884$), kelembaban maksimum ($p=0,238$), dan curah hujan ($p=0,110$). Hal ini juga terjadi analisis konsentrasi TSP yang tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,738$), kelembaban maksimum ($p=0,371$), dan curah hujan ($p=0,591$). Hasil analisis masing-masing korelasi dijabarkan dalam Tabel 5.12:

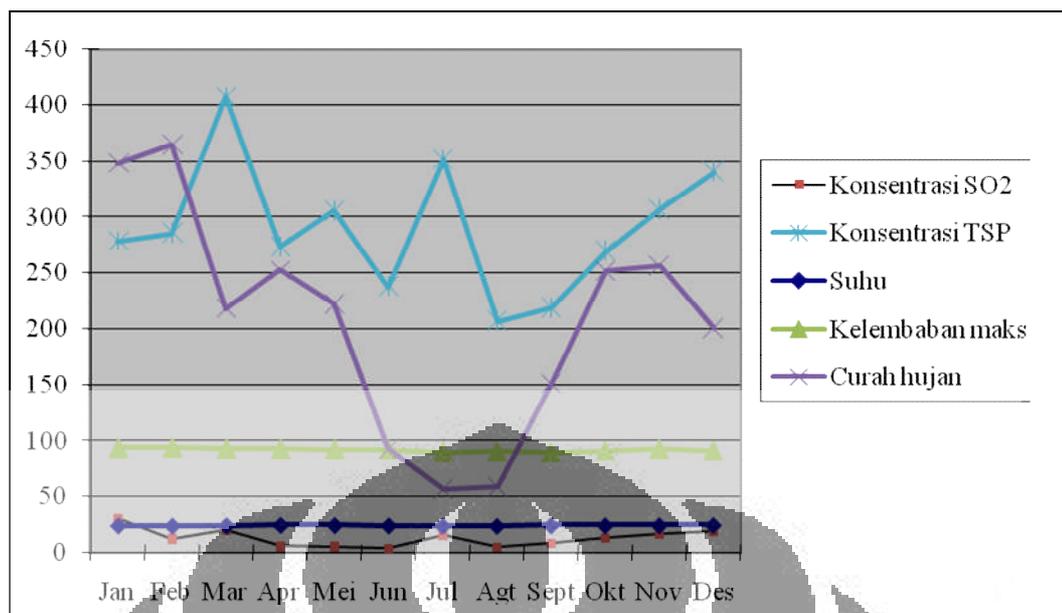
Tabel 5.12: Analisis Korelasi Rata-rata Lingkungan Fisik dengan tingkat konsentrasi SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008-2010

Hubungan	SO ₂		TSP	
	r	Nilai p	r	Nilai p
Suhu	-0,047	0,884	0,108	0,738
Kelembaban Maksimum	0,369	0,238	0,284	0,371
Curah hujan	0,485	0,110	0,173	0,591

n=12

r= Hasil uji Korelasi Pearson

Pola kecenderungan peningkatan dan penurunan rata-rata polutan udara tidak selalu sejalan dengan peningkatan dan penurunan rata-rata lingkungan fisik. Peningkatan konsentrasi SO₂ dan TSP pada bulan September hingga Desember sejalan dengan peningkatan suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan. Kecenderungan hubungan dapat dilihat dalam Gambar 5.15



Gambar 5.15: Kecenderungan Hubungan Rata-rata Lingkungan Fisik dengan Rata-rata Konsentrasi SO₂ dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008-2010

5.4.9. Hubungan Tingkat Konsentrasi Data Gabungan SO₂, TSP, suhu, kelembaban (Minimum dan Maksimum) dan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur pada Tahun 2008-2010

Hasil analisis korelasi gabungan terdiri dari analisis data tahun 2008 (n=6), 2009 (n=12), dan 2010 (n=12) menjadi data gabungan 2008-2010 (n=30). Hasil analisis korelasi penggabungan data pada tahun 2008-2010 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi SO₂ dengan kejadian ISPA ($p=0,005$) dengan kekuatan hubungan tergolong sedang ($r=-0,504$) dan bernilai negatif artinya semakin meningkat konsentrasi SO₂ maka kejadian ISPA semakin menurun. Pada hubungan konsentrasi TSP dengan kejadian ISPA juga menunjukkan hubungan yang signifikan ($r=0,013$) dengan kekuatan hubungan tergolong sedang ($r=0,447$) dan bernilai positif artinya semakin meningkat konsentrasi TSP maka kejadian ISPA juga semakin meningkat. Sedangkan penggabungan data kejadian ISPA menunjukkan tidak memiliki hubungan dengan suhu ($p=0,539$), kelembaban minimum ($p=0,229$), dan curah hujan ($p=0,409$). (Tabel 5.13)

Penggabungan data variabel konsentrasi SO₂ menunjukkan tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,685$), kelembaban maksimum

($p=0,583$), dan curah hujan ($p=0,765$). Hal ini juga terjadi pada analisis konsentrasi TSP yang juga menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan suhu ($p=0,136$), kelembaban maksimum ($p=0,093$), dan curah hujan ($p=0,621$). Hasil analisis korelasi hubungan dapat dilihat dalam Tabel 5.13:

Tabel 5.13: Analisis Korelasi Data Gabungan SO₂, TSP, Suhu, Kelembaban (Min dan Maks), Curah hujan dan Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta timur pada tahun 2008-2010

Hubungan variabel		r	Nilai p
SO ₂	Kej. ISPA	-0,504	0,005
TSP		0,447	0,013
Suhu		0,117	0,539
Kelembaban Minimum	SO ₂	0,226	0,229
Curah hujan		0,157	0,409
Suhu		-0,077	0,685
Kelembaban Maksimum	TSP	-0,104	0,583
Curah hujan		0,057	0,765
Suhu		0,279	0,136
Kelembaban Maksimum	Kej. ISPA	0,312	0,093
Curah hujan		0,094	0,621

n=30

r= Hasil uji Korelasi Pearson

5.4.10. Rangkuman Hasil Analisis Hubungan Variabel SO₂, TSP,

Lingkungan Fisik dengan Kejadian ISPA selama 3 tahun (2008-2010)

Hasil analisis menunjukkan bahwa polutan udara dan lingkungan fisik memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian ISPA, begitu juga dengan lingkungan fisik yang memiliki hubungan yang signifikan dengan konsentrasi polutan udara, dinyatakan dalam tingkat kemaknaan/*level of significance* (α) sebesar 5%. Akan tetapi, beberapa hasil penelitian menunjukkan hubungan yang signifikan dengan α sebesar 10% dan hasil ini dinyatakan tetap memiliki hubungan yang signifikan bila nilai $p \leq 0,1$.

Hal tersebut dapat terlihat pada analisis data rata-rata tahun 2008-2010 dengan $\alpha=10\%$ menunjukkan hubungan yang signifikan antara kelembaban minimum dengan kejadian ISPA ($p=0,059$) dengan kekuatan hubungan tergolong sedang ($r=-0,558$) dan bernilai negatif, artinya semakin tinggi kelembaban minimum maka kejadian ISPA semakin rendah. Pada analisis hubungan curah hujan dengan kejadian ISPA dengan $\alpha=10\%$ juga menunjukkan hubungan yang signifikan ($p=0,057$) dengan kekuatan hubungan tergolong kuat ($r=0,057$) dan

Universitas Indonesia

bernilai positif artinya semakin tinggi curah maka kejadian ISPA semakin tinggi. Selain itu analisis penggabungan data tahun 2008-2010 dengan $\alpha=10\%$ menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kelembaban maksimum dengan konsentrasi TSP ($p=0,093$) dengan kekuatan hubungan tergolong positif ($r=0,312$) dan bernilai positif artinya, semakin tinggi kelembaban maksimum maka konsentrasi TSP semakin tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14: Rangkuman Hasil Gabungan Analisis Hubungan 12 Variabel

Hubungan Variabel		r	Nilai p	Keterangan
SO ₂	Kej. ISPA	-0,504	0,005	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 5\%$ pada analisis penggabungan data tahun 2008-2010 (n=30)
TSP		0,447	0,013	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 5\%$ pada analisis penggabungan data tahun 2008-2010 (n=30)
Suhu		-	-	Tidak terdapat hubungan signifikan
Klmb.Min	SO ₂	-0,558	0,059	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 10\%$ pada analisis data rata-rata tahun 2008-2010 (n=12)
Curah hujan		0,798	0,057	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 10\%$ pada analisis data tahun 2008 (n=6)
Suhu		0,841	0,036	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 5\%$ pada analisis data tahun 2008 (n=6)
Klmb.Maks	TSP	0,866	0,026	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 5\%$ pada analisis data tahun 2008 (n=6)
Curah hujan		0,867	0,025	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 5\%$ pada analisis data tahun 2008 (n=6)
Suhu		0,600	0,039	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 5\%$ pada analisis data tahun 2010 (n=12)
Klmb. Maks	TSP	0,312	0,093	Hubungan signifikan dengan $\alpha= 10\%$ pada analisis penggabungan data tahun 2008-2010 (n=30)
Curah hujan		-	-	Tidak terdapat hubungan signifikan

r= Hasil uji Korelasi Pearson

BAB 6 PEMBAHASAN

6.1. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian studi ekologi *time trend* dengan menggunakan data sekunder sehingga tidak terlepas dari beberapa keterbatasan antara lain:

6.1.1. Keterbatasan Desain Penelitian

Studi ekologi bukan merupakan rancangan yang kuat untuk menganalisis hubungan sebab akibat dengan alasan (Murti, 2003):

1. Ketidakmampuannya menjembatani kesenjangan status paparan dan status penyakit pada tingkat populasi dan tingkat individu, artinya tidak dapat mengetahui apakah individu yang terpapar adalah juga berpenyakit atau tidak.
2. Ketidakmampuannya mengontrol pengaruh faktor *confounding* potensial, faktor ini bersama-sama dengan faktor penelitian berkorelasi dengan penyakit dan menciptakan keadaan yang disebut dengan problem multikolinieritas.

6.1.2. Keterbatasan Data

1. Data kejadian ISPA yang digunakan adalah data hasil rekapitulasi laporan bulanan dari seluruh puskesmas di Jakarta Timur sehingga keakuratannya kurang terjamin karena setiap puskesmas belum tentu melaporkan kejadian secara rutin setiap bulan sesuai peraturan. Setiap unit pelayanan juga belum tentu mengisi lembar laporan bulanan dengan lengkap sehingga kejadian ISPA pada beberapa kecamatan tidak diketahui pasti jumlah dan karakteristik penderitanya. Hal ini dapat mempengaruhi data penelitian dalam uji univariat serta bivariat.
2. Data parameter kualitas udara ambien, yaitu SO₂ dan TSP yang digunakan adalah hasil pemantauan oleh BPLHD yang belum terjamin dapat mewakili kondisi kualitas udara di seluruh wilayah Kotamadya Jakarta Timur karena terbatasnya stasiun pemantau kualitas udara. Stasiun pemantau yang

menggambarkan kualitas udara wilayah Kotamadya Jakarta Timur hanya terdapat di PT. JIEP wilayah Rawa terate sehingga tidak memungkinkan untuk menjangkau daerah lainnya. Selain itu, terdapat kehilangan data (*missing data*) hasil pengukuran kualitas udara di bulan Januari, Februari, Maret dan Juni pada tahun 2008 dikarenakan tidak dilakukan pengukuran pada waktu itu. Hal ini juga mempengaruhi penelitian dalam uji univariat serta bivariat.

3. Data suhu, kelembaban, dan curah hujan yang digunakan adalah hasil pemantauan oleh BMG yang belum terjamin juga dapat mewakili kondisi suhu, kelembaban, dan curah hujan di wilayah Kotamadya Jakarta Timur karena terbatasnya stasiun meteorologi. Stasiun meteorologi yang menggambarkan kondisi meteorologi wilayah Kotamadya Jakarta Timur hanya terdapat di Halim Perdana Kusuma sehingga tidak memungkinkan untuk menjangkau daerah lainnya. Data ini merupakan hasil rekapitulasi data pengukuran harian yang dilaporkan setiap bulan sehingga kevaliditasnya kurang terjamin karena statmet Halim Perdana Kusuma belum tentu melaporkan hasil pengukurannya. Selain itu, terdapat kehilangan data (*missing data*) hasil pengukuran di bulan Januari, Februari, dan April tahun 2008 karena tidak ada pelaporan dari statmet. Hal ini dapat mempengaruhi penelitian dalam uji univariat serta bivariat.
4. Tidak semua variabel yang diteliti memiliki hubungan dengan kejadian Kasus ISPA karena keterbatasan data yang hanya mengambil 3 tahun sehingga tidak menunjukkan hubungan yang signifikan. Selain itu, terdapat faktor lain penyebab ISPA yang tidak dimasukkan dalam penelitian tetapi memiliki kemungkinan yang besar berperan dalam kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur.

6.2. Hubungan SO₂, TSP, Suhu, Kelembaban minimum, dan Curah hujan dengan Kejadian ISPA Tahun 2008-2010

Udara tidak akan pernah bersih, beberapa gas seperti SO₂, H₂S, dan CO selalu dibebaskan ke udara dari sumber polusi alami seperti asap dari letusan gunung berapi, spora tanaman, asap kebakaran hutan dan sampah, serta gas-gas hasil pembusukan sampah. (Fardiaz, 1992) Sedangkan TSP secara alami berasal dari tanah, bakteri, virus, jamur, ragi, serbuk sari serta partikulat garam dari evaporasi air laut. Pada aktifitas manusia, partikulat dihasilkan dari penggunaan kendaraan bermotor, hasil pembakaran, proses industri dan tenaga listrik (Hamilton *Country-Environmental Service*, 2007). Partikulat juga dihasilkan secara langsung dari emisi mesin diesel, industri pertanian, aktifitas di jalan, reaksi kimia yang melibatkan polutan (misalnya: hasil pembakaran mesin kendaraan bermotor, pembangkit tenaga listrik dan ketel uap industri). (Martuzzi, 2006). Keberadaan SO₂ dan TSP di udara dipengaruhi oleh faktor iklim seperti suhu, kelembaban, curah hujan dan radiasi sinar matahari.

Gas SO₂ di Kotamadya Jakarta Timur sebagian besar berasal dari hasil kegiatan pembakaran di industri, salah satunya Kecamatan Pulogadung yang memiliki suatu kawasan industri khusus. Jumlah industri yang besar di daerah tersebut memungkinkan terjadinya pencemaran SO₂ yang berasal dari proses industri dan kegiatan pengangkutan oleh truk-truk maupun alat transportasi lainnya di industri tersebut. (Ardiansyah, 2004) Sama halnya dengan SO₂, keberadaan TSP di udara juga berasal dari hasil kegiatan industri-industri yang terdapat di daerah tersebut. Sumber lain sebagai penghasil debu yang terdapat di daerah tersebut adalah kendaraan bermotor, baik kendaraan bermotor yang melintasi jalan atau kendaraan bermotor pengangkut bahan baku industri seperti truk-truk pengangkut. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Suzuki yang dilakukan pada tahun 1985 dan 1993 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara intensitas lalu lintas kendaraan bermotor dengan konsentrasi partikulat di udara Jakarta dan sekitarnya.

Kondisi SO₂ di wilayah Jakarta Timur pada tahun 2008, 2009 dan 2010 terus mengalami penurunan dan nilainya berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu 260 µg/Nm³. Penurunan konsentrasi SO₂

dikarenakan menurunnya jumlah industri di Jakarta Timur, dari 551 industri pada tahun 2007 menjadi 431 industri pada tahun 2008. Hal lain yang dapat menyebabkan penurunan konsentrasi SO_2 di Kotamadya Jakarta Timur adalah pelaksanaan program Langit Biru yang dicanangkan oleh pemerintah dalam rangka menanggulangi pencemaran di udara terutama SO_2 . Peningkatan SO_2 pada bulan Januari dan Desember dikarenakan pada musim penghujan SO_2 berikatan dengan air hujan dan menghasilkan asam sulfat (H_2SO_4) yang memiliki kandungan sulfur sangat kuat dan bersifat asam. Sedangkan pada bulan Maret hingga Agustus, suhu yang tinggi dengan keadaan udara yang renggang menyebabkan konsentrasi gas SO_2 menjadi rendah.

Konsentrasi TSP di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan dari tahun 2008 hingga 2010 dan berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Peningkatan ini dapat terjadi karena TSP tidak hanya bersumber dari kegiatan industri tetapi juga kendaraan bermotor. Di Kotamadya Jakarta Timur jumlah kendaraan yang beroperasi per hari sebagai penghasil partikel meningkat dari 9.973 kendaraan pada tahun 2007 menjadi 13.015 kendaraan pada tahun 2008. (BPS, 2009) Peningkatan jumlah kendaraan bermotor merupakan salah satu akibat terjadinya peningkatan TSP di Kotamadya Jakarta Timur.

Kondisi suhu, kelembaban dan curah hujan di Kotamadya Jakarta Timur juga mengalami peningkatan dari tahun 2008 hingga 2010, dimana pada bulan September hingga Februari suhu udara meningkat, kelembaban dan curah hujan meningkat tetapi pada bulan Maret hingga Agustus terjadi keadaan yang sebaliknya. Pada bulan September hingga Februari dimana terjadi peningkatan curah hujan maka berpengaruh terhadap kandungan uap air di udara yang juga meningkat. Tingginya kandungan uap air di udara mengakibatkan kelembaban maksimum meningkat tetapi suhu menurun. Sedangkan pada bulan Maret hingga Agustus, dimana terjadi penurunan curah hujan maka kelembaban semakin rendah dan suhu semakin meningkat.

Peningkatan jumlah juga terjadi pada kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur dari tahun 2008 hingga 2010. Peningkatan kasus disebabkan karena beberapa permasalahan manajemen program P2ISPA seperti kurangnya tenaga

pengelola program P2ISPA yang terlatih, sebagian besar provinsi dan kabupaten/kota tidak menganggarkan dana program P2ISPA, *Sound timer* untuk diagnosis Pneumonia Balita tidak banyak digunakan oleh Puskesmas, terbatasnya jumlah oksigen konsentrator di Puskesmas perawatan yang memerlukan, KIE masih sangat terbatas pada bahan cetakan, ketepatan dan kelengkapan pelaporan yang masih rendah baik dari kabupaten/kota hingga tingkat pusat, terbatasnya cakupan penemuan penderita Pneumonia Balita, Supervisi di seluruh tingkat masih terkendala, dan pengembangan program belum dilaksanakan secara sistematis berdasarkan permasalahan yang ada dan sesuai dengan kondisi wilayah. Beberapa permasalahan tersebut terjadi karena terbatasnya sarana dan prasarana yang mendukung program P2ISPA serta kurangnya pemahaman pengelola program tentang pentingnya data serta umpan balik. Namun beberapa tahun belakangan ini pelaporan kasus ISPA di Kotamadya Jakarta Timur menjadi baik karena pengelola program ISPA mulai memahami pentingnya data dalam mengambil keputusan perencanaan. (Ditjen P2MPL, 2009)

Hasil analisis penggabungan data tahun 2008-2010 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara SO_2 dan TSP dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur. Hasil penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Yulaekah tahun 2007 bahwa paparan debu terhirup memiliki hubungan yang bermakna dengan terjadinya gangguan fungsi paru. SO_2 dan TSP merupakan polutan udara yang memiliki *synergistic effect* dalam menyebabkan gangguan saluran pernapasan manusia. Dampak yang ditimbulkan SO_2 dan TSP lebih besar dibandingkan dengan dampak yang ditimbulkan oleh masing-masing polutan udara. SO_2 dapat menyebabkan bronchitis, emphysema, dan lain-lain, bahkan penderita gangguan saluran pernapasan dapat menjadi lebih parah keadaannya bila terpapar polutan ini. Efek partikulat terhadap paru-paru tergantung pada sifat kimia, fisika, dan biologis partikulat. Partikulat dapat bersifat iritan dan menimbulkan fibrosis.

SO_2 dalam bentuk gas maupun asam yang terjadi karena larutnya SO_2 dalam air yang terkandung di udara dan air hujan dapat menyebabkan gangguan sistem respirasi manusia. Walaupun pola kecenderungan peningkatan dan penurunan curah hujan tidak sama dengan kejadian ISPA, tetapi curah hujan dan kejadian

ISPA sama-sama mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan curah hujan (Gambar 5.7) dan peningkatan konsentrasi TSP setiap tahun dan keberadaan SO_2 merupakan faktor yang dapat sangat mempengaruhi peningkatan kejadian ISPA (Gambar 5.3) di Kotamadya Jakarta Timur. Situasi ini tidak terlepas dari konsentrasi SO_2 dan TSP di Kotamadya Jakarta Timur yang dapat berikatan dengan air hujan dan membentuk hujan asam. Hujan asam merupakan segala macam hujan dengan pH di bawah 5,6. Istilah hujan asam juga dikenal dengan deposisi asam. (BMKG, 2009) SO_2 yang berbentuk gas dan partikel merupakan senyawa yang mengandung asam, yang kemudian akan dibawa oleh angin mengenai bangunan, mobil, rumah, dan pohon. Ketika hujan turun, partikel asam yang menempel di bangunan pohon tersebut akan terbilas menghasilkan air permukaan (*run off*) yang asam. Peristiwa ini disebut dengan proses penghilangan polutan asam dengan *Deposisi kering (dry deposition)*. (Kurniawan, 2010) Air yang bersifat asam sangat berisiko menyebabkan batuk dan iritasi saluran pernapasan karena sifat gas yang merangsang saraf di hidung, tenggorokan, dan saluran pernapasan. Rangsangan ini dapat berlanjut menjadi sesak napas dan penyempitan saluran pernapasan, terutama pada penderita asma dan penyakit pernapasan kronik dan lebih sensitif terhadap rangsangan. (Yulaekah, 2007)

Tidak adanya hubungan antara suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan jumlah kejadian ISPA pada waktu-waktu penelitian lain dapat dikarenakan keterbatasan data yang telah dipaparkan sebelumnya dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi kejadian ISPA tetapi menjadi keterbatasan dalam penelitian ini, diantaranya faktor arah dan kecepatan angin, radiasi sinar matahari, lingkungan fisik perumahan, immunitas masyarakat, dan lain-lain.

Arah dan kecepatan angin permukaan berpengaruh atas aliran dan penyebaran polutan udara yang dilepaskan. Kecepatan angin yang tinggi pada daerah sumber polutan akan lebih cepat membawa polutan jauh dari sumbernya. Sebaliknya kecepatan angin yang rendah akan mengakibatkan polutan udara terkonsentrasi dan berlangsung lebih lama di sekitar sumber pencemaran. (Rahmawati, 1999) Faktor ini dapat menjadi penyebab tidak adanya hubungan antara konsentrasi SO_2 dan TSP dengan kejadian ISPA. Berdasarkan data pengukuran BMKG Statmet Halim Perdana Kusuma mengenai arah dan

kecepatan angin, pada tahun 2008 angin banyak bergerak ke arah Barat, yaitu ke daerah Kecamatan Pulogadung, Kecamatan Matraman, Kecamatan Jatinegara Kecamatan Makasar, Kecamatan Kramat jati, Kecamatan Ciracas, dan Kecamatan Pasar rebo dengan kecepatan 4 knot. Akan tetapi, jumlah kejadian ISPA tertinggi selama tahun 2008 terjadi di Kecamatan Cakung. Kondisi ini dapat membuktikan bahwa konsentrasi SO_2 dan TSP tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian ISPA masing-masing pada tahun 2008, 2009, 2010, dan rata-rata tahun 2008-2010.

Faktor lain yang mempengaruhi penyebaran SO_2 dan TSP di udara adalah keberadaan gedung tinggi yang menjadi penghalang penyebaran polutan udara. Pada bulan Oktober 2008 arah pergerakan angin di Kotamadya Jakarta Timur sama dengan daerah kejadian ISPA tertinggi yaitu Kecamatan Cakung. Akan tetapi, walaupun daerah penyebaran polutan udara sama dengan daerah dengan jumlah kejadian ISPA tertinggi, tetapi banyaknya industri yang terdapat di Kecamatan Cakung, yaitu sebesar 231 industri (BPS, 2009) dapat menyebabkan gerakan udara secara horizontal menjadi terbatas sehingga menyebabkan penyebaran polutan di Kecamatan Cakung menjadi terbatas. Keadaan ini sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa atmosfer disekeliling gunung, bukit dan bangunan-bangunan di daerah perkotaan, akan memperlambat dan mencegah gerakan udara horizontal sehingga dispersi polutan udara menjadi tergantung pada pergerakan udara vertikal. Kondisi ini juga dapat membuktikan bahwa konsentrasi SO_2 dan TSP tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian ISPA pada waktu-waktu penelitian yang lain.

Penelitian mengenai hubungan suhu, kelembaban minimum, dan curah hujan dengan kejadian ISPA berkaitan dengan keberadaan mikroorganisme penyebab ISPA di udara. Tidak adanya hubungan suhu, kelembaban minimum dan curah hujan dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh faktor lain yang mempengaruhi keberadaan mikroorganisme di lingkungan. Hasil penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramono tahun 2002 di Puskesmas Kecamatan Kembangan Jakarta Barat yang menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kelembaban dengan kejadian ISPA. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Wahyuningsih di Kecamatan Pulogadung pada tahun 2003-2006

juga didapatkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara curah hujan dengan kejadian ISPA. Penelitian yang dilakukan oleh Edyson yang menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara curah hujan dengan kejadian ISPA di Kota Banjarbaru pada tahun 2005-2009.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi keberadaan mikroorganisme penyebab ISPA tetapi tidak diukur dalam penelitian ini seperti atmosfer gas serta keasaman atau kebasaaan (pH). Faktor risiko yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri adalah oksigen dan karbon dioksida. Setiap bakteri memiliki respon yang berbeda-beda terhadap keberadaan oksigen dan karbon dioksida di udara. Sedangkan pH optimum pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri terletak antara 6,5-7,5, tetapi beberapa spesies dapat tumbuh dalam keadaan sangat masam atau sangat alkali. Bagi kebanyakan spesies, nilai pH minimum dan maksimum adalah antara 4-9. (Pelezar, 2008)

Selain kondisi polutan udara dan kondisi lingkungan fisik, kejadian ISPA juga dipengaruhi oleh tiga faktor yang tidak diteliti dalam penelitian ini yaitu kuman penyebab penyakit, daya tahan tubuh yang menurun dan kondisi kesehatan lingkungan perumahan yang tidak memenuhi syarat seperti kelembaban ruangan, suhu ruangan, ventilasi rumah, ventilasi kamar tidur, pemakaian obat nyamuk bakar, pemakaian bahan bakar untuk memasak, keberadaan perokok, kondisi dapur dan kepadatan penghuni. (Amin, 1989) Pada komunitas Aborigin prevalensi penyakit yang tinggi disebabkan oleh sanitasi yang buruk, kontrol kondisi lingkungan yang buruk, kepadatan yang tinggi dan penyediaan air bersih yang tinggi. (Taylor, 2002). Partikel influenza, polio dan virus *vaccinia* lebih mampu bertahan hidup pada suhu rendah sebesar 7-24°C dan tingkat kelembaban relatif sebesar 40%-80%. Kelembaban relatif yang lebih tinggi atau lebih rendah dapat menyebabkan kematian pada mikroorganisme. Pengaruh angin juga menentukan keberadaan mikroorganisme di udara. Pada udara yang tenang, mikroba cenderung lebih mudah turun oleh gaya gravitasi. (Waluyo, 2009)

Kondisi rumah yang tidak memenuhi syarat kesehatan dapat menyebabkan tingkat kepadatan mikroorganisme menjadi tinggi dan infeksi silang meningkat. ISPA sering terdapat di lingkungan pemukiman kumuh dengan penduduk yang padat dan miskin. Dimana dalam pemukiman kumuh biasanya sejumlah anggota

keluarga menempati satu rumah kecil dengan ventilasi dan pencahayaan yang tidak memadai serta tidak adanya kamar tidur dan dapur yang terpisah dari ruangan lainnya, sehingga ruangan menjadi lembab. (Achmadi, 1990) Selama tahun 2010, jumlah kejadian ISPA tertinggi berada di Kecamatan Duren Sawit, dimana menurut Registrasi Penduduk tahun 2008 oleh BPS Kotamadya Jakarta Timur, Duren Sawit merupakan Kecamatan dengan jumlah kepadatan penduduk tertinggi yaitu sebesar 14.122,41 penduduk/km².

Seseorang yang memiliki daya tahan tubuh yang rendah lebih rentan untuk terkena penyakit termasuk ISPA. Pergantian musim yang tidak menentu saat ini menyebabkan terjadinya penyakit ISPA akibat daya adaptasi seseorang terhadap perubahan cuaca menurun. Daya tahan tubuh seseorang juga dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari sebagai pendukung pembentukan vitamin D dalam tubuh manusia. Vitamin D yang diproduksi oleh kulit dengan bantuan sinar matahari, dapat menjelaskan alasan mengenai kejadian influenza yang sering terjadi pada musim dingin dan rata-rata kematian akibat influenza lebih tinggi selama bulan-bulan musim dingin. (JJ, 2006)

6.3. Hubungan Suhu, Kelembaban Maksimum, dan Curah hujan dengan Konsentrasi SO₂ dan TSP

Berdasarkan hasil analisis data bivariat, pada tahun 2008 menunjukkan bahwa suhu, kelembaban maksimum memiliki hubungan yang signifikan dengan konsentrasi SO₂ di udara. Jika dilihat pada Gambar 5.12, peningkatan SO₂ dan TSP dari bulan Agustus hingga Desember diikuti dengan peningkatan kelembaban dan curah hujan. Hal ini sesuai dengan teori kelembaban dan curah hujan yang tinggi menyebabkan peningkatan konsentrasi polutan udara terutama SO₂. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan polutan udara terutama SO₂ mengalami reaksi kimia yang menghasilkan bahan partikel yang kemudian tetap tinggal atau hilang dari atmosfer oleh hujan. (Firdausi, 2004) Curah hujan yang tinggi juga dapat menyebabkan gas SO₂ mengalami perubahan fase menjadi asam sulfat karena berikatan dengan air hujan. Kelembaban yang tinggi juga menyebabkan gas SO₂ mengalami perubahan fase menjadi asam sulfat karena kandungan air yang tinggi pada kelembaban maksimum. Sedangkan suhu minimum

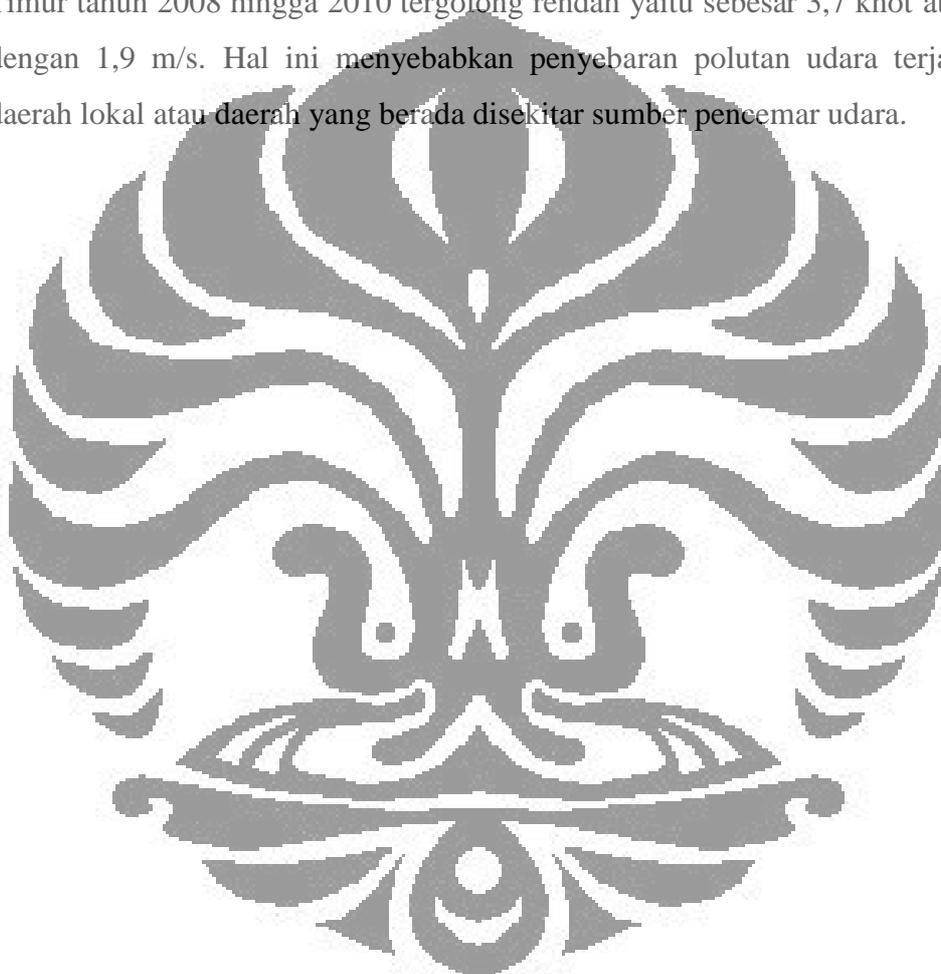
menyebabkan keadaan udara menjadi padat sehingga konsentrasi pencemar udara termasuk SO_2 mengalami peningkatan. Penyebab-penyebab ini sangat mendukung adanya hubungan yang signifikan antara suhu, kelembaban maksimum dan curah hujan dengan konsentrasi SO_2 . Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramono tahun 2002 di Kecamatan Kembangan Jakarta Barat bahwa suhu udara memiliki hubungan yang bermakna dengan SO_2 . Penyebaran SO_2 banyak dipengaruhi oleh penyinaran sinar matahari, sehingga bila intensitas sinar matahari meningkat, suhu udara juga akan meningkat sehingga jumlah SO_2 akan meningkat. (Soedomo, 1999)

Suhu yang tinggi pada tahun 2010 dibandingkan tahun 2008 dan 2009, menyebabkan TSP dapat beterbangan dengan bebas di udara dan berisiko tinggi untuk menyebabkan ISPA pada masyarakat. Suhu yang tinggi dan kering merupakan kondisi yang sangat mendukung terjadinya pencemaran udara oleh partikel karena tidak terjadi pembersihan udara oleh air hujan. Kelembaban yang tinggi menyebabkan konsentrasi partikel di udara menjadi tinggi akibat berikatan dengan kandungan uap air yang tinggi. Partikel yang bersifat asam seperti oksida sulfur dan nitrogen sangat berisiko untuk menyebabkan ISPA karena sangat larut dalam air dapat masuk hingga saluran pernapasan bagian bawah.

Tidak adanya hubungan yang signifikan antara suhu, kelembaban maksimum dan curah hujan dengan keberadaan SO_2 dan TSP di udara pada waktu penelitian yang lain, selain dikarenakan keterbatasan data yang telah dipaparkan sebelumnya, hal ini juga dapat disebabkan oleh faktor-faktor lain yang mempengaruhi penyebaran SO_2 dan TSP di udara tetapi menjadi keterbatasan dalam penelitian ini, seperti kecepatan angin, pergerakan udara, dan radiasi sinar matahari. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pramono tahun 2002 juga menunjukkan bahwa kelembaban relatif tidak menunjukkan hubungan yang bermakna dengan konsentrasi SO_2 . Menurut Soedomo (1999), konsentrasi SO_2 di udara tidak dipengaruhi oleh faktor meteorologi tetapi lebih dipengaruhi oleh intensitas sumber pencemar yang ada.

Pengaruh kelembaban udara terhadap penyebaran polutan udara juga dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari, tekanan udara, dan topografi daerah. Tingginya radiasi sinar matahari dapat memecah inverse udara yang

memperpanjang waktu pencemaran udara di suatu daerah. Tekanan udara yang rendah sehingga kecepatan angin menurun menyebabkan penyebaran polutan secara horizontal. Sementara itu tidak terjadinya pergerakan udara secara vertikal ke atas menyebabkan polutan udara bergerak turun dan meningkatkan akumulasi polutan udara lokal. Bukit-bukit yang mengelilingi suatu kota sering berfungsi sebagai penghalang hembusan angin sehingga polusi udara terperangkap di dalam kota. Berdasarkan data BMKG, rata-rata kecepatan angin di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008 hingga 2010 tergolong rendah yaitu sebesar 3,7 knot atau sama dengan 1,9 m/s. Hal ini menyebabkan penyebaran polutan udara terjadi pada daerah lokal atau daerah yang berada disekitar sumber pencemar udara.



BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

1. Pada tahun 2008-2010, konsentrasi SO₂ mengalami penurunan dengan pola peningkatan dan penurunan yang berbeda setiap tahunnya. Meskipun mengalami penurunan konsentrasi setiap tahun dan masih jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu sebesar 260 µg/Nm³, tetapi pemantauan dan pengendalian SO₂ di Kotamadya Jakarta Timur tetap harus dilakukan agar tidak menimbulkan dampak kesehatan bagi masyarakat sekitar.
2. Konsentrasi TSP di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan dari tahun 2008-2010 dengan pola peningkatan dan penurunan yang berbeda setiap tahunnya. Konsentrasi TSP di Kotamadya Jakarta Timur telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah sebesar 230 µg/Nm³. Hal ini perlu dijadikan perhatian khusus oleh pihak terkait untuk dilakukan pengendalian yang lebih serius menimbang dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh TSP bagi kesehatan manusia.
3. Suhu, kelembaban, dan curah hujan di Jakarta Timur mengalami peningkatan dari tahun 2008-2010. Pola kecenderungan peningkatan dan penurunan suhu dan kelembaban di Kotamadya Jakarta berbeda setiap tahunnya, sedangkan curah hujan memiliki pola peningkatan dan penurunan yang sama setiap tahunnya.
4. Kasus ISPA di Kotamadya Jakarta Timur mengalami peningkatan dari tahun 2008-2010 dengan pola kecenderungan penurunan dan peningkatan yang sama setiap tahunnya, yaitu meningkat pada bulan Maret, Mei dan September. Peningkatan kasus ISPA di Kotamadya Jakarta Timur dapat disebabkan oleh bermacam-macam faktor risiko oleh karena itu perlu dilakukan penyelidikan mengenai penyebab dominan dari kasus ISPA yang terjadi agar dapat dilakukan proses penanggulangan yang efektif.

5. Pada hubungan SO_2 , TSP, suhu, kelembaban, dan curah hujan dengan kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur didapatkan hasil sebagai berikut:
- Analisis penggabungan data tahun 2008-2010 dengan $\alpha=5\%$ menunjukkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi SO_2 dengan kejadian ISPA (nilai $p=0,005$; $r=-0,504$).
 - Analisis penggabungan data tahun 2008-2010 dengan $\alpha=5\%$ menunjukkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi TSP dengan kejadian ISPA (nilai $p=0,013$; $r=0,447$).
 - Analisis hubungan antara suhu dengan kejadian ISPA tahun 2008-2010 menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan.
 - Analisis data rata-rata tahun 2008-2010 dengan $\alpha=10\%$ menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kelembaban minimum dengan kejadian ISPA (nilai $p=-0,558$; $r=0,059$).
 - Analisis data tahun 2008 dengan $\alpha=10\%$ menunjukkan hubungan yang signifikan antara curah hujan dengan kejadian ISPA (nilai $p=0,057$; $r=0,798$).
 - Tidak adanya hubungan antara SO_2 dengan Kejadian ISPA pada tahun-tahun yang lain di Kotamadya Jakarta Timur dapat dijelaskan oleh faktor lain seperti tingkat sosial ekonomi rendah, kurang gizi, berat badan lahir rendah, tingkat pendidikan ibu rendah, tingkat pelayanan kesehatan masih kurang, kepadatan hunian, imunisasi yang tidak memadai, dan adanya penyakit kronis sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.
6. Pada hubungan tingkat konsentrasi SO_2 dan TSP dengan suhu, kelembaban maksimum, dan curah hujan di Kotamadya Jakarta Timur didapatkan hasil sebagai berikut:
- Analisis data tahun 2008 dengan $\alpha=5\%$ menunjukkan hubungan yang signifikan antara suhu (nilai $p=0,036$; $r=0,841$), kelembaban maksimum (nilai $p=0,026$; $r=0,866$), dan curah hujan (nilai $p=0,025$; $r=0,867$) dengan konsentrasi SO_2 .

- Analisis data tahun 2010 dengan $\alpha=5\%$ menunjukkan hubungan yang signifikan antara suhu dengan konsentrasi TSP (nilai $p=0,039$; $r= 0,600$). Analisis penggabungan data tahun 2008-2010 dengan $\alpha=10\%$ menunjukkan hubungan yang signifikan antara kelembaban maksimum dengan konsentrasi TSP (nilai $p=0,093$; $r=0,312$). Analisis hubungan curah hujan dengan konsentrasi TSP tahun 2008-2010 menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan.

7.2. Saran

1. Bagi masyarakat Kotamadya Jakarta Timur hendaknya melakukan pencegahan personal untuk melindungi dampak yang ditimbulkan dari polusi udara seperti pemakaian masker saat melakukan kegiatan di luar rumah. Masyarakat juga harus memperhatikan sistem ventilasi agar sirkulasi udara di dalam rumah berlangsung dengan baik untuk mengurangi kandungan debu dan mikroba udara dalam rumah.
2. Industri-industri tidak dibangun berdekatan dengan pemukiman masyarakat agar polutan yang dihasilkan oleh industri-industri tersebut tidak menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat sekitar juga tidak dibangun berdekatan dengan jalan utama kota karena dapat mengganggu estetika kota, keamanan dan kesehatan pengguna jalan akibat terhalang oleh polutan udara seperti debu. Industri-industri juga disarankan mengganti bahan bakar dan memasang alat penangkap debu untuk menanggulangi konsentrasi TSP yang telah melebihi baku mutu.
3. Penyakit ISPA merupakan penyakit yang dipengaruhi oleh lingkungan sehingga perlu dilakukan kerjasama lintas sektor seperti Departemen Kesehatan, Badan Meteorologi dan Geofisika, Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah dalam hal pengukuran kualitas udara, kondisi meteorologis yang mempengaruhi kejadian ISPA sehingga pengendalian dan penanggulangan penyakit ISPA dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

4. Dilakukan perbaikan jalan-jalan yang rusak karena jalan yang rusak merupakan salah satu penghasil debu kemudian dalam bidang transportasi mengatur volume kendaraan bermotor terutama truk atau kontainer yang berpotensi menyumbangkan tingkat pencemaran tinggi serta mengatur dan menuji emisi kendaraan bermotor yang masuk dan keluar dari Kotamadya Jakarta Timur oleh Dinas Perhubungan dan Transportasi.
5. Membangun tata ruang hijau di sekitar area industri dan jalan-jalan utama Kotamadya Jakarta Timur agar oksigen yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan yang ditanam dapat menjadi pembersih udara yang telah tercemar sehingga tidak mengganggu kesehatan masyarakat.
6. Membuat kebijakan dalam bidang perpajakan yang dilakukan oleh Dinas Perpajakan untuk mengatur perundang-undangan mengenai emisi gas buang yang dikeluarkan oleh suatu industri agar industri yang mengeluarkan emisi di atas baku mutu dikenakan pajak sesuai ketentuan yang berlaku.
7. Pihak Industri, pelayanan kesehatan terdekat seperti puskesmas kecamatan dan kelurahan, dan Sudinkes dapat melakukan kerjasama dalam bidang pelayanan kesehatan kepada masyarakat sebagai bentuk kepedulian industri terhadap kesehatan masyarakat sekitar dan para pekerja di industri tersebut.
8. Menggalakkan program promosi kesehatan yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan setempat dengan melakukan penyuluhan mengenai rumah sehat bagi penduduk pada umumnya serta kesehatan kerja pada pekerja industri pada khususnya, penyuluhan gizi seimbang dan program imunisasi untuk mencapai ketahanan tubuh yang optimal, penyuluhan tentang perilaku hidup bersih dan sehat bagi individu, masyarakat, serta lingkungan pemukiman. Serta, memperbaiki sistem pencatatan laporan kasus untuk mengetahui jumlah kasus yang sebenarnya terjadi pada masyarakat Jakarta Timur.

9. Perlu dilakukannya suatu penelitian lanjutan mengenai desain, sumber data, lokasi dan variabel yang berbeda. Penelitian disarankan juga meneliti mengenai *indoor air pollution*, serta variabel lain seperti karakteristik individu (usia, jenis kelamin, status gizi, status imunisasi, pemberian suplemen vitamin A dan ASI), lingkungan tempat tinggal (suhu, kelembaban, kepadatan hunian) yang diduga memiliki hubungan dengan kejadian ISPA dan penyebaran polutan udara. Begitu juga dengan waktu penelitian, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan rentang waktu yang lebih panjang dari 3 tahun, misalnya 5 hingga 10 tahun karena melalui rentang waktu tersebut memungkinkan untuk melihat dampak kesehatan yang timbul dengan lebih jelas.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, U. F.. (1990). *Faktor-faktor Penyebab ISPA dalam Lingkungan Rumah Tangga di Jakarta*. Jakarta: Lembaga Penelitian Universitas Indonesia.
- Achmadi, U.F. (1992). Pengukuran Dampak Kesehatan (Penyakit) Akibat Perubahan Lingkungan. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, Vol. 12, No.2. 93-109.
- Anonim. (1991). *Bimbingan Keterampilan Dalam Penatalaksanaan Infeksi Saluran Pernapasan Akut pada Anak*. Jakarta: 10.
- 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. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2009). *Hujan Asam*. 01 Juni 2011. <http://www.bmg.go.id>
- Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD). (2006). *LSAP Draft Final* 31 Oktober 2006. Jakarta: Pemda DKI Jakarta.
- BPLHD. (2007). *Laporan Akhir Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Udara Passive Sampler Kegiatan Pengendalian Pencemaran Udara di Jawa Barat*. Jawa Barat: PT. duaribu satu pangripta.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Administrasi Jakarta Timur. 2009. *Jakarta Timur dalam Angka*. Jakarta: BPS Kota Administrasi Jakarta Timur.
- Depkes. RI. (1993). *Kebijaksanaan Program Pemberantasan Penyakit ISPA: modul II*. Jakarta: Ditjen P2MPLP.

- Dephub RI. (1994). *Final Report of First Jabotabek Urban Development Project*. Jakarta: Dephub.
- Depkes RI. (2000). *Informasi tentang ISPA pada Anak Balita*. Jakarta: Pusat Penyuluhan Kesehatan Masyarakat.
- Depkes RI. (2001). *Pedoman Pemberantasan Penyakit ISPA*. Jakarta: Depkes RI
- Depkes RI. (2002). *Mengenal beberapa Penyakit di Daerah Perkotaan*. Jakarta: Depkes RI
- Depkes RI. (2006). *Pedoman Pemberian Kapsul Vitamin A Dosis Tinggi*. Jakarta: Depkes RI.
- Depkes RI. (2011). *Parameter Pencemaran Udara dan Dampaknya terhadap Kesehatan*. 26 Februari 2011. <http://www.depkes.go.id/Udara.PDF>
- Ditjen P2MPL. (2006). *Kebijakan Program Imunisasi*. Jakarta: Depkes RI.
- Ditjen P2MPL. (2007). *Pedoman Tatalaksana Pneumonia Balita*. Jakarta: Depkes RI
- Ditjen P2MPL. (2009). *Pedoman Pengendalian Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut*. Jakarta: Depkes RI
- Edyson, Rudi Fakhriadi, Aik Amelia. (2010). *Hubungan Variasi Iklim dengan Kejadian Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut di Kota Banjarbaru Periode tahun 2005-2009*. Kalimantan Selatan: Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat
- Fardiaz, Srikandi. (1992). *Polusi Air & Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Iriani, D. U.. (2004). *Hubungan Iklim, Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dan Kejadian Serangan Asma/Bronkhitis di DKI Jakarta Tahun 2002-2003*. Tesis. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

- JJ, Cannel, Vieth R., Umhau JC, Holick MF, Grant WB, Madronich S., Garland CF, Giovannucci E., (2006). *Epidemic Influenza and Vitamin D*. *Epidemiol Infect* Dec, 134 (6):1129-40.
- Jusuf, Anwar dan Wahyu Aniwidianingsih. (2001). *Pengaruh Polusi Udara terhadap Kesehatan*. Jakarta: Makalah disampaikan pada Lokakarya Strategi Penurunan Emisi Kendaraan Terintegrasi.
- Kanra. G, Yurdakök K, Ceyhan M, Özmert E, Türkay F, Pehlivan T.. (1997). *Immunogenicity and safety of Haemophilus influenzae type b capsular polysaccharide tetanus conjugate vaccine (PRP-T) presented in a dual-chamber syringe with DTP*. *Acta paediatrica Japonica; Overseas edition* 1997;39(6):676-80.
- Kastiyowati, Indah. (2001). *Dampak dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara*. Jakarta: Buletin Litbang Departemen Pertahanan Republik Indonesia.
- Koch, D., Park. J., Del Genio. A.. (2003). *Clouds and Sulfate are anticorrelated: A new diagnostic for global sulfur models*. *J. Geophys. Res.* 108(D24), 4781, doi: 10.1029/2003JD003621.
- Komite Penghapusan Bensin Bertimbang (KPBB). (2005). *Makalah "Penanggulangan Pencemaran Udara sebagai Upaya Pengendalian Pencemaran Udara*. 28 Februari 2011.
- http://www.kpbb.org/makalah_ind/PenanggulanganPencemaranUdara.pdf
- Kramer, Ursula, Heidrun Behrendt, Reinhard Dolgner, dkk.. (1999). *Airway disease and allergies in East and West German children during the first 5 years after reunification: time trends and the impact of sulphur dioxide and total suspended particles*. *International Journal of Epidemiology*; 28: 865-873
- Kristanto, Philip. (2002). *Ekologi Industri*. Surabaya: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Petra Surabaya.
- Kristanto, P. (2001). *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi.

- Kurniawan, Agusta. (2010). Pengaruh Letusan Gunung Sinabung terhadap Pengukuran Deposisi Asam di Bukit Kototabang. *Buletin Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, Geofisika dan Lingkungan*, 218-229.
- Kusnoputranto, Haryoto. (1995). *Pengantar Toksikologi Lingkungan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kusnoputranto, Haryoto. (1999). *Toksikologi Lingkungan Zat Kimia dan Medan Elektromagnetik*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia Jurusan Kesehatan Lingkungan.
- Lutfi, Achmad. (2004). *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Depdiknas.
- Mukono, H. J.. (2003). *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Murti, Bhisma. (2003). *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Myrnawati. (2003). *Penelitian Kualitas Tatalaksana Kasus ISPA*. Jakarta: Disertasi IKM.
- Nelson. (2000). *Ilmu Kesehatan Anak* (Volume 2 Edisi 15). Jakarta :EGC..
- Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta No. 2 Tahun 2005 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Pramono, Budi. (2002). *Analisis Kualitas Udara Ambien dan Faktor Meteorologi terhadap Kejadian Penyakit ISPA di Puskesmas Kecamatan Kembangan Kotamadya Jakarta Barat September 2001 – Mei 2002*. Tesis. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Profil Kesehatan DKI Jakarta. (2004). Jakarta: Depkes RI.

Profil Kesehatan DI Yogyakarta. (2004). Yogyakarta: Depkes RI.

Profil Kesehatan Indonesia. (2007). Jakarta: Depkes RI.

Rasmaliah. (2004). *Infeksi Saluran Pernapasan Akut dan Penanggulangannya*. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara.

Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Provinsi DKI Jakarta. (2007). Jakarta: Litbangkes Depkes RI.

Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Nasional. (2007). Jakarta: Litbangkes Depkes RI.

Rees, John dan John Price. (1998). *Petunjuk Penting Asma* (Ed. 3). Jakarta: EGC.

Rendie, J., et.al. (1994). *Ikhtisar Penyakit Anak*. Jakarta: Binarupa Aksara.

Said, M.. (2006). *Pneumonia Penyebab Utama Mortalitas Anak Balita*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Saputra, Yoky Edy.(2009). Dampak Pencemaran Udara oleh Belerang Oksida (SO_x). 14 April 2010.

http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_lingkungan/dampak-pencemaran-udara-oleh-belerang-oksida-sox/

Setiawan, A.. (2002). *Hubungan Kadar Total Suspended Particle (TSP) dengan Fungsi PARU di Lingkungan Industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.

Slamet, Juli Soemirat. (2000). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Soedomo, M.. (2001). *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Soemirat, J.. (2000). *Epidemiologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University.

Universitas Indonesia

Sriatmi, Ayun. *Rancangan Ekologis MP- Konsentrasi Magister Kesehatan Ibu dan Anak*. 7 April 2011.

http://eprints.undip.ac.id/6055/1/DESAIN_EKOLOGIS_-_AYUN_SRIATMI.pdf

Suku Dinas Kesehatan (SudiKes) Masyarakat Kotamadya Jakarta Timur. 2008-2010. *Laporan Bulanan Program P2ISPA Kotamadya Jakarta Timur Provinsi DKI Jakarta*. Sudinkes Jakarta Timur.

Sunu, P.. (2001). *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta: Grasindo

Surat Keputusan (SK) Gubernur Provinsi DKI Jakarta no. 551 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Suzuki, Shosuke, A. Tri Tugaswati, Zulkarnain Duki, Sigit Sudarmadi, dan Tomoyuki Kawada. (1998). *Sustainable Agriculture and Health Problems in Modern Cities of Indonesia*. Japan: Gunma University School Medicine.

Taylor, Vicki. (2002). *Health Hardware for Housing for Rural and Remote Indigenous Communities*.

Tugaswati, A. Tri. (1997). Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. Makalah Komite Penanggulangan Bensin Bertimbang. 24 April 2011.

http://www.kpbb.org/makalah_ind/Emisi%20Gas%20Buang%20Bermotor%200&%20Dampaknya%20Terhadap%20Kesehatan.pdf

Viboud, Cecile, Wladimir J. Alonso, dan Lone Simonsen. (2006, April). Influenza in Tropical Regions. *Plos Medicine* (vol. 3). 25 April 2011.

<http://www.plosmedicine.org/article/info:doi/10.1371/journal.pmed.0030089>

- Wahyuningsih, Yayu. (2007). *Hubungan Konsentrasi PM10 Udara Ambien dan Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut di Wilayah Kecamatan Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2003-2006*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Waluyo, Lud. (2009). *Mikrobiologi Lingkungan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Wardhana, Wisnu Arya. (1995). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- World Health Organization (WHO). (2003). *Penanganan ISPA pada Anal di Rumah Sakit kecil Negara Berkembang*. Jakarta: Kedokteran EGC
- WHO. (1979). *Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter*. Geneva: *Environmental Health Criteria No. 8*.
- WHO. (2005). *WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005*. Germany: Druerkpartner moser.
- Yulaekah, Siti. (2007). *Paparan Debu Terhirup dan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Industri Kapur (studi di desa Mrisi Kecamatan Tanggunharjo Kabupaten Groban)*. Tesis-S2. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Yusad, Y.. (2003). *Polusi Udara di Kota Besar Dunia*. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara.

Data Kejadian ISPA di Kotamadya Jakarta Timur tahun 2008, 2009, dan 2010

Bulan	Tahun			Jumlah
	2008	2009	2010	
Januari	5.513	31.038	45.052	81.603
Februari	10.084	35.709	56.737	102.530
Maret	10.131	38.751	64.312	113.194
April	12.428	69.219	50.678	132.325
Mei	14.388	38.235	36.769	89.392
Juni	20.491	45.035	43.574	109.100
Juli	22.421	62.222	44.811	129.454
Agustus	15.231	43.553	46.356	105.140
September	15.449	35.571	48.102	99.122
Oktober	22.733	44.336	50.533	117.602
November	34.448	30.630	43.644	108.722
Desember	20.666	35.046	47.855	103.567
Jumlah	203.983	509.345	578.423	1.291.751
Mean	16998,58	42445,42	48201,92	107645,92
Min-Maks	5513-34448	30630-69219	36769-64312	81603-132325

Sumber: Suku Dinas Kesehatan Masyarakat Jakarta Timur

**DATA PENGUKURAN SO₂ DI KOTAMADYA JAKARTA TIMUR
TAHUN 2008, 2009, 2010**

Bulan	Tahun			Rata-rata
	2008	2009	2010	
Januari	-	35,3	25,5	30,4
Februari	-	23,8	1,7	12,8
Maret	-	37,7	3,7	20,7
April	3,7	2,4	12,1	6,1
Mei	5,6	3,7	8,5	5,9
Juni	-	0,6	8,2	4,4
Juli	20,3	5,6	20,3	15,4
Agustus	12	0,5	4,5	5,7
September	22,3	1,3	3,1	8,9
Oktober	28,9	4,2	6,3	13,1
November	45,2	4,7	0,8	16,9
Desember	45,2	0,9	10,5	18,9
Rata-rata	22,9	10,1	8,8	13,3
Min-Maks	3,7-45,2	0,5-37,7	0,8-25,5	4,4-30,4
Baku Mutu*	260			

**DATA PENGUKURAN TSP DI KOTAMADYA JAKARTA TIMUR
TAHUN 2008, 2009, 2010**

Bulan	Tahun			Rata-rata
	2008	2009	2010	
Januari	-	242	315	279
Februari	-	211,3	360	286
Maret	-	329	487	408
April	303	214,3	305	274
Mei	330	250,4	337	306
Juni	-	196,9	280	238
Juli	261	397	397	352
Agustus	72	261	287	207
September	143	221	292	219
Oktober	208	365	237	270
November	286	367	267	307
Desember	286	502	235	341
Rata-rata	236	296,4	317	290
Min-Maks	72-330	196,9-502	235-487	207-408
Baku Mutu*	230			

Keterangan:

Satuan: $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

*sesuai dengan SK Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 551/2001 tentang Baku Mutu Udara Ambien

Sumber: BPLHD Provinsi DKI Jakarta

**DATA PENGUKURAN SUHU DI KOTAMADYA JAKARTA TIMUR
TAHUN 2008, 2009,2010**

Bulan	Tahun			Rata-rata
	2008	2009	2010	
Januari	24,2	24	24,1	24,1
Februari	23,1	23,8	24,5	23,8
Maret	23,7	23,9	24,8	24,1
April	23,8	24,5	25,3	24,5
Mei	23,9	24,2	25,1	24,4
Juni	23,7	24,1	24,4	24,1
Juli	23,6	22,8	24,6	23,7
Agustus	23,6	23,4	24,2	23,7
September	24,1	24,3	24,1	24,2
Oktober	24,4	24,4	23,7	24,2
November	24,4	24,1	24,2	24,2
Desember	24,4	24,5	24,2	24,4
Rata-rata	23,9	24	24,4	24,1
Min-Maks	23,1-24,4	22,8-24,5	23,7-25,3	23,7-24,5

Keterangan:

Satuan: °C

Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

**DATA PENGUKURAN KELEMBABAN MINIMUM DI KOTAMADYA
JAKARTA TIMUR TAHUN 2008, 2009, 2010**

Bulan	Kelembaban Minimum			Rata-rata Min
	2008	2009	2010	
Januari	-	66	88	77
Februari	-	66	65	66
Maret	62	57	62	60
April	-	59	55	57
Mei	52	59	59	57
Juni	55	56	62	58
Juli	46	46	60	51
Agustus	50	46	58	51
September	49	43	63	52
Oktober	52	51	62	55
November	61	56	59	59
Desember	61	62	59	61
Rata-rata	54,23	55,58	62,67	59
Min-Maks	46-62	43-66	55-88	51-77

Keterangan:

Satuan: %

Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

**DATA PENGUKURAN KELEMBABAN MAKSIMUM DI KOTAMADYA
JAKARTA TIMUR TAHUN 2008, 2009, 2010**

Bulan	Kelembaban Maksimum			Rata-rata Maks
	2008	2009	2010	
Januari	-	94	94	94
Februari	-	94	95	95
Maret	93	93	94	93
April	-	94	92	93
Mei	90	94	94	93
Juni	91	92	94	92
Juli	88	89	94	90
Agustus	89	90	93	91
September	89	86	95	90
Oktober	90	90	95	92
November	93	92	94	93
Desember	91	93	91	92
Rata-rata	90,44	91,75	93,75	92
Min-Maks	88-93	86-94	91-95	90-94,5

Keterangan:

Satuan: %

Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

**DATA PENGUKURAN CURAH HUJAN DI KOTAMADYA JAKARTA
TIMUR TAHUN 2008, 2009, 2010**

Bulan	Tahun			Rata-rata
	2008	2009	2010	
Januari	273,1	389,3	383	348,5
Februari	546,9	395	154	365,3
Maret	264,4	192,5	198,1	218,3
April	386,3	271,7	100,4	252,8
Mei	106,7	280,4	279,2	222,1
Juni	108,3	57,8	113,4	93,2
Juli	45	46,4	78,2	56,5
Agustus	67,8	16,2	92,9	59
September	60,9	117,5	275,1	151,2
Oktober	78,7	169,5	506,9	251,7
November	227,5	262,9	279,7	256,7
Desember	149,3	276,3	177,1	200,9
Rata-rata	192,9	206,3	219,8	206,3
Min-Maks	45-546,9	16,2-395	78,2-506,9	56,5-365,3

Keterangan:

Satuan: mm (Milimeter)

Sumber: BMKG Provinsi DKI Jakarta

LAMPIRAN

Analisis Univariat

ISPA

Descriptives

			Statistic	Std. Error
ispa_08	Mean		16998.58	2223.395
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	12104.92	
		Upper Bound	21892.24	
	5% Trimmed Mean		16667.26	
	Median		15340.00	
	Variance		6E+007	
	Std. Deviation		7702.065	
	Minimum		5513	
	Maximum		34448	
	Range		28935	
	Interquartile Range		11277	
	Skewness		.826	.637
	Kurtosis		1.223	1.232
ispa_09	Mean		42445.42	3446.499
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	34859.72	
		Upper Bound	50031.11	
	5% Trimmed Mean		41614.41	
	Median		38493.00	
	Variance		1E+008	
	Std. Deviation		11939.022	
	Minimum		30630	
	Maximum		69219	
	Range		38589	
	Interquartile Range		9683	
	Skewness		1.452	.637
	Kurtosis		1.482	1.232
ispa_10	Mean		48201.92	2025.985
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	43742.75	
		Upper Bound	52661.08	
	5% Trimmed Mean		47942.07	
	Median		47105.50	
	Variance		5E+007	
	Std. Deviation		7018.218	
	Minimum		36769	
	Maximum		64312	
	Range		27543	
	Interquartile Range		6706	
	Skewness		.968	.637
	Kurtosis		1.874	1.232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ispa_08	.163	12	.200*	.943	12	.540
ispa_09	.247	12	.041	.825	12	.018
ispa_10	.195	12	.200*	.921	12	.297

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

SO₂

Descriptives

		Statistic	Std. Error
so2_08	Mean	22.900	5.7078
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 9.403	Upper Bound 36.397
	5% Trimmed Mean	22.728	
	Median	21.300	
	Variance	260.634	
	Std. Deviation	16.1442	
	Minimum	3.7	
	Maximum	45.2	
	Range	41.5	
	Interquartile Range	33.9	
	Skewness	.400	.752
	Kurtosis	-1.188	1.481

Descriptives

		Statistic	Std. Error
so2_09	Mean	10.058	4.0014
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 1.251	Upper Bound 18.865
	5% Trimmed Mean	9.054	
	Median	3.950	
	Variance	192.130	
	Std. Deviation	13.8611	
	Minimum	.5	
	Maximum	37.7	
	Range	37.2	
	Interquartile Range	18.3	
	Skewness	1.454	.637
	Kurtosis	.501	1.232

Descriptives

		Statistic	Std. Error
so2_10	Mean	8.767	2.1725
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 3.985 Upper Bound 13.548	
	5% Trimmed Mean	8.280	
	Median	7.250	
	Variance	56.637	
	Std. Deviation	7.5258	
	Minimum	.8	
	Maximum	25.5	
	Range	24.7	
	Interquartile Range	8.5	
	Skewness	1.279	.637
	Kurtosis	1.115	1.232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
so2_08	.166	8	.200*	.908	8	.342

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
so2_09	.376	12	.000	.690	12	.001

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
so2_10	.181	12	.200*	.873	12	.072

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

TSP

Descriptives

		Statistic	Std. Error
tsp_08	Mean	236.13	31.419
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 161.83 Upper Bound 310.42	
	5% Trimmed Mean	240.03	
	Median	273.50	
	Variance	7896.982	
	Std. Deviation	88.865	
	Minimum	72	
	Maximum	330	
	Range	258	
	Interquartile Range	140	
	Skewness	-1.048	.752
	Kurtosis	.113	1.481

Descriptives

			Statistic	Std. Error
tsp_09	Mean		296.4125	27.39108
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	236.1251	
		Upper Bound	356.6999	
	5% Trimmed Mean		290.5194	
	Median		255.7200	
	Variance		9003.257	
	Std. Deviation		94.88549	
	Minimum		196.90	
	Maximum		502.00	
	Range		305.10	
	Interquartile Range		150.52	
	Skewness		.961	.637
	Kurtosis		.205	1.232

Descriptives

			Statistic	Std. Error
tsp_10	Mean		316.58	20.636
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	271.16	
		Upper Bound	362.00	
	5% Trimmed Mean		311.65	
	Median		298.50	
	Variance		5110.265	
	Std. Deviation		71.486	
	Minimum		235	
	Maximum		487	
	Range		252	
	Interquartile Range		84	
	Skewness		1.284	.637
	Kurtosis		1.894	1.232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
tsp_08	.235	8	.200*	.890	8	.233

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
tsp_09	.229	12	.083	.884	12	.098

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
tsp_10	.176	12	.200*	.901	12	.162

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Suhu**Descriptives**

		Statistic	Std. Error	
shmin_08	Mean	23.908	.1164	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	23.652	
		Upper Bound	24.165	
	5% Trimmed Mean	23.926		
	Median	23.850		
	Variance	.163		
	Std. Deviation	.4033		
	Minimum	23.1		
	Maximum	24.4		
	Range	1.3		
	Interquartile Range	.7		
	Skewness	-.362	.637	
	Kurtosis	-.264	1.232	

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
shmin_09	Mean	24.000	.1420	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	23.688	
		Upper Bound	24.312	
	5% Trimmed Mean	24.039		
	Median	24.100		
	Variance	.242		
	Std. Deviation	.4918		
	Minimum	22.8		
	Maximum	24.5		
	Range	1.7		
	Interquartile Range	.6		
	Skewness	-1.470	.637	
	Kurtosis	2.341	1.232	

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
shmin_10	Mean	24.433	.1316	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	24.144	
		Upper Bound	24.723	
	5% Trimmed Mean	24.426		
	Median	24.300		
	Variance	.208		
	Std. Deviation	.4559		
	Minimum	23.7		
	Maximum	25.3		
	Range	1.6		
	Interquartile Range	.6		
	Skewness	.570	.637	
	Kurtosis	-.010	1.232	

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
shmin_08	.139	12	.200*	.923	12	.308

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
shmin_09	.175	12	.200*	.868	12	.061

*. This is a lower bound of the true significance.

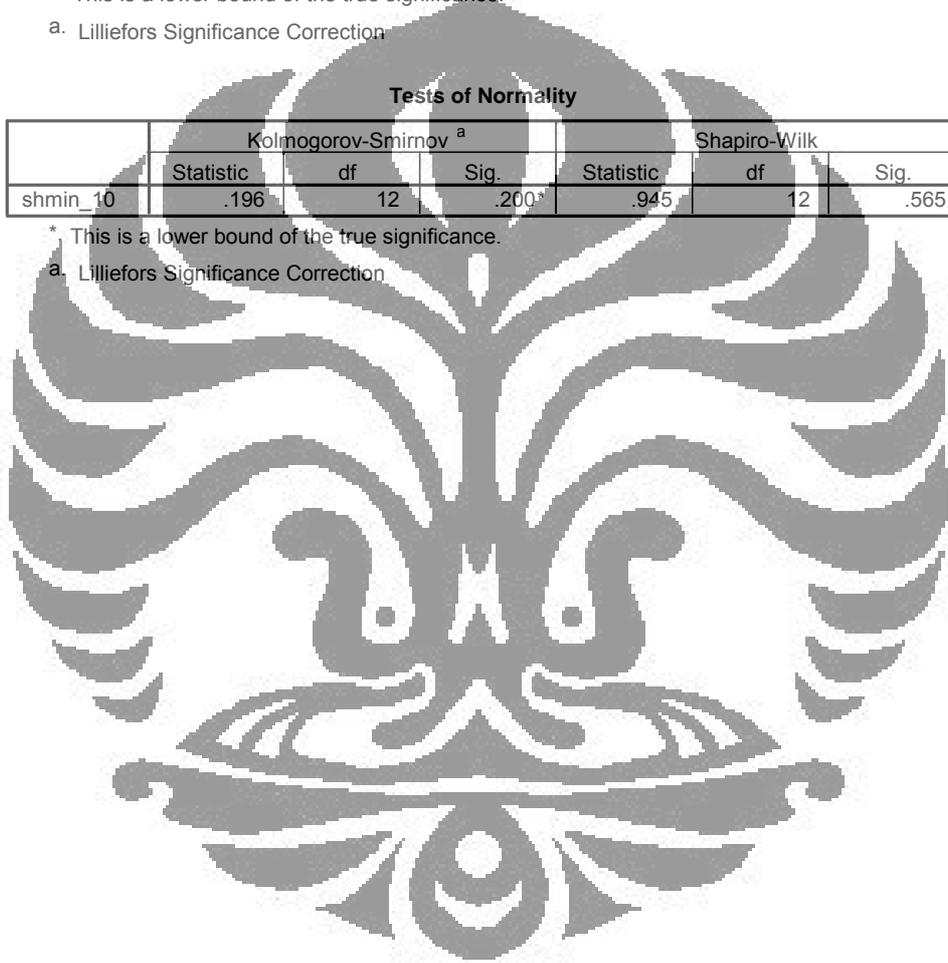
a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
shmin_10	.196	12	.200*	.945	12	.565

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



Kelembaban Max**Descriptives**

		Statistic	Std. Error	
klbmax_08	Mean	90.44	.580	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	89.11	
		Upper Bound	91.78	
	5% Trimmed Mean	90.44		
	Median	90.00		
	Variance	3.028		
	Std. Deviation	1.740		
	Minimum	88		
	Maximum	93		
	Range	5		
	Interquartile Range	3		
	Skewness	.394	.717	
	Kurtosis	-.774	1.400	
	klbmax_09	Mean	91.00	.833
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	89.08	
		Upper Bound	92.92	
5% Trimmed Mean		91.11		
Median		92.00		
Variance		6.250		
Std. Deviation		2.500		
Minimum		86		
Maximum		94		
Range		8		
Interquartile Range		4		
Skewness		-.926	.717	
Kurtosis		.626	1.400	
klbmax_10		Mean	93.78	.401
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	92.85	
		Upper Bound	94.70	
	5% Trimmed Mean	93.86		
	Median	94.00		
	Variance	1.444		
	Std. Deviation	1.202		
	Minimum	91		
	Maximum	95		
	Range	4		
	Interquartile Range	1		
	Skewness	-1.685	.717	
	Kurtosis	3.694	1.400	

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
klbmax_08	.156	9	.200*	.924	9	.430
klbmax_09	.211	9	.200*	.922	9	.412
klbmax_10	.351	9	.002	.781	9	.012

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Kelembaban Minimum**Descriptives**

			Statistic	Std. Error
klbmin_08	Mean		54.22	1.956
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	49.71	
		Upper Bound	58.73	
	5% Trimmed Mean		54.25	
	Median		52.00	
	Variance		34.444	
	Std. Deviation		5.869	
	Minimum		46	
	Maximum		62	
	Range		16	
	Interquartile Range		12	
	Skewness		.287	.717
	Kurtosis		-1.510	1.400

Descriptives

			Statistic	Std. Error
klbmin_09	Mean		55.58	2.214
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	50.71	
		Upper Bound	60.46	
	5% Trimmed Mean		55.70	
	Median		56.50	
	Variance		58.811	
	Std. Deviation		7.669	
	Minimum		43	
	Maximum		66	
	Range		23	
	Interquartile Range		14	
	Skewness		-.300	.637
	Kurtosis		-.940	1.232

Descriptives

			Statistic	Std. Error
klbmin_10	Mean		62.67	2.426
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	57.33	
		Upper Bound	68.01	
	5% Trimmed Mean		61.69	
	Median		61.00	
	Variance		70.606	
	Std. Deviation		8.403	
	Minimum		55	
	Maximum		88	
	Range		33	
	Interquartile Range		4	
	Skewness		2.859	.637
	Kurtosis		9.129	1.232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
klbmin_08	.209	9	.200*	.903	9	.271

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
klbmin_09	.188	12	.200*	.933	12	.418

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
klbmin_10	.318	12	.002	.631	12	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Curah hujan**Descriptives**

		Statistic	Std. Error	
crhjn_08	Mean	192.908	44.3761	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	95.237	
		Upper Bound	290.580	
	5% Trimmed Mean	181.459		
	Median	128.800		
	Variance	23630.875		
	Std. Deviation	153.7234		
	Minimum	45.0		
	Maximum	546.9		
	Range	501.9		
	Interquartile Range	200.4		
	Skewness	1.267	.637	
	Kurtosis	1.181	1.232	

Descriptives

			Statistic	Std. Error
crhjn_09	Mean		206.292	36.9435
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	124.980	
		Upper Bound	287.604	
	5% Trimmed Mean		206.369	
	Median		227.700	
	Variance		16377.874	
	Std. Deviation		127.9761	
	Minimum		16.2	
	Maximum		395.0	
	Range		378.8	
	Interquartile Range		206.7	
	Skewness		-.048	.637
	Kurtosis		1.107	1.232

Descriptives

			Statistic	Std. Error
crhjn_10	Mean		219.833	37.6980
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	136.861	
		Upper Bound	302.806	
	5% Trimmed Mean		211.754	
	Median		187.600	
	Variance		17053.673	
	Std. Deviation		130.5897	
	Minimum		78.2	
	Maximum		506.9	
	Range		428.7	
	Interquartile Range		175.9	
	Skewness		1.000	.637
	Kurtosis		.599	1.232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
crhjn_08	.209	12	.155	.861	12	.050

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
crhjn_09	.171	12	.200*	.935	12	.436

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
crhjn_10	.157	12	.200*	.902	12	.169

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Jumlah dan Rata-rata variabel 2008-2010

Descriptives

			Statistic	Std. Error
ttl_ispa08	Mean		107645.92	4220.273
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	98357.16	
		Upper Bound	116934.67	
	5% Trimmed Mean		107721.69	
	Median		106931.00	
	Variance		2E+008	
	Std. Deviation		14619.454	
	Minimum		81603	
	Maximum		132325	
	Range		50722	
	Interquartile Range		16526	
	Skewness		.069	.637
	Kurtosis		.055	1.232
	rt_so2	Mean		13.260
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	8.341	
		Upper Bound	18.179	
5% Trimmed Mean			12.800	
Median			12.942	
Variance			59.933	
Std. Deviation			7.7417	
Minimum			4.4	
Maximum			30.4	
Range			26.0	
Interquartile Range			12.4	
Skewness			.870	.637
Kurtosis			.615	1.232
rt_tsp		Mean		290.432
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	253.909	
		Upper Bound	326.955	
	5% Trimmed Mean		288.554	
	Median		282.075	
	Variance		3304.322	
	Std. Deviation		57.4832	
	Minimum		206.7	
	Maximum		408.0	
	Range		201.3	
	Interquartile Range		86.1	
	Skewness		.505	.637
	Kurtosis		.226	1.232
	rt_shmin	Mean		24.114
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	23.944	
		Upper Bound	24.284	
5% Trimmed Mean			24.115	
Median			24.150	
Variance			.072	
Std. Deviation			.2676	
Minimum			23.7	
Maximum			24.5	
Range			.9	
Interquartile Range			.5	
Skewness			-.343	.637
Kurtosis			-.572	1.232

Descriptives

			Statistic	Std. Error
rt_klbmax	Mean		92.264	.4131
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	91.355	
		Upper Bound	93.173	
	5% Trimmed Mean		92.265	
	Median		92.500	
	Variance		2.048	
	Std. Deviation		1.4310	
	Minimum		90.0	
	Maximum		94.5	
	Range		4.5	
	Interquartile Range		2.3	
	Skewness		-.179	.637
	Kurtosis		-.917	1.232
	rt_klbmin	Mean		58.514
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	53.911	
		Upper Bound	63.117	
5% Trimmed Mean			57.923	
Median			57.333	
Variance			52.482	
Std. Deviation			7.2445	
Minimum			50.7	
Maximum			77.0	
Range			26.3	
Interquartile Range			8.1	
Skewness			1.563	.637
Kurtosis			3.290	1.232
rt_crhjn		Mean		206.344
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	142.045	
		Upper Bound	270.644	
	5% Trimmed Mean		205.836	
	Median		220.217	
	Variance		10241.410	
	Std. Deviation		101.1999	
	Minimum		56.5	
	Maximum		365.3	
	Range		308.8	
	Interquartile Range		148.1	
	Skewness		-.102	.637
	Kurtosis		-.712	1.232

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
tll_ispa08	.127	12	.200*	.969	12	.904
rt_so2	.157	12	.200*	.918	12	.269
rt_tsp	.139	12	.200*	.967	12	.876
rt_shmin	.180	12	.200*	.945	12	.564

*. This is a lower bound of the true significance.

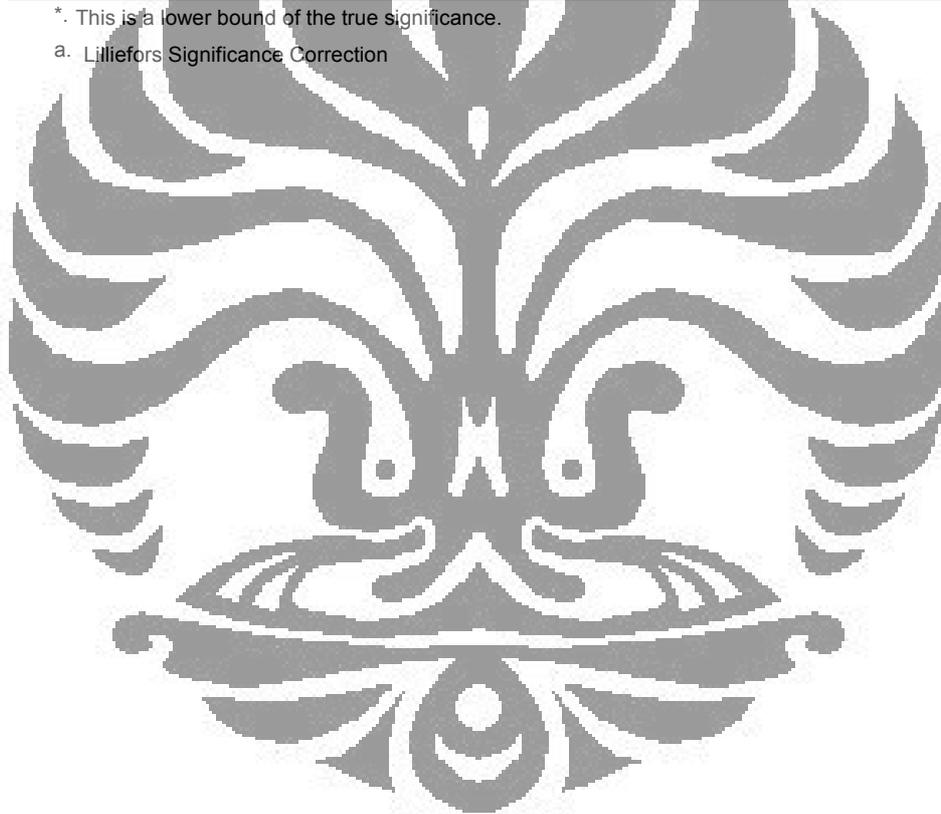
a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
rt_klbmax	.118	12	.200*	.961	12	.803
rt_klbmin	.217	12	.126	.861	12	.050
rt_crhjn	.145	12	.200*	.935	12	.441

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



Analisis Bivariat

Correlations (2008)

Correlations

		ispa_08	so2_08	tsp_08	shmin_08	klbmax_08	klbmin_08	crhjn_08
ispa_08	Pearson Correlation	1	.699	.735	.488	.773	.591	.798
	Sig. (2-tailed)		.122	.096	.326	.072	.217	.057
	N	6	6	6	6	6	6	6
so2_08	Pearson Correlation	.699	1	.811	.841*	.866*	.914*	.867*
	Sig. (2-tailed)	.122		.050	.036	.026	.011	.025
	N	6	6	6	6	6	6	6
tsp_08	Pearson Correlation	.735	.811	1	.520	.524	.558	.583
	Sig. (2-tailed)	.096	.050		.291	.286	.250	.224
	N	6	6	6	6	6	6	6
shmin_08	Pearson Correlation	.488	.841*	.520	1	.770	.762	.660
	Sig. (2-tailed)	.326	.036	.291		.073	.078	.154
	N	6	6	6	6	6	6	6
klbmax_08	Pearson Correlation	.773	.866*	.524	.770	1	.930**	.977**
	Sig. (2-tailed)	.072	.026	.286	.073		.007	.001
	N	6	6	6	6	6	6	6
klbmin_08	Pearson Correlation	.591	.914*	.558	.762	.930**	1	.926**
	Sig. (2-tailed)	.217	.011	.250	.078	.007		.008
	N	6	6	6	6	6	6	6
crhjn_08	Pearson Correlation	.798	.867*	.583	.660	.977**	.926**	1
	Sig. (2-tailed)	.057	.025	.224	.154	.001	.008	
	N	6	6	6	6	6	6	6

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

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations (2009)

Correlations

		ispa_09	so2_09	tsp_09	shmin_09	klbmax_09	klbmin_09	crhjn_09
ispa_09	Pearson Correlation	1	-.332	-.076	-.249	-.079	-.289	-.373
	Sig. (2-tailed)		.292	.815	.436	.806	.363	.232
	N	12	12	12	12	12	12	12
so2_09	Pearson Correlation	-.332	1	-.131	-.141	.429	.516	.504
	Sig. (2-tailed)	.292		.685	.662	.164	.086	.094
	N	12	12	12	12	12	12	12
tsp_09	Pearson Correlation	-.076	-.131	1	-.061	-.081	-.066	-.054
	Sig. (2-tailed)	.815	.685		.851	.803	.839	.867
	N	12	12	12	12	12	12	12
shmin_09	Pearson Correlation	-.249	-.141	-.061	1	.263	.364	.436
	Sig. (2-tailed)	.436	.662	.851		.408	.245	.157
	N	12	12	12	12	12	12	12
klbmax_09	Pearson Correlation	-.079	.429	-.081	.263	1	.918**	.715**
	Sig. (2-tailed)	.806	.164	.803	.408		.000	.009
	N	12	12	12	12	12	12	12
klbmin_09	Pearson Correlation	-.289	.516	-.066	.364	.918**	1	.869**
	Sig. (2-tailed)	.363	.086	.839	.245	.000		.000
	N	12	12	12	12	12	12	12
crhjn_09	Pearson Correlation	-.373	.504	-.054	.436	.715**	.869**	1
	Sig. (2-tailed)	.232	.094	.867	.157	.009	.000	
	N	12	12	12	12	12	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Nonparametric Correlations (2009)

Correlations

	ispa_09	so2_09	tsp_09	shmin_09	klbmax_09	klbmin_09	crhjn_09
Spearman's r	1.000	-.224	-.203	-.063	-.168	-.327	-.503
Correlation Coeffi							
Sig. (2-tailed)	.	.484	.527	.845	.601	.299	.095
N	12	12	12	12	12	12	12
so2_09	Correlation Coeffi	1.000	.126	-.365	.333	.380	.455
Sig. (2-tailed)	.484	.	.697	.243	.290	.223	.138
N	12	12	12	12	12	12	12
tsp_09	Correlation Coeffi	-.203	.126	1.000	-.007	-.333	-.201
Sig. (2-tailed)	.527	.697	.	.983	.290	.532	.587
N	12	12	12	12	12	12	12
shmin_09	Correlation Coeffi	-.063	-.365	-.007	1.000	.162	.154
Sig. (2-tailed)	.845	.243	.983	.	.616	.633	.396
N	12	12	12	12	12	12	12
klbmax_09	Correlation Coeffi	-.168	.333	-.333	.162	1.000	.935**
Sig. (2-tailed)	.601	.290	.290	.616	.	.000	.000
N	12	12	12	12	12	12	12
klbmin_09	Correlation Coeffi	-.327	.380	-.201	.154	.935**	1.000
Sig. (2-tailed)	.299	.223	.532	.633	.000	.	.000
N	12	12	12	12	12	12	12
crhjn_09	Correlation Coeffi	-.503	.455	-.175	.270	.859**	.908**
Sig. (2-tailed)	.095	.138	.587	.396	.000	.000	.
N	12	12	12	12	12	12	12

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations (2010)

Correlations

	ispa_10	so2_10	tsp_10	shmin_10	klbmax_10	klbmin_10	crhjn_10
ispa_10	Pearson Correlation	1	-.312	.522	-.044	.093	-.016
Sig. (2-tailed)			.323	.082	.893	.774	.960
N	12	12	12	12	12	12	12
so2_10	Pearson Correlation	-.312	1	.071	.077	-.227	.573
Sig. (2-tailed)	.323		.825	.813	.479	.052	.935
N	12	12	12	12	12	12	12
tsp_10	Pearson Correlation	.522	.071	1	.525	.248	.066
Sig. (2-tailed)	.082	.825		.080	.438	.839	.330
N	12	12	12	12	12	12	12
shmin_10	Pearson Correlation	.044	.077	.525	1	-.295	-.353
Sig. (2-tailed)	.893	.813	.080		.351	.261	.070
N	12	12	12	12	12	12	12
klbmax_10	Pearson Correlation	.093	-.227	.248	-.295	1	.294
Sig. (2-tailed)	.774	.479	.438	.351		.354	.151
N	12	12	12	12	12	12	12
klbmin_10	Pearson Correlation	-.016	.573	.066	-.353	.294	1
Sig. (2-tailed)	.960	.052	.839	.261	.354		.455
N	12	12	12	12	12	12	12
crhjn_10	Pearson Correlation	-.078	.027	-.308	-.541	.441	.455
Sig. (2-tailed)	.809	.935	.330	.070	.151	.137	1
N	12	12	12	12	12	12	12

Nonparametric Correlations (2010)

Correlations

		ispa_10	so2_10	tsp_10	shmin_10	klbmax_10	klbmin_10	crhjn_10
Spearman's rt ispa_10	Correlation Coefficient	1.000	-.259	.210	.025	.162	.199	-.042
	Sig. (2-tailed)	.	.417	.513	.939	.615	.536	.897
	N	12	12	12	12	12	12	12
so2_10	Correlation Coefficient	-.259	1.000	.105	.166	-.470	-.121	-.182
	Sig. (2-tailed)	.417	.	.746	.607	.123	.709	.572
	N	12	12	12	12	12	12	12
tsp_10	Correlation Coefficient	.210	.105	1.000	.600*	.199	.270	-.266
	Sig. (2-tailed)	.513	.746	.	.039	.534	.397	.404
	N	12	12	12	12	12	12	12
shmin_10	Correlation Coefficient	.025	.166	.600*	1.000	-.359	-.429	-.533
	Sig. (2-tailed)	.939	.607	.039	.	.252	.164	.075
	N	12	12	12	12	12	12	12
klbmax_10	Correlation Coefficient	.162	-.470	.199	-.359	1.000	.740**	.444
	Sig. (2-tailed)	.615	.123	.534	.252	.	.006	.148
	N	12	12	12	12	12	12	12
klbmin_10	Correlation Coefficient	.199	-.121	.270	-.429	.740**	1.000	.404
	Sig. (2-tailed)	.536	.709	.397	.164	.006	.	.192
	N	12	12	12	12	12	12	12
crhjn_10	Correlation Coefficient	-.042	-.182	-.266	-.533	.444	.404	1.000
	Sig. (2-tailed)	.897	.572	.404	.075	.148	.192	.
	N	12	12	12	12	12	12	12

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

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations (2008-2010)

Correlations

		ttl_ispa08	rt_so2	rt_tsp	rt_shmin	rt_klbmax	rt_klbmin	rt_crhjn
ttl_ispa08	Pearson Correlation	1	-.302	.216	-.058	-.266	-.558	-.347
	Sig. (2-tailed)	.	.339	.501	.858	.402	.059	.269
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_so2	Pearson Correlation	-.302	1	.524	-.047	.369	.712**	.485
	Sig. (2-tailed)	.339	.	.081	.884	.238	.009	.110
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_tsp	Pearson Correlation	.216	.524	1	.108	.284	.174	.173
	Sig. (2-tailed)	.501	.081	.	.738	.371	.589	.591
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_shmin	Pearson Correlation	-.058	-.047	.108	1	.231	.128	.352
	Sig. (2-tailed)	.858	.884	.738	.	.470	.693	.262
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_klbmax	Pearson Correlation	-.266	.369	.284	.231	1	.796**	.823**
	Sig. (2-tailed)	.402	.238	.371	.470	.	.002	.001
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_klbmin	Pearson Correlation	-.558	.712**	.174	.128	.796**	1	.769**
	Sig. (2-tailed)	.059	.009	.589	.693	.002	.	.003
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_crhjn	Pearson Correlation	-.347	.485	.173	.352	.823**	.769**	1
	Sig. (2-tailed)	.269	.110	.591	.262	.001	.003	.
	N	12	12	12	12	12	12	12

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations (Rata-rata 2008-2010)

Correlations

		tll ispa08	rt so2	rt tsp	rt shmin	rt klbmax	rt klbmin	rt crhjn
tll_ispa08	Pearson Correlation	1	-.302	.216	-.058	-.266	-.558	-.347
	Sig. (2-tailed)		.339	.501	.858	.402	.059	.269
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_so2	Pearson Correlation	-.302	1	.524	-.047	.369	.712**	.485
	Sig. (2-tailed)	.339		.081	.884	.238	.009	.110
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_tsp	Pearson Correlation	.216	.524	1	.108	.284	.174	.173
	Sig. (2-tailed)	.501	.081		.738	.371	.589	.591
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_shmin	Pearson Correlation	-.058	-.047	.108	1	.231	.128	.352
	Sig. (2-tailed)	.858	.884	.738		.470	.693	.262
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_klbmax	Pearson Correlation	-.266	.369	.284	.231	1	.796**	.823**
	Sig. (2-tailed)	.402	.238	.371	.470		.002	.001
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_klbmin	Pearson Correlation	-.558	.712**	.174	.128	.796**	1	.769**
	Sig. (2-tailed)	.059	.009	.589	.693	.002		.003
	N	12	12	12	12	12	12	12
rt_crhjn	Pearson Correlation	-.347	.485	.173	.352	.823**	.769**	1
	Sig. (2-tailed)	.269	.110	.591	.262	.001	.003	
	N	12	12	12	12	12	12	12

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations (Gabungan 2008-2010)

Correlations

		ispa_gab	so2_gab	tsp_gab	shmin_gab	klbmax_gab	klbmin_gab	crhjn_gab
ispa_gab	Pearson Correlation	1	-.504**	.447*	.117	.446*	.226	.157
	Sig. (2-tailed)		.005	.013	.539	.014	.229	.409
	N	30	30	30	30	30	30	30
so2_gab	Pearson Correlation	-.504**	1	-.163	-.005	-.027	.231	.081
	Sig. (2-tailed)	.005		.390	.978	.888	.220	.672
	N	30	30	30	30	30	30	30
tsp_gab	Pearson Correlation	.447*	-.163	1	.279	.312	.226	.094
	Sig. (2-tailed)	.013	.390		.136	.093	.229	.621
	N	30	30	30	30	30	30	30
shmin_gab	Pearson Correlation	.117	-.005	.279	1	.341	.265	.081
	Sig. (2-tailed)	.539	.978	.136		.065	.157	.671
	N	30	30	30	30	30	30	30
klbmax_gab	Pearson Correlation	.446*	-.027	.312	.341	1	.762**	.645**
	Sig. (2-tailed)	.014	.888	.093	.065		.000	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
klbmin_gab	Pearson Correlation	.226	.231	.226	.265	.762**	1	.671**
	Sig. (2-tailed)	.229	.220	.229	.157	.000		.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
crhjn_gab	Pearson Correlation	.157	.081	.094	.081	.645**	.671**	1
	Sig. (2-tailed)	.409	.672	.621	.671	.000	.000	
	N	30	30	30	30	30	30	30

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

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

Nonparametric Correlations (Gabungan 2008-2010)

Correlations

		ispa_gab	so2_gab	tsp_gab	shmin_gab	klbmax_gab	klbmin_gab	crhjn_gab
Spearman's rho	ispa_gab	1.000	-.431*	.336	.229	.470**	.244	.115
	Correlation Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.	.018	.069	.224	.009	.194	.547
	N	30	30	30	30	30	30	30
so2_gab	so2_gab	-.431*	1.000	-.096	-.077	-.104	.161	.057
	Correlation Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.018	.	.612	.685	.583	.396	.765
	N	30	30	30	30	30	30	30
tsp_gab	tsp_gab	.336	-.096	1.000	.375*	.246	.225	.108
	Correlation Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.069	.612	.	.041	.191	.232	.569
	N	30	30	30	30	30	30	30
shmin_gab	shmin_gab	.229	-.077	.375*	1.000	.272	.241	.121
	Correlation Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.224	.685	.041	.	.146	.200	.525
	N	30	30	30	30	30	30	30
klbmax_gab	klbmax_gab	.470**	-.104	.246	.272	1.000	.849**	.702**
	Correlation Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.009	.583	.191	.146	.	.000	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
klbmin_gab	klbmin_gab	.244	.161	.225	.241	.849**	1.000	.718**
	Correlation Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.194	.396	.232	.200	.000	.	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
crhjn_gab	crhjn_gab	.115	.057	.108	.121	.702**	.718**	1.000
	Correlation Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.547	.765	.569	.525	.000	.000	.
	N	30	30	30	30	30	30	30

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

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS KESEHATAN
SUKU DINAS KESEHATAN
KOTA ADMINISTRASI JAKARTA TIMUR
 Jl. Matraman Raya No. 218. Telp. 021 8192202 Fax. 021 8506319
J A K A R T A

Kode Pos : 13310

Nomor : *WFO* 11.772.2
 Lampiran :
 Hal : Penelitian dan Menggunakan Data

25 Februari 2011

Kepada
 Yth. Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
 Universitas Indonesia
 di Depok

Menjawab surat Saudara tanggal 16 Februari 2011 Nomor : 1024/H2.F10/PPM.00.00/2011 Hal : penelitian dan menggunakan data dalam rangka penulisan skripsi, bagi mahasiswa Program Sarjana Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia dengan judul skripsi : "Hubungan Konsentrasi SO₂ & PM₁₀ Dengan Kejadian Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) Tahun 2008-2010" di Wilayah Jakarta Timur. Maka dengan ini kami sampaikan hal-hal sebagai berikut:

1. Pada prinsipnya kami tidak keberatan atas permohonan Saudara yang akan dilaksanakan di Wilayah Jakarta Timur pada tanggal 23 Februari 2011 s.d selesai dengan mengikuti semua aturan yang berlaku pada Instansi tersebut
2. Lahan yang kami berikan untuk melaksanakan kegiatan tersebut adalah Seksi Pengendalian Masalah Kesehatan Suku Dinas Kesehatan Jakarta Timur, dan segera menghubungi Kepala Seksi pada Instansi tersebut dengan melampirkan Proposal yang dimaksud
3. Melaporkan kembali hasil pelaksanaan kegiatan tersebut kepada Suku Dinas Kesehatan Jakarta Timur, dengan melampirkan laporan kegiatan.
4. Nama mahasiswa : Sandra Yossi
 NPM : 0706273972
 Peminatan : Kesehatan Lingkungan

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya diucapkan terima kasih.



Tembusan : Kepada Yth.
 1. Ka. Dinas Kesehatan Prop.DKI Jakarta
 2. Ka. Seksi Pengendalian Masalah Kesehatan Suku Dinas Kesehatan Jakarta Timur

UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
KAMPUS BARU UNIVERSITAS INDONESIA DEPOK 16424, TELP. (021) 7864975, FAX. (021) 7863472

No : 1025 /H2.F10/PPM.00.00/2011
Lamp. : ---
Hal : *Ijin penelitian dan menggunakan data*

16 Februari 2011

Kepada Yth.

Kepala Badan Pengelola Lingkungan Hidup Prov. DKI Jakarta
Jl. Casablanca Kav. I Kuningan
Jakarta Selatan

Sehubungan dengan penulisan skripsi mahasiswa Program Studi Sarjana Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia mohon diberikan ijin kepada mahasiswa kami:

Nama : Sandra Yossi
NPM : 0706273972
Thn. Angkatan : 2007/2008
Peminatan : Kesehatan Lingkungan

Untuk melakukan penelitian dan menggunakan data, yang kemudian data tersebut akan dianalisis kembali dalam penulisan skripsi dengan judul, "*Hubungan Konsentrasi SO₂ & PM 10 Dengan Kejadian Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) pada Penduduk Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010*".

Selanjutnya Unit Akademik terkait atau mahasiswa yang bersangkutan akan menghubungi Institusi Bapak/Ibu. Namun, jika ada informasi yang dibutuhkan dapat menghubungi sekretariat Departemen Kesehatan Lingkungan di nomor telp. (021) 7863479.

Atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami haturkan terima kasih.

a.n Dekan FKM UI

Wakil Dekan,



Tembusan:

- Pembimbing skripsi
- Arsip

UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

KAMPUS BARU UNIVERSITAS INDONESIA DEPOK 16424, TELP. (021) 7864975, FAX. (021) 7863472

No : 1025 /H2.F10/PPM.00.00/2011
Lamp. : ---
Hal : *Ijin penelitian dan menggunakan data*

16 Februari 2011

Kepada Yth.

Kepala Balai Besar Meteorologi dan Geofisika
Wilayah II Ciputat
Banten

Sehubungan dengan penulisan skripsi mahasiswa Program Studi Sarjana Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia mohon diberikan ijin kepada mahasiswa kami:

Nama : Sandra Yossi
NPM : 0706273972
Thn. Angkatan : 2007/2008
Peminatan : Kesehatan Lingkungan

Untuk melakukan penelitian dan menggunakan data, yang kemudian data tersebut akan dianalisis kembali dalam penulisan skripsi dengan judul, "*Hubungan Konsentrasi SO₂ & PM 10 Dengan Kejadian Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) pada Penduduk Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2008-2010*".

Selanjutnya Unit Akademik terkait atau mahasiswa yang bersangkutan akan menghubungi Institusi Bapak/Ibu. Namun, jika ada informasi yang dibutuhkan dapat menghubungi sekretariat Departemen Kesehatan Lingkungan dinomor telp. (021) 7863479.

Atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami haturkan terima kasih.

a.n Dekan FKM UI
Wakil Dekan,


Dr. Dian Ayubi, SKM, MOIH
NPM 0220825 199702 1 002

Tembusan:

- Pembimbing skripsi
- Arsip