



UNIVERSITAS INDONESIA

**KONSENTRASI PM_{2,5} DI UDARA DALAM RUANG DAN
PENURUNAN FUNGSI PARU PADA ORANG DEWASA DI
SEKITAR KAWASAN INDUSTRI PULO GADUNG
JAKARTA TIMUR TAHUN 2012**

SKRIPSI

EKY PRAMITHA DWI PUTRI

0806335946

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI SARJANA KESEHATAN MASYARAKAT
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KONSENTRASI PM_{2,5} DI UDARA DALAM RUANG DAN
PENURUNAN FUNGSI PARU PADA ORANG DEWASA DI
SEKITAR KAWASAN INDUSTRI PULO GADUNG
JAKARTA TIMUR TAHUN 2012**

SKRIPSI

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

**EKY PRAMITHA DWI PUTRI
0806335946**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI SARJANA KESEHATAN MASYARAKAT
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2012**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Eky Pramitha Dwi Putri

NPM : 0806335946

Mahasiswa Program : S1 Reguler Kesmas

Tahun Akademik : 2008-2012

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

“Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang dan Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Sekitar Kawasan Industri Pulo Gadung Tahun 2012”

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, Juli 2012


(Eky Pramitha Dwi Putri)

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Eky Pramitha Dwi Putri

NPM : 0806335946

Tanda Tangan : 

Tanggal : 26 Juni 2012

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Eky Pramitha Dwi Putri
NPM : 0806335946
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang dan Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Sekitar Kawasan Industri Pulo Gadung, Jakarta Timur Tahun 2012

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Budi Haryanto, SKM, MKM, MSc

Penguji : drg. Sri Tjahjani Budi Utami, Mkes

Penguji : drg. Heny D Mayawati MKKK

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 26 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan nikmat-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Permasalahan yang diambil dalam skripsi ini adalah konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dan efeknya pada fungsi paru orang dewasa. Topik ini diambil dengan harapan hasil dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, terutama untuk upaya pencegahan dan pengendaliannya.

Penulis menemui berbagai macam hambatan dan kesulitan dalam proses penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa tulisan dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna, tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan nilai tambah bagi yang membutuhkan. Selain itu, kritik dan saran guna penyempurnaan skripsi ini sangat peneliti harapkan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. R. Budi Haryanto, SKM, MKM, M.Sc. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan sarana yang dibutuhkan selama masa perkuliahan hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
2. Segenap tenaga pengajar dan staf di lingkungan FKM UI umumnya dan Departemen Kesehatan Lingkungan khususnya yang telah berperan penting dalam proses transfer *knowledge* ilmu kesehatan masyarakat sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
3. Haryo Kuntoro Adi S.Si, MSi selaku dosen kesehatan lingkungan yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam mengoperasikan alat *dust track* sehingga penulis dapat memahami cara pengukuran $PM_{2,5}$.
4. Seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan penuh, baik secara moril maupun materi, serta restu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
5. Kepala Kelurahan Rawa Terate dan segenap pegawai yang telah memberikan izin penelitian dan membantu pengumpulan semua data yang dibutuhkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.

6. Ketua RW 02, RW 04, dan RW 06 yang telah membantu penulis untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan selama kegiatan penelitian berlangsung di Kelurahan Rawa Terate.
7. Bapak Rohman (Ketua RT 01), Ibu Diah (Ketua RT 06), Bapak Rachmat (Ketua RT 04), Bapak Djadjang (Ketua RT 08), Bapak Hambali (Ketua RT 02), dan Bapak Sugeng (Ketua RT 10) yang telah bersedia membantu penulis dalam mengkoordinasi warga setempat selama kegiatan penelitian berlangsung.
8. Segenap warga Kelurahan Rawa Terate yang telah bersedia menjadi responden dalam penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
9. Dyah R Indriastuti dan Raynal Ramadhan yang telah memberikan semangat disaat rapuh, mengajarkan penulis menjadi pribadi yang lebih tangguh dari sebelumnya, dan selalu membuat penulis tersenyum dibatas letihnya mengerjakan skripsi. Maaf karena saya kalah satu janji...
10. Teman-teman terbaik (Fitria Halim, Syifa Rizki, Indah Tri F, dan Destiana Widyaningrum) yang selalu mengingatkan dan memberi semangat kepada penulis. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada Sifa Fauzia yang telah membantu penulis selama penelitian dan Achmad Naufal atas ilmu yang telah diberikan selama penulisan skripsi ini.
11. Rekan-rekan satu bimbingan yang selalu menjadi tempat bersandar dan teman berdiskusi. Walau setiap harinya serasa berjalan tidak menapak bumi, tapi percayalah ujung dari semua usaha keras kita pasti indah.
12. Teman-teman jurusan Kesehatan Lingkungan angkatan 2008 yang telah memberikan berjuta kenangan kepada penulis, baik suka maupun duka, selama masa perkuliahan hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan, menyertakan cinta-Nya disetiap senyum kalian, dan merahmati tiap jejak langkah kaki kalian. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang memerlukannya.

Jakarta, Juni 2012

Eky Pramitha Dwi Putri

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

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

Nama : Eky Pramitha Dwi Putri
NPM : 0806335946
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 Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang dan Penurunan Fungsi Paru pada
Orang Dewasa di Sekitar Kawasan Industri Pulo Gadung, Jakarta Timur
Tahun 2012**

berserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif 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 : 26 Juni 2012

Yang menyatakan



(Eky Pramitha Dwi Putri)

ABSTRAK

Nama : Eky Pramitha Dwi Putri
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul : Konsentrasi $PM_{2,5}$ di Udara Dalam Ruang dan Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Sekitar Kawasan Industri Pulo Gadung, Jakarta Timur 2012.

$PM_{2,5}$ adalah indikator penting untuk mengetahui risiko kesehatan yang disebabkan oleh polusi partikulat. Paparan konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang telah banyak dikaitkan dengan kejadian penurunan fungsi paru. Oleh karena itu, program intervensi harus dimulai dari faktor lingkungan. Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa. Studi potong lintang dilakukan di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur. Penelitian dilakukan dari bulan maret sampai mei 2012. Peneliti memilih secara acak 109 orang dewasa yang berusia 20-65 tahun dengan menggunakan metode stratifikasi acak sampel. Hal ini dilakukan untuk menentukan kejadian penurunan fungsi paru dan hubungannya dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang. Fungsi paru diperiksa dengan menggunakan spirometri tes untuk mendapatkan nilai VC, FCV, FEV_1 , dan FEV_1/FCV . Konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang diukur dengan menggunakan alat dust track. Setelah itu, analisis dilakukan dengan menggunakan model regresi logistik untuk mendapatkan nilai OR dari konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa. Selain itu, variabel karakteristik individu dan faktor lingkungan rumah juga dianalisis dengan kejadian penurunan fungsi paru. Prevalensi penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung sebesar 38,5%. Hasil analisis menunjukkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa (OR = 3,31 ; nilai p = 0,003). Faktor lain yang mempengaruhi penurunan fungsi paru pada orang dewasa adalah jenis kelamin laki-laki (OR = 2,84; nilai p = 0,025), durasi paparan (OR = 3,56; nilai p = 0,002), merokok (OR = 2,60; nilai p = 0,040), ventilasi (OR = 3,35; nilai p = 0,026), dan kelembaban (OR = 3,12; nilai p = 0,016). Akhirnya, kesimpulan dari penelitian ini adalah konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang berhubungan signifikan dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa.

Kata kunci:

Fungsi paru; $PM_{2,5}$; polusi udara dalam ruang.

ABSTRACT

Name : Eky Pramitha Dwi Putri
Study Program : Public Health Science
Title : Indoor PM_{2.5} Concentration and the Decline of Adult Lung Function in the Surrounding of Pulo Gadung Industries, East Jakarta 2012.

PM_{2.5} is an important indicator of risk to health from particulate pollution. Exposure to indoor air pollution of PM_{2.5} has been associated with an increase in lung function impairment. Consequently, the intervention program must be started from environmental factors. The aim of the study was to better understand the association between indoor PM_{2.5} concentration and the decline of adult lung function. Cross sectional study was conducted at the surrounding of Pulo Gadung Industries, East Jakarta. This study was extended from March to May 2012. Researcher has selected 109 adults from 20 to 65 years of age by the stratified random sample to determine the incidence of lung function impairment and its relationship to indoor air pollution due to PM_{2.5}. Lung function was measured by spirometry test to get the value of VC, FCV, FEV₁, and FEV₁/FCV. Indoor PM_{2.5} concentration was obtained from measurement by dust track. The Odds Ratio (OR) for the effect of indoor PM_{2.5} concentration on lung function in adult was analyzed by logistic regression model. Besides that, individual variables and health housing variables were analyzed with the decline of adult lung function too. The prevalence of the decline of adult lung function in the surrounding of Pulo Gadung Industries was 38,5%. The analysis showed significantly association between indoor PM_{2.5} concentration and the decline of adult lung function (OR = 3,31; p value = 0,003). Another factors that influenced the decline of adult lung function were the men gender (OR = 2,84; p value = 0,025), the duration of exposure (OR = 3,56; p value = 0,002), smoking (OR = 2,60; p value = 0,040), ventilation (OR = 3,35; p value = 0,026), and humidity (OR = 3,12; p value = 0,016). Finally, the conclusion of this study is indoor PM_{2.5} concentration was significantly associated with the decline of adult lung function.

Key words:

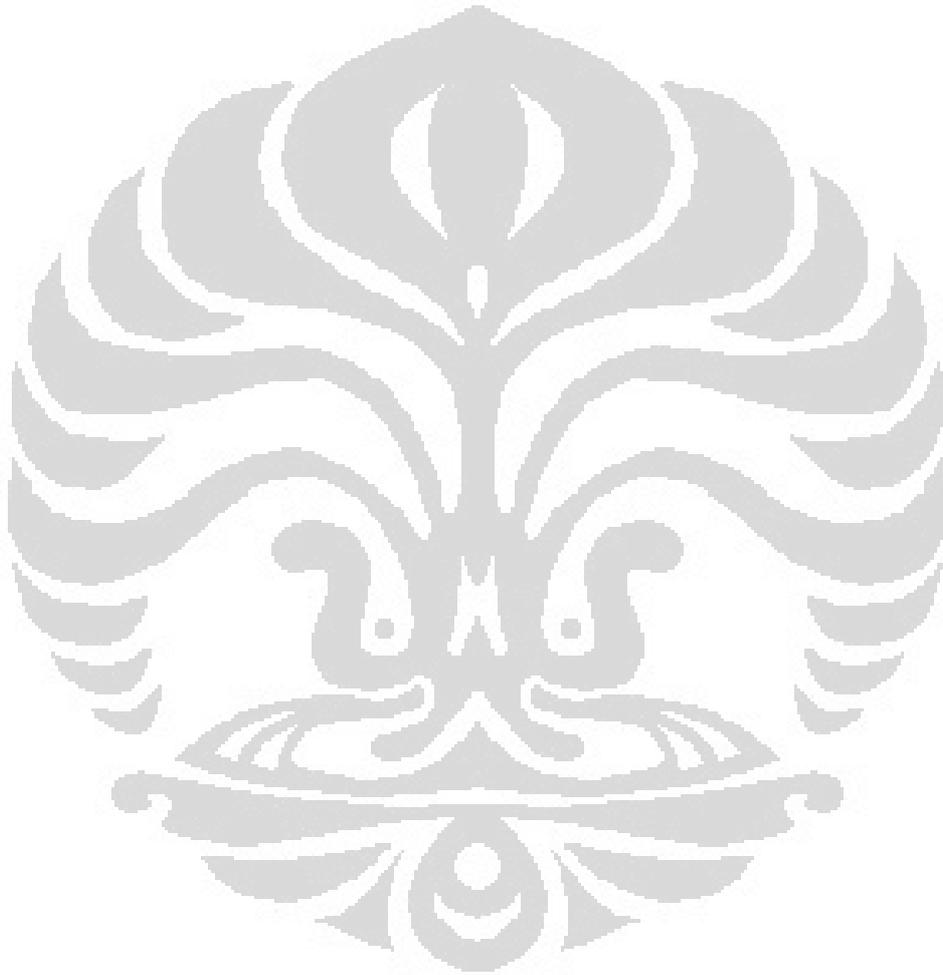
Lung function; fine particulate matter; indoor air pollution.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.4.1 Tujuan Umum.....	5
1.4.2 Tujuan Khusus.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.5.1 Bagi Peneliti.....	5
1.5.2 Bagi Masyarakat.....	5
1.5.3 Bagi Pemerintah.....	6
1.6 Lingkup Penelitian.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Parikel Debu $\leq 2,5$ Mikrometer ($PM_{2,5}$).....	8
2.1.1 Definisi, Karakteristik, dan Sumber.....	8
2.1.2 Kondisi Parikel Debu $\leq 2,5$ Mikrometer ($PM_{2,5}$).....	9
2.1.3 Sistem Saluran Pernapasan Manusia.....	10
2.1.4 Mekanisme Paparan $PM_{2,5}$ ke tubuh manusia.....	12
2.1.5 Penyakit yang Disebabkan oleh $PM_{2,5}$	13
2.1.6 Baku Mutu $PM_{2,5}$	15
2.1.7 Cara Pengukuran $PM_{2,5}$	15
2.2 Penurunan Fungsi Paru.....	18
2.2.1 Definisi dan Karakteristik Penurunan Fungsi Paru.....	18
2.2.2 Mekanisme Terjadinya Penurunan Fungsi Paru.....	21
2.2.3 Berbagai Paparan Penyebab Penurunan Fungsi Paru.....	22
2.2.4 Cara Pengukuran Fungsi Paru.....	24
2.3 Beberapa Faktor Lain yang Mempengaruhi Hubungan Konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan Penurunan Fungsi Paru.....	25
2.3.1 Jenis Kelamin.....	25
2.3.2 Umur.....	26
2.3.3 Status Gizi.....	26
2.3.4 Status Sosial Ekonomi.....	28
2.3.5 Suhu Udara.....	28
2.3.6 Kelembaban Udara.....	29

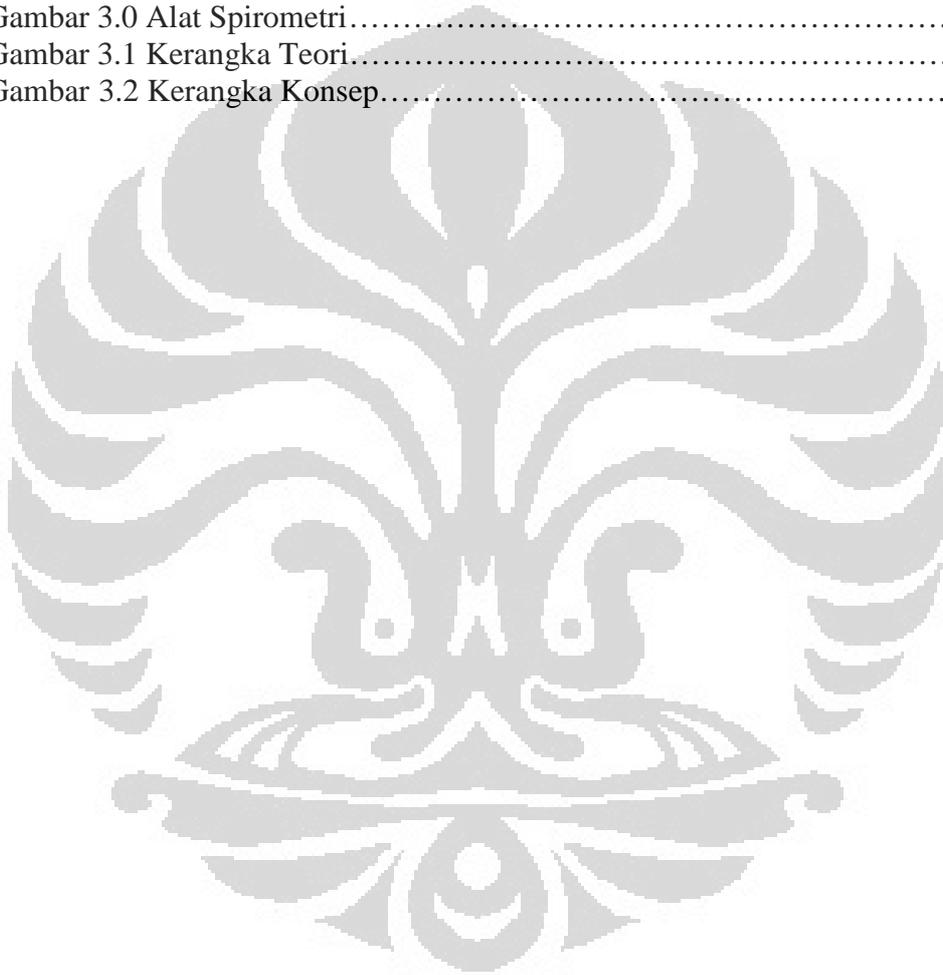
2.3.7 Ventilasi Ruangan.....	30
2.3.8 Jenis lantai.....	30
2.3.9 Penggunaan Bahan Bakar Masak.....	31
2.3.10 Status Merokok.....	31
2.4 Hasil Penelitian Terkait Hubungan Konsentrasi PM _{2,5} dengan Penurunan Fungsi Paru.....	32
3. KERANGKA KONSEPSIONAL.....	34
3.1 Kerangka Teori.....	34
3.2 Kerangka Konsep.....	37
3.3 Definisi Operasional.....	39
4. METODOLOGI PENELITIAN.....	43
4.1 Rancangan Penelitian.....	43
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	43
4.2.1 Lokasi Penelitian.....	43
4.2.2 Waktu Penelitian.....	43
4.3 Populasi dan Sampel.....	44
4.3.1 Populasi Penelitian.....	44
4.3.2 Sampel Penelitian.....	44
4.3.3 Pengambilan Sampel.....	45
4.4 Pengumpulan Data.....	46
4.4.1 Rincian Data Pengumpulan dan Pelaksanaannya.....	46
4.4.2 Pengorganisasian.....	49
4.5 Pengolahan dan Analisis Data.....	50
5. HASIL PENELITIAN.....	52
5.1 Gambaran Umum.....	52
5.2 Tingkat Respon.....	52
5.3 Analisis Univariat.....	53
5.3.1 Konsentrasi PM _{2,5} di Udara Dalam Ruang.....	53
5.3.2 Faktor Individu.....	53
5.3.3 Penurunan Fungsi Paru Responden.....	54
5.3.4 Faktor Lingkungan Rumah.....	54
5.4 Analisis Bivariat.....	56
5.4.1 Hubungan antara Konsentrasi PM _{2,5} di Udara Dalam Ruang dengan Penurunan Fungsi Paru.....	56
5.4.2 Hubungan antara Faktor Individu dengan Penurunan Fungsi Paru.....	56
5.4.3 Hubungan antara Faktor Lingkungan Rumah dengan Penurunan Fungsi Paru.....	58
6. PEMBAHASAN.....	60
6.1 Keterbatasan Penelitian.....	60
6.1.1 Instrumen Penelitian.....	60
6.1.2 Bias Informasi.....	60
6.1.3 Tingkat Keakuratan dan Kualitas Data.....	60

6.2 Hubungan antara Konsentrasi $PM_{2,5}$ di Udara Dalam Ruang dengan Penurunan Fungsi Paru.....	61
6.3 Hubungan antara Faktor Individu dengan Penurunan Fungsi Paru.....	63
6.4 Hubungan antara Faktor Lingkungan Rumah dengan Penurunan Fungsi Paru.....	66
7. KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
7.1 Kesimpulan.....	71
7.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Berbagai Ukuran Partikel di Udara.....	8
Gambar 2.2 Ukuran Partikel Debu $\leq 2,5$ Mikrometer (PM _{2,5})	9
Gambar 2.3 Alat HVAS.....	16
Gambar 2.4 Alat Haz-Dust.....	16
Gambar 2.5 Alat Dust Track.....	17
Gambar 2.6 Interpretasi Hasil Restriksi pada Spirometri.....	19
Gambar 2.7 Interpretasi Hasil Obstruksi pada Spirometri.....	20
Gambar 2.8 Interpretasi Campuran (Restriksi dan Obstruksi) pada Spirometri..	20
Gambar 2.9 Pemeriksaan dengan Spirometri.....	24
Gambar 3.0 Alat Spirometri.....	25
Gambar 3.1 Kerangka Teori.....	36
Gambar 3.2 Kerangka Konsep.....	37

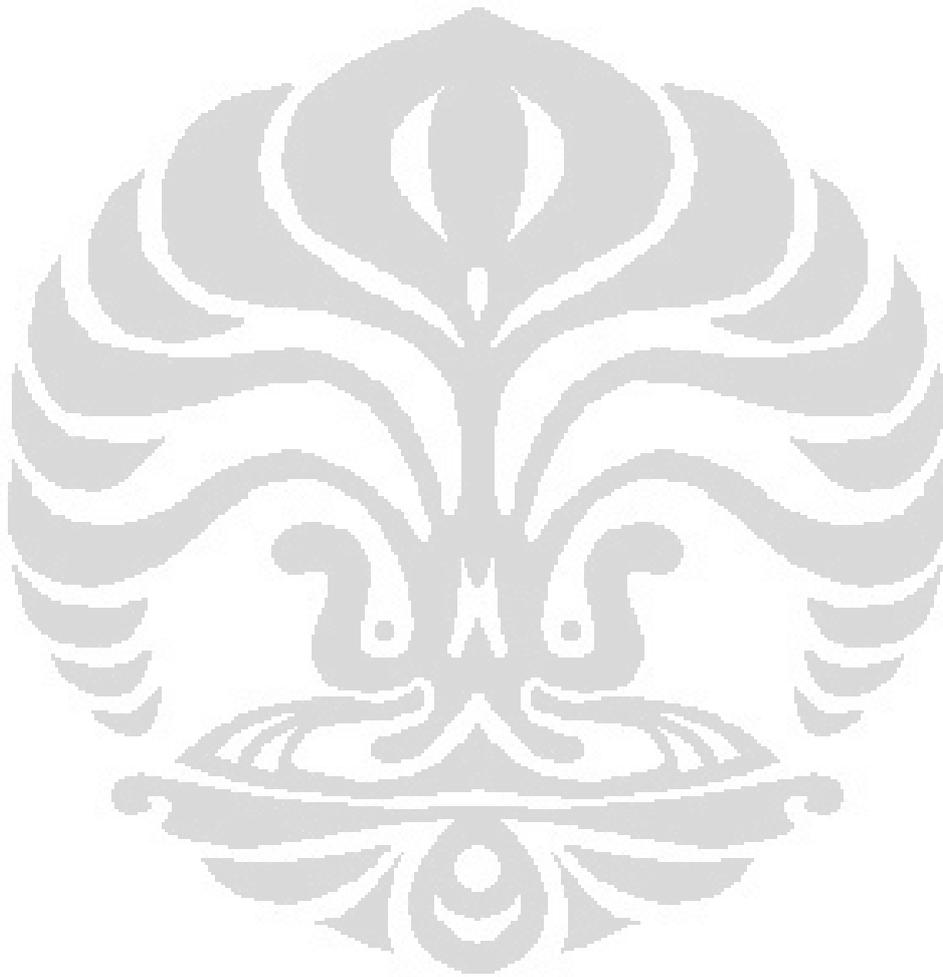


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Penilaian Fungsi Paru.....	21
Tabel 2.2	Kategori Ambang Batas IMT untuk Indonesia.....	27
Tabel 3.1	Definisi Operasional dalam Penelitian.....	39
Tabel 4.1	Klasifikasi Penilaian Fungsi Paru.....	48
Tabel 4.2	Kategori Ambang Batas IMT untuk Indonesia.....	49
Tabel 5.1	Distribusi Faktor Individu Berdasarkan Jenis Kelamin, Status Merokok, dan Status Gizi pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012.....	53
Tabel 5.2	Distribusi Faktor Individu Berdasarkan Umur, Lama Tinggal, dan Lama Berada di Rumah pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012.....	54
Tabel 5.3	Distribusi Faktor Lingkungan Rumah pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012.....	55
Tabel 5.4	Distribusi Konsentrasi PM _{2,5} di Udara Dalam Ruang Menurut Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012.....	56
Tabel 5.5	Distribusi Penurunan Fungsi Paru Menurut Jenis Kelamin, Status Merokok, dan Status Gizi pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012.....	57
Tabel 5.6	Distribusi Umur, Lama Tinggal, Lama Berada di Rumah Menurut Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012.....	58
Tabel 5.7	Distribusi Penurunan Fungsi Paru Menurut Faktor Lingkungan Rumah pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012.....	59

LAMPIRAN

- Lampiran 1. Surat Izin Penelitian
- Lampiran 2. Peta Kelurahan Rawa Terate
- Lampiran 3. Hasil Pengukuran Konsentrasi $PM_{2,5}$ di Udara Dalam Ruang
- Lampiran 4. Pemeriksaan Penurunan Fungsi Paru
- Lampiran 5. Kuesioner dan Lembar Observasi
- Lampiran 6. Output SPSS Analisis Univariat
- Lampiran 7. Output SPSS Analisis Bivariat
- Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Polusi udara merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang penting, terutama di negara berkembang. Perkembangan ekonomi, kepadatan penduduk, urbanisasi, penggunaan energi, dan transportasi menjadi penyebab utama terjadinya polusi udara di negara berkembang, terutama di kota-kota besar. Adapun zat yang biasa digunakan sebagai indikator terjadinya polusi udara disuatu tempat adalah SO₂, partikel debu (*Particulate Matter*), NO₂, dan O₃ (Chen dan Haidong, 2008). Partikel debu (*Particulate Matter*) merupakan suatu campuran dari partikel padat dan cair yang dapat ditemukan di udara. Ukuran dari partikel debu yang terdapat di udara secara langsung dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Berdasarkan ukurannya, *Environmental Protection Agency* (EPA) mengelompokkan partikel debu menjadi 2 kategori, yaitu partikel debu ≤ 10 mikrometer (PM₁₀) dan partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer (PM_{2,5}) (EPA, 2011).

Partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer (PM_{2,5}) merupakan salah satu polutan yang menjadi masalah di dunia. Banyak negara besar di Benua Amerika memiliki konsentrasi PM_{2,5} yang tinggi. Hasil laporan dari WHO menyatakan bahwa rata-rata konsentrasi PM_{2,5} di Amerika Serikat pada tahun 2002 mencapai 12,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dimana 90% titik pengukuran PM_{2,5} mencapai $<16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pengukuran PM_{2,5} lainnya di California selama 24 jam menunjukkan hasil rata-rata konsentrasi PM_{2,5} telah melebihi nilai 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, terutama di California selatan dan timur. Di Kanada, hasil pengukuran selama 24 jam menunjukkan hasil rata-rata konsentrasi PM_{2,5} telah melebihi nilai 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, terutama di daerah Ontario dan Quebec Selatan. Konsentrasi harian tertinggi dari PM_{2,5} terdapat di Kota Sao Paulo (Brazil) dengan konsentrasi mencapai 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

Perbandingan partikel debu ≤ 10 mikrometer (PM₁₀) dan partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer (PM_{2,5}) telah dilaporkan dari banyak negara di dunia, termasuk negara-negara di Benua Eropa. Berdasarkan data dari 115 stasiun pengukuran PM

menyatakan bahwa perbandingan konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2,5}$ adalah 0,65 dengan interval antara 0,42-0,82. Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada daerah pedesaan di Eropa tampak beragam yaitu berkisar 11-13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan, pada daerah perkotaan di Eropa konsentrasinya bisa lebih tinggi dibanding pada daerah pedesaan, yaitu berkisar 15-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

Partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer ($PM_{2,5}$) juga masih menjadi masalah di Benua Asia. Berdasarkan hasil pengukuran terakhir di kota Beijing, ternyata konsentrasi rata-rata $PM_{2,5}$ mencapai $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, konsentrasi rata-rata $PM_{2,5}$ bulanan di kota Beijing berkisar antara 61-139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

Konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dapat mempengaruhi kesehatan apabila terhirup oleh manusia. $PM_{2,5}$ yang terhirup akan masuk ke dalam alveoli sehingga menimbulkan reaksi radang yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordiastiko, et. al., 2002). Salah satu dampak negatif yang timbul akibat pajanan $PM_{2,5}$ adalah penurunan fungsi paru pada manusia (Lagorio, et. al., 2005). Penurunan fungsi paru merupakan indikator yang digunakan untuk menentukan infeksi saluran pernapasan kronik (Gotschi, et. al., 2005). WHO menyatakan bahwa pada tahun 2008 telah meninggal 4,2 juta orang akibat infeksi saluran pernapasan kronik (WHO, 2012).

Hasil penelitian yang dilakukan di Roma menyatakan bahwa terdapat korelasi antara peningkatan konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan gangguan fungsi paru. Penelitian ini juga menemukan bahwa $PM_{2,5}$ merupakan partikel yang mengandung 8 jenis logam, yaitu Fe, Zn, Pb, Pt, Cd, V, Cr, dan Ni (Lagorio, et. al., 2005). Selain itu, penelitian yang dilakukan pada industri pengelolaan kayu menyatakan bahwa gangguan fungsi paru dapat terjadi setelah terpapar selama 5-6 tahun (Borm, et. al., 2002).

Kerusakan pada paru-paru, terutama bagian alveoli terlihat jelas pada penelitian dengan menggunakan hewan uji. Pajanan $PM_{2,5}$ dengan dosis yang berbeda menghasilkan dampak yang berbeda pada paru-paru tikus. Semakin tinggi dosis $PM_{2,5}$ yang dipaparkan pada tikus maka semakin tinggi pula penurunan jumlah makrofag pada paru-paru tikus tersebut (Wegesser, et. al., 2009).

Penelitian lain menyatakan bahwa penyakit paru obstruktif kronik rentan terjadi pada orang yang merokok. Dalam penelitian ini juga disebutkan bahwa kejadian penurunan fungsi paru dapat terlihat pada orang yang telah berusia lebih dari 15 tahun (Kalhan, et. al., 2010). Penelitian yang dilakukan di Swedia menyatakan bahwa gangguan fungsi paru tidak hanya disebabkan oleh faktor lingkungan saja tetapi juga disebabkan oleh faktor genetik. Penelitian ini juga menyebutkan bahwa faktor genetik dapat menentukan variabilitas dari VC, FEV1, dan DL_{co} yang menjadi indikator pengukuran dari fungsi paru (Hallberg, et. al., 2010).

Laporan gangguan kesehatan akibat pajanan melalui udara sering dilaporkan pada daerah-daerah yang berdekatan dengan kawasan industri. Hasil penelitian yang dilakukan di kawasan industri menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM_{2,5} dengan gangguan fungsi paru pada ibu rumah tangga (Novianti, 2008). Hasil penelitian lain yang dilakukan di pabrik semen menyatakan bahwa responden mengalami gangguan fungsi paru sebesar 64,4%, sedangkan 31,6% responden mempunyai fungsi paru yang normal (Mengkidi, 2006).

Jakarta merupakan salah satu kota yang tinggi polusi udaranya. WHO menyatakan bahwa polusi udara di Jakarta berada di atas baku mutu (Resosudarso dan Lucenteza, 2004). Kawasan industri Pulo Gadung merupakan salah satu area perindustrian tertua di Jakarta yang terletak di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung. Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan oleh BPLHD menyatakan bahwa rata-rata konsentrasi debu total (TSP) tahunan di Kelurahan Rawa Terate sudah melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran menyatakan bahwa rata-rata konsentrasi TSP di Kelurahan Rawa Terate pada tahun 2009 sebesar 296 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kemudian, pada tahun 2010 rata-rata konsentrasi TSP mengalami peningkatan sebesar 301,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Terakhir, rata-rata konsentrasi TSP pada tahun 2011 mencapai 248,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan, baku mutu untuk konsentrasi TSP yang telah ditentukan oleh PP No.41 tahun 1999, yaitu sebesar 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi TSP di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur sudah menjadi masalah serius.

Sedangkan, hasil rekapan tahunan data penyakit di puskesmas rawa terate, Kecamatan Cakung menunjukkan bahwa gejala penyakit yang paling banyak terjadi adalah ISPA dan asma. Pada tahun 2007, penyakit saluran pernapasan bagian bawah (penyakit asma) menduduki posisi ke-7 tertinggi di puskesmas rawa terate. Penyakit saluran pernapasan bagian atas dan bawah merupakan penyakit yang disebabkan oleh adanya polusi udara, terutama partikel debu. Ini membuktikan bahwa penyakit saluran pernapasan di daerah yang terletak di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur masih menjadi masalah.

1.2. Rumusan Masalah

Kawasan industri Pulo Gadung merupakan salah satu area perindustrian tertua di Jakarta yang terletak di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung. Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan oleh BPLHD menyatakan bahwa rata-rata debu total (TSP) tahunan di Kelurahan Rawa Terate sudah melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran menyatakan bahwa rata-rata konsentrasi TSP di Kelurahan Rawa Terate pada tahun 2009 sebesar $296 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kemudian, pada tahun 2010 rata-rata konsentrasi TSP mengalami peningkatan sebesar $301,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terakhir, rata-rata konsentrasi TSP pada tahun 2011 mencapai $248,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan meningkatnya konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ di udara maka warga yang tinggal di sekitar kawasan industri Pulo Gadung memiliki risiko untuk mengalami penurunan fungsi paru.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Adakah hubungan antara konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada tahun 2012?

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada tahun 2012.
2. Mengetahui gambaran penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada tahun 2012.
3. Mengetahui hubungan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada tahun 2012.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Bagi Peneliti

1. Penelitian ini dapat melahirkan suatu hubungan yang baru antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung sehingga dapat memperbaharui teori yang telah lahir sebelumnya dan memperkaya dunia ilmu pengetahuan.

1.5.2. Bagi Masyarakat

1. Dapat menambah pengetahuan masyarakat tentang gangguan saluran pernapasan, khususnya mengenai pengaruh konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru.
2. Dapat memberikan informasi baru mengenai penurunan fungsi paru akibat adanya pengaruh konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang sehingga masyarakat dapat mempersiapkan langkah-langkah pencegahan sederhana.

1.5.3. Bagi Pemerintah

1. Menjadi landasan bagi pemerintah pusat, khususnya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kesehatan untuk melaksanakan tugasnya, yaitu membentuk suatu kebijakan, perencanaan strategik, *guideline*, serta menetapkan standar manajemen kasus gangguan saluran pernapasan di Kota Jakarta di masa depan setelah diketahuinya hubungan antara konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru.
2. Sebagai bahan pertimbangan untuk membuat berbagai kegiatan dalam rangka mengendalikan penyakit saluran pernapasan di Kota Jakarta yang bersifat *sustainable* dan berkesinambungan.

1.6. Lingkup Penelitian

Berdasarkan judul penelitian ini, maka ruang lingkup penelitian hanya sebatas pada hubungan antara konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada tahun 2012. Kawasan industri Pulo Gadung merupakan salah satu area perindustrian tertua di Jakarta yang terletak di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung. Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan oleh BPLHD menyatakan bahwa rata-rata debu total (TSP) tahunan di Kelurahan Rawa Terate masih melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran menyatakan bahwa rata-rata konsentrasi TSP di Kelurahan Rawa Terate pada tahun 2009 sebesar $296 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kemudian, pada tahun 2010 rata-rata konsentrasi TSP mengalami peningkatan sebesar $301,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terakhir, rata-rata konsentrasi TSP pada tahun 2011 mencapai $248,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan, baku mutu untuk konsentrasi TSP yang telah ditentukan sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kondisi ini juga diikuti dengan meningkatnya kasus gangguan saluran pernapasan di Jakarta. Oleh karena itu, peneliti ingin melakukan penelitian untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada tahun 2012.

Adapun populasi target dalam penelitian adalah semua warga di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur. Sedangkan, populasi studinya adalah orang dewasa yang berdomisili di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif yang bersifat deskriptif dengan menggunakan disain studi *cross-sectional* (potong lintang). Penelitian ini akan menggunakan data primer yang didapatkan dengan melakukan pengukuran konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang (*eksposure*) dan pemeriksaan fungsi paru pada orang dewasa (*outcome*) yang hanya akan dilakukan satu kali pada waktu yang sama. Data PM_{2,5} diperoleh dari hasil pengukuran konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang dengan menggunakan alat dust track. Pengukuran dilakukan di dalam rumah penduduk Kelurahan Rawa Terate yang terpilih menjadi sampel dalam penelitian ini. Sedangkan, data penurunan fungsi paru diperoleh dari proses pemeriksaan dengan menggunakan alat spirometri.

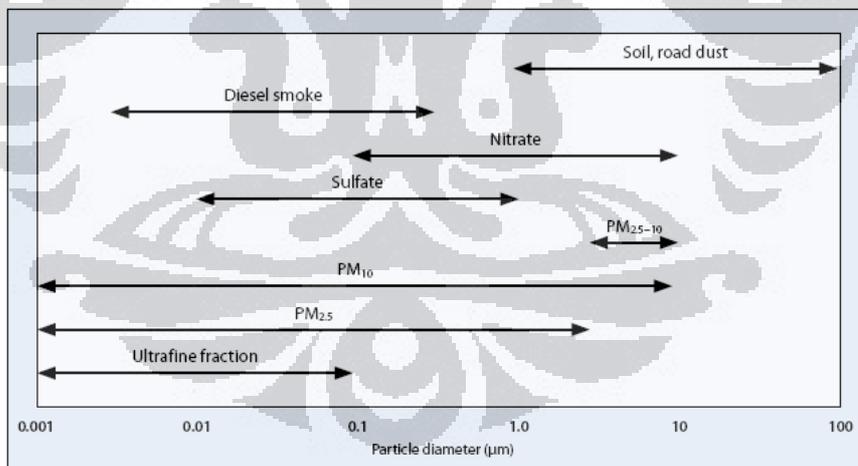
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Partikel Debu $\leq 2,5$ Mikrometer ($PM_{2,5}$)

2.1.1. Definisi, Karakteristik, dan Sumber

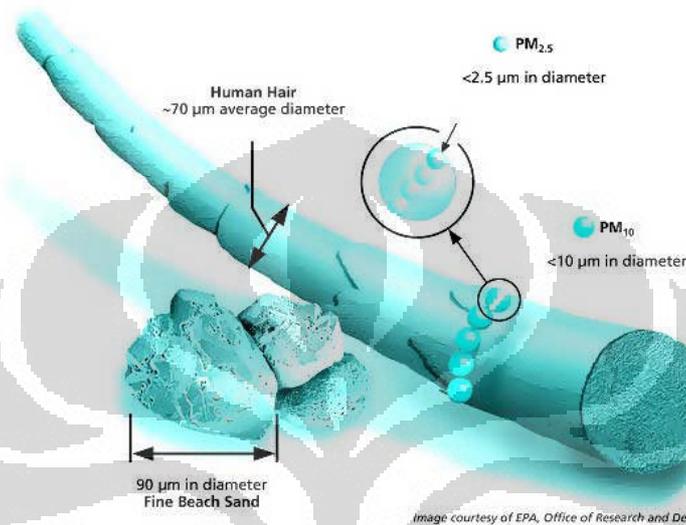
Berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999, polusi udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Polusi udara merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang penting, terutama di negara berkembang. Perkembangan ekonomi, kepadatan penduduk, urbanisasi, penggunaan energi, dan transportasi menjadi penyebab utama terjadinya polusi udara di negara berkembang, terutama di kota-kota besar. Adapun zat yang biasa digunakan sebagai indikator terjadinya polusi udara di suatu tempat adalah SO_2 partikel debu (*Particulate Matter*), NO_2 , dan O_3 (Chen and Haidong, 2008).



Gambar 2.1. Berbagai Ukuran Partikel di Udara

Partikel debu (*Particulate Matter*) merupakan suatu campuran dari partikel padat dan cair yang dapat ditemukan di udara. Ukuran dari partikel debu yang terdapat di udara secara langsung dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia.

Berdasarkan ukurannya, *Environmental Protection Agency* (EPA) mengelompokkan partikel debu menjadi 2 kategori, yaitu partikel debu ≤ 10 mikrometer (PM_{10}) dan partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer ($PM_{2,5}$) (EPA, 2011).



Gambar 2.2 Ukuran Partikel Debu $\leq 2,5$ Mikrometer ($PM_{2,5}$)

Partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer ($PM_{2,5}$) merupakan suatu polutan yang terdapat di udara. Partikel debu ini memiliki diameter $\leq 2,5$ mikrometer dan lebih kecil 1/30 bagian dari diameter rambut manusia. Komposisi pembentuk $PM_{2,5}$ terdiri dari sulfat, nitrat, *organic compounds*, *ammonium compounds*, *metal*, *acidic material*, dan bahan kontaminan lain yang dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia (EPA, 2011). Sumber utama $PM_{2,5}$ adalah pembakaran, asap rokok, memasak dengan kayu bakar, dan aktivitas pertanian (EPA, 2010).

2.1.2. Kondisi Partikel Debu $\leq 2,5$ Mikrometer ($PM_{2,5}$)

Partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer ($PM_{2,5}$) merupakan salah satu polutan yang menjadi masalah di dunia. Banyak negara besar di Benua Amerika yang masih tinggi konsentrasi $PM_{2,5}$. Hasil laporan dari WHO menyatakan bahwa rata-rata konsentrasi $PM_{2,5}$ di Amerika Serikat pada tahun 2002 mencapai $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dimana 90% titik pengukuran $PM_{2,5}$ mencapai $< 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pengukuran $PM_{2,5}$ lainnya di California

selama 24 jam menunjukkan hasil rata-rata konsentrasi $PM_{2,5}$ telah melebihi nilai $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terutama di California selatan dan timur. Di Kanada, hasil pengukuran selama 24 jam menunjukkan hasil rata-rata konsentrasi $PM_{2,5}$ telah melebihi nilai $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terutama di daerah Ontario dan Quebec Selatan. Konsentrasi harian tertinggi dari $PM_{2,5}$ terdapat di Kota Sao Paulo (Brazil) dengan konsentrasi mencapai $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

Perbandingan partikel debu ≤ 10 mikrometer (PM_{10}) dan partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer ($PM_{2,5}$) telah dilaporkan dari banyak negara di dunia, termasuk negara-negara di Benua Eropa. Berdasarkan data dari 115 stasiun pengukuran PM menyatakan bahwa perbandingan konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2,5}$ adalah 0,65 dengan interval antara 0,42-0,82. Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada daerah pedesaan di Eropa tampak beragam yaitu berkisar $11-13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan, pada daerah perkotaan di Eropa konsentrasinya bisa lebih tinggi dibanding pada daerah pedesaan, yaitu berkisar $15-20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

Partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer ($PM_{2,5}$) juga masih menjadi masalah di Benua Asia. Berdasarkan hasil pengukuran terakhir di kota Beijing, ternyata konsentrasi rata-rata $PM_{2,5}$ mencapai $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, konsentrasi rata-rata $PM_{2,5}$ bulanan di kota Beijing berkisar antara $61-139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

2.1.3. Sistem Saluran Pernapasan Manusia

Saluran pernapasan merupakan jalur utama bagi gas atau partikel untuk masuk ke dalam tubuh manusia. Proses pernapasan melibatkan pergerakan dan pertukaran udara di beberapa tempat seperti hidung, mulut, faring, trakea, bronkus, dan saluran pernapasan paling kecil yaitu alveoli. Ukuran alveoli berkisar antara $0,4-1,5 \mu\text{m}$. Di dalam alveoli terdapat Pneumocytes Tipe 1, yang terdiri atas 40% dari semua sel di alveoli dan menutupi lebih dari 90% bagian permukaan alveoli. Pneumocytes Tipe 2 mewakili 60% dari semua sel tetapi hanya terdiri 5% dari bagian permukaan. Sedangkan, makrofag mencapai 90% di dalam alveoli (Hodgson, 2004 dalam Nasidah, 2010).

Adapun bagian-bagian dari saluran pernapasan yang berperan dalam proses pernapasan pada manusia adalah sebagai berikut:

a. Saluran udara

Saluran udara merupakan saluran yang membawa udara yang kaya akan oksigen ke paru-paru dan karbon dioksida ke luar dari paru-paru. Udara masuk ke dalam tubuh melalui hidung atau mulut yang kemudian membasahi dan menghangatkan udara tersebut. Udara terus berjalan melewati laring, turun ke trakea yang bercabang menjadi dua batang bronchi dan kemudian masuk ke dalam paru-paru. Trakea dilapisi oleh epiglottis yang berfungsi untuk menutupi trakea ketika menelan makanan sehingga tidak ada yang dapat masuk ke dalam paru-paru selain udara.

Di saluran udara terdapat silia berlendir yang berfungsi untuk menangkap kuman dan zat-zat asing lainnya yang masuk ke dalam saluran udara dan kemudian mengangkatnya kembali ke hidung atau mulut. Pengeluarannya dapat berupa lendir, batuk, atau bersin. Selain silia, bulu hidung dan air liur juga membantu dalam menangkap kuman dan partikel.

b. Paru-paru dan pembuluh darah

Paru-paru dan pembuluh darah membawa oksigen ke tubuh dan mengeluarkan karbon dioksida. Di dalam paru-paru, bronki bercabang hingga mencapai ribuan bronki kecil yang sering disebut dengan bronkiolus dan berakhir di kantong-kantong udara yang disebut dengan alveolus. Tiap alveolus dilapisi dengan pembuluh darah tipis yang saling bertautan disebut pembuluh darah kapiler. Arteri pulmonary dan cabangnya membawa darah yang kaya akan karbon dioksida ke pembuluh darah kapiler. Kemudian, di dalam alveoli terjadi perpindahan karbon dioksida dan oksigen. Darah yang kaya akan oksigen dibawa oleh pembuluh darah vena pulmonary ke seluruh tubuh.

c. Otot-otot yang digunakan dalam pernapasan

Otot-otot yang berada di dekat paru-paru membantu melebarkan dan menyempitkan paru-paru saat bernapas. Otot-otot tersebut adalah diafragma, otot tulang iga, otot perut, serta otot di leher dan daerah sekitar selangka.

Saat bernapas terdapat dua aktivitas yang dilakukan, yaitu inspirasi dan ekspirasi. Pada saat inspirasi terjadi maka otot diafragma berkontraksi dan bergerak turun ke bawah. Reaksi tersebut memperbesar area di rongga dada yang kemudian diisi dengan paru-paru yang membesar. Otot tulang iga berkontraksi untuk mengangkat kerangka iga naik-turun saat bernapas. Saat paru-paru membesar, udara masuk melalui hidung atau mulut dan bergerak menuruni trakea menuju paru-paru. Setelah melewati bronki, udara masuk ke dalam alveoli. Melalui dinding tipis yang melapisi alveoli, oksigen yang terdapat di udara masuk ke dalam pembuluh darah kapiler. Hemoglobin membantu perpindahan oksigen dari alveoli ke dalam darah. Di saat yang bersamaan, karbon dioksida bergerak dari pembuluh darah kapiler menuju alveoli. Gas tersebut ikut dalam peredaran darah dari jantung bagian kanan melalui pulmonary. Sedangkan, darah yang kaya oksigen dikirim ke jantung bagian kiri untuk kemudian dibawa ke seluruh tubuh.

Sedangkan pada saat ekspirasi, otot diafragma relaks dan bergerak ke atas menuju rongga dada sehingga rongga tersebut menyempit. Saat itu, udara yang kaya karbon dioksida dibawa keluar dari paru-paru dan trakea kemudian akhirnya keluar melalui hidung atau mulut.

2.1.4. Mekanisme Pajanan $PM_{2,5}$ ke Tubuh Manusia

$PM_{2,5}$ merupakan suatu polutan di udara yang memiliki diameter $\leq 2,5$ mikrometer. Jalur pajanan $PM_{2,5}$ ke dalam tubuh manusia yaitu melalui udara (saluran pernapasan). Sistem pernapasan memiliki beberapa pertahanan yang berperan untuk mencegah masuknya partikel-partikel, baik berbentuk padat maupun berbentuk cair, ke dalam paru-paru. Ketika manusia bernapas, tidak hanya oksigen yang masuk ke dalam tubuh tetapi juga terdapat debu, bakteri, virus, spora jamur, dan lain-lain.

Sistem pernapasan bermula dari hidung, tenggorokan, bronkus, cabang-cabang *bronkioli* hingga alveoli telah dilengkapi oleh sistem pertahanan tubuh. Bulu-bulu hidung akan mencegah masuknya partikel-partikel berukuran besar, sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan dicegah masuk oleh membran mukosa yang terdapat di sepanjang sistem pernapasan (Achmadi, 2006). Namun, pada beberapa bagian sistem pernapasan terdapat bulu-bulu halus (*silia*) yang bergerak ke depan dan ke belakang bersama dengan mukosa sehingga menyebabkan partikel yang ditangkap oleh mukosa terlepas keluar dari sistem pernapasan menuju tenggorokan dan akhirnya tertelan (Fardiaz, 1992; Pudjiastuti, 1998 dalam Sari, 2009).

Partikel yang berukuran > 5 mikron perjalanannya akan terhenti pada bagian hidung dan tenggorokan. Meskipun ada beberapa partikel yang bisa masuk ke paru-paru tetapi tidak pernah lebih jauh dari pipa-pipa cabang (*bronchi*), bahkan partikel tersebut dapat segera dikeluarkan oleh gerakan *silia*. Sedangkan, partikel yang berukuran 0,5-5 mikron dapat masuk ke paru-paru bahkan beberapa partikel ada yang bisa mencapai alveoli. Pengeluaran partikel kecil yang terdapat pada alveoli sangat lambat dan tidak sempurna sehingga partikel dalam alveoli tersebut dapat mengendap.

Apabila terjadi ketidaksesuaian selama proses pernapasan berlangsung maka manusia akan mengalami gangguan dalam system pernapasannya. Gangguan pada saluran pernapasan muncul dalam beberapa bentuk gejala yang berbeda seperti iritasi, kegagalan *mucociliary transport*, sekresi lender yang berlebihan, dan penyempitan saluran pernapasan (NHLBI, 2010 dalam Nasidah, 2010).

2.1.5. Penyakit yang Disebabkan oleh $PM_{2,5}$

Konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dapat mempengaruhi kesehatan apabila terhirup oleh manusia. $PM_{2,5}$ yang terhirup akan masuk ke dalam alveoli sehingga menimbulkan reaksi radang yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordistiko, et. al., 2002). Salah satu dampak negatif yang timbul akibat pajanan $PM_{2,5}$ adalah penurunan fungsi paru pada manusia (Lagorio, et. al., 2005). Hasil penelitian yang dilakukan di Roma menyatakan bahwa terdapat korelasi antara

peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan gangguan fungsi paru. Penelitian ini juga menemukan bahwa $PM_{2.5}$ merupakan partikel yang mengandung 8 jenis logam, yaitu Fe, Zn, Pb, Pt, Cd, V, Cr, dan Ni (Lagorio, et. al., 2005). Selain itu, penelitian yang dilakukan pada industri pengelolaan kayu menyatakan bahwa gangguan fungsi paru dapat terjadi setelah terpapar selama 5-6 tahun (Borm, et. al., 2002).

Laporan gangguan kesehatan akibat pajanan melalui udara sering dilaporkan pada daerah-daerah yang berdekatan dengan kawasan industri. Hasil penelitian yang dilakukan di kawasan industri menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan gangguan fungsi paru pada ibu rumah tangga (Novianti, 2008). Hasil penelitian lain yang dilakukan di pabrik semen menyatakan bahwa responden mengalami gangguan fungsi paru sebesar 64,4%, sedangkan 31,6% responden mempunyai fungsi paru yang normal (Mengkid, 2006).

Kerusakan pada paru-paru, terutama bagian alveoli terlihat pada percobaan hewan uji. Pajanan $PM_{2.5}$ dengan dosis yang berbeda menghasilkan dampak yang berbeda pada paru-paru tikus. Semakin tinggi dosis $PM_{2.5}$ yang dipaparkan pada tikus maka semakin tinggi pula penurunan jumlah makrofag pada paru-paru tikus tersebut (Wegesser, et. al., 2009).

Penelitian lain juga menyatakan bahwa polusi udara dapat menyebabkan kemunculan penyakit asma. Penelitian yang telah dilakukan selama 5 tahun (1997-2002) pada anak-anak penderita asma di hongkong menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara NO_2 , O_3 , PM_{10} , dan $PM_{2.5}$ dengan penderita asma di rumah sakit (Lee et, al., 2006). Dalam penelitian lain di Kolumbia telah terbukti bahwa polusi udara luar ruangan (SO_2 , NO_2 , dan $PM_{2.5}$) secara signifikan dapat menyebabkan kemunculan penyakit asma pada anak-anak (Clark et, al., 2010). Penelitian di California menyatakan bahwa polusi udara di jalan raya memberikan kontribusi dalam memperburuk kondisi penderita asma (McConnell, et, al., 2010).

Konsentrasi $PM_{2.5}$ juga dapat menyebabkan penyakit cardiovascular. Hal ini dibuktikan pada penelitian di pusat kota Amerika Serikat yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$ dalam setahun berkaitan dengan jumlah kematian yang disebabkan oleh penyakit cardiovascular (Puett, et. al., 2009). Selain itu,

penelitian yang dilakukan di New York juga menyatakan bahwa terdapat hubungan antara $PM_{2.5}$ dengan kejadian *Cardiovascular Disease*. Dalam penelitian ini juga disebutkan bahwa sumber dari partikel debu tersebut berasal dari transportasi dan pembakaran minyak (Ito et, al., 2011).

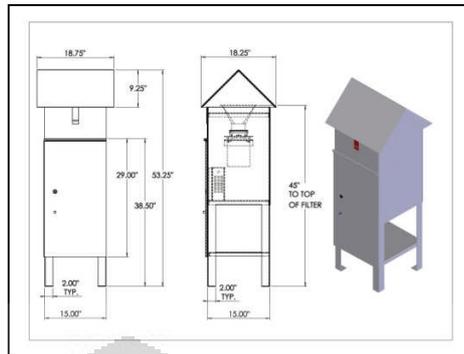
2.1.6. Baku Mutu $PM_{2.5}$

Baku mutu kualitas udara dipertimbangkan agar level dari polusi udara masih dapat diterima tubuh dan tidak memberikan dampak buruk terhadap kesehatan. Baku mutu $PM_{2.5}$ yang telah ditetapkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA) pada tahun 2006, yaitu $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rata-rata per 24 jam) dan $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rata-rata per tahun). Sedangkan, baku mutu $PM_{2.5}$ di udara ambien yang telah ditetapkan oleh peraturan pemerintah RI No. 41 Tahun 1999, yaitu $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rata-rata per 24 jam). Sementara itu, *World Health Organization* (WHO) telah menetapkan baku mutu $PM_{2.5}$ adalah $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rata-rata per tahun) dan $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rata-rata per 24 jam) (WHO, 2005).

2.1.7. Cara Pengukuran $PM_{2.5}$

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$, yaitu:

1. High Volume Air Sampler (HVAS) merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel. Dalam hal ini, partisol sampler juga digunakan untuk mengukur konsentrasi $PM_{2.5}$. Metode pengukuran yang digunakan juga gravimetri dengan jangka waktu sampling 7 hari. Dari hasil sampling, kertas saring hasil pengukuran juga digunakan untuk menganalisis kandungan ion yang ada di atmosfer.



Gambar 2.3. Alat HVAS

2. Haz-Dust merupakan mikroprosesor portable berbasis partikulat monitor yang sesuai untuk menyelidiki kualitas udara ambien dan kualitas udara dalam ruang. Alat ini merupakan instrumen digital yang digunakan untuk mengukur konsentrasi PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1 dan total debu (TSP) di udara. Alat ini dapat langsung memperlihatkan hasil pengukuran tanpa melalui pengolahan lagi.



Gambar 2.4. Alat Haz-Dust

3. Dust Trak merupakan alat aerosol monitor yang digunakan untuk menangkap debu berdiameter $10\ \mu m$; $2,5\ \mu m$; dan $1\ \mu m$. Alat ini merupakan instrumen *portable* yang dapat dioperasikan dengan menggunakan baterai dan dengan teknik *laser photometer* mengukur dan merekam konsentrasi debu di udara. Dust trak merupakan alat yang cocok digunakan untuk mengetahui konsentrasi debu yang ada di dalam ruang.



Gambar 2.5. Alat Dust Trak

2.1.8. Cara Pencegahan dan Pengendalian

Menurut PP RI No. 41 Tahun 1999, pengendalian pencemaran udara merupakan upaya pencegahan dan/atau penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara. Pengendalian pencemaran udara dapat meliputi pengendalian sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak, dan sumber bergerak tidak spesifik yang dapat dilakukan dengan upaya pengendalian emisi dan/atau sumber gangguan yang bertujuan untuk mencegah turunnya mutu udara ambien. Adapun beberapa upaya penanggulangan pencemaran udara ambien yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut (Peraturan Daerah No. 2 Tahun 2005):

- a. Penataan baku mutu udara ambien, emisi, dan tingkat gangguan oleh industri (sumber tidak bergerak).
- b. Pemeriksaan emisi kendaraan bermotor.
- c. Penggunaan bahan bakar gas yang ramah lingkungan.

Sedangkan, cara yang efektif untuk penanggulangan pencemaran udara dalam ruangan adalah dengan menyediakan ventilasi yang cukup saat membangun rumah atau menambah jumlah ventilasi bagi rumah yang sudah didirikan dengan ventilasi yang tidak sesuai dengan ketentuan syarat rumah sehat (Jacobs, et.al., 2009). Ventilasi merupakan media yang berfungsi untuk menjaga aliran dalam rumah tetap bersih, menjaga keseimbangan oksigen, membebaskan udara dari bakteri patogen, dan mempertahankan kelembaban udara dalam rumah tetap optimal. Rumah dinyatakan sehat apabila keberadaan ventilasi dalam rumah sesuai dengan syarat yang

tertuang dalam Keputusan Menteri Kesehatan No. 829 tahun 1999, yaitu ventilasi rumah minimal seluas 10% dari total luas seluruh lantai rumah.

2.2. Penurunan Fungsi Paru

2.2.1. Definisi dan Karakteristik Penurunan Fungsi Paru

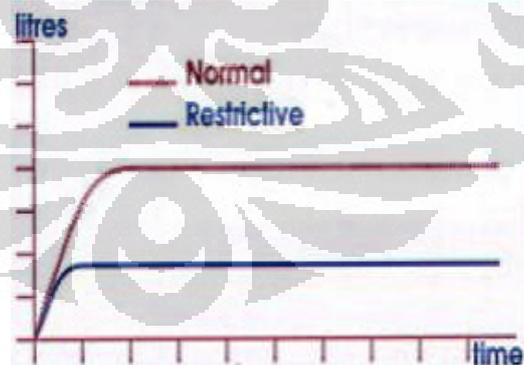
Paru-paru merupakan salah satu organ di dalam tubuh manusia yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas respirasi, yaitu proses mengeluarkan gas CO₂ ke luar tubuh dan mengambil O₂ dari luar tubuh ke dalam tubuh untuk berlangsungnya proses metabolisme tubuh. Proses respirasi manusia dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu ventilasi, difusi, dan perfusi.

- a. Ventilasi adalah peristiwa keluar masuknya udara ke dalam alveoli serta keluarnya CO₂ dari alveoli ke udara luar. Frekuensi napas normal 12 – 15 x / menit. Pada orang dewasa setiap satu kali napas (*tidal volume*, Vt) udara masuk 500 cc atau 10 ml/kg BB sehingga tiap menitnya udara yang masuk ke sistem napas 6 - 8 liter (*minute volume*, MV). Udara yang sampai ke alveoli disebut *Ventilasi Alveolair (VA)*. *Ventilasi Alveolair* lebih kecil dari *minute volume* karena sebagian udara di jalan napas tidak ikut pertukaran gas (*Dead Space*).
- b. Difusi adalah perpindahan O₂ dari alveoli ke dalam darah dan CO₂ dari darah ke alveoli. Tahap difusi O₂ akan berjalan lancar bila alveoli mengembang baik dari jarak *difusi trans-membran* pendek. *Edema* merupakan kondisi yang menyebabkan jarak difusi O₂ menjauh sehingga kadar O₂ dalam darah menurun (*hipoxemia*). Difusi CO₂ tidak pernah terganggu karena kapasitas difusi CO₂ jauh lebih besar daripada O₂.
- c. Perfusi adalah distribusi darah yang telah teroksigenisasi di dalam paru untuk dapat dialirkan ke seluruh tubuh. Tahap perfusi ikut menentukan jumlah O₂ yang dapat diangkut. Masalah timbul jika terjadi ketidakseimbangan antara *ventilasi alveolar (VA)* dengan perfusi (Q) sehingga dapat terjadi :
 - Ventilasi normal, perfusi normal → semua O₂ diambil darah.

- Ventilasi normal, perfusi kurang → ventilasi berlebihan, tidak semua O_2 sempat diambil. Unit ini dinamakan " *dead space* " yang terjadi pada *shock* dan *emboli* paru.
- Ventilasi berkurang, perfusi normal → darah tidak mendapat cukup O_2 (*desaturasi*). Unit ini disebut " *Shunt* ". Biasanya terjadi pada *atelektasis edema* paru, ARDS, dan aspirasi cairan.
- *Silent* unit → tidak ada ventilasi dan perfusi.

Orang yang mengalami kejadian penurunan fungsi paru memiliki gangguan pada ventilasinya, yaitu:

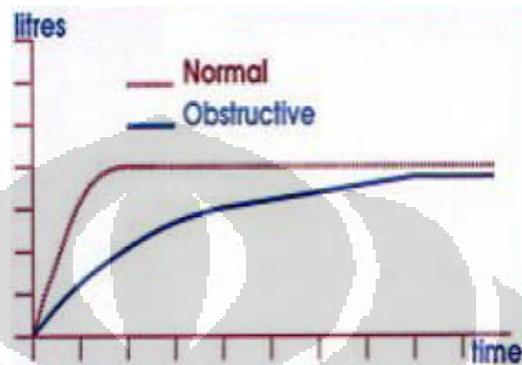
- a. Restriksi adalah gangguan perkembangan paru yang ditandai dengan berkurangnya volum paru. Paru-paru yang mengalami restriksi biasanya menjadi kaku sehingga daya tarik ke dalam lebih besar. Hal ini menyebabkan dinding dada mengecil, volum paru mengecil, dan iga pun menyempit. Keadaan ini menunjukkan adanya penyakit paru atau keadaan dari luar yang menyebabkan kapasitas vital berkurang, khususnya kapasitas total paru. Dengan berkurangnya kapasitas vital maka proporsi FEV1 juga menurun. Hal ini menyebabkan hasil FEV1/KVP (%) jadi ikut menurun.



Gambar 2.6. Interpretasi Hasil Restriksi pada Spirometri

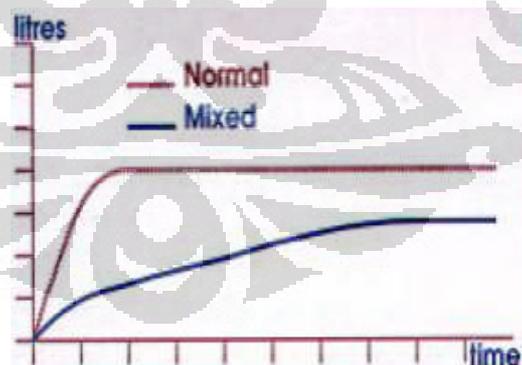
- b. Obstruksi adalah gangguan saluran napas, baik struktur maupun fungsi, yang menimbulkan perlambatan arus respirasi. Penurunan aliran udara mulai dari saluran napas bagian atas sampai bronkiolus berdiameter

kurang dari 2 mm ditandai dengan penurunan FEV₁, FEV₁/KVP, kecepatan aliran udara pada ekspirasi. Pemeriksaan FEV₁ dan rasio FEV₁/KVP (%) merupakan pemeriksaan yang standar, sederhana, dan akurat untuk menilai obstruksi saluran napas.



Gambar 2.7. Interpretasi Hasil Obstruksi pada Spirometri

- c. Kombinasi restriksi dan obstruksi (*Mixed*), adalah peristiwa yang terjadi karena proses patologi yang mengurangi volume paru, kapasitas vital dan aliran, yang juga melibatkan saluran napas. Rendahnya FEV₁/KVP (%) merupakan suatu indikasi obstruktif saluran napas dan kecilnya volume paru merupakan suatu indikasi restriktif saluran napas.



Gambar 2.8. Interpretasi Campuran (Restriksi & Obstruksi) pada Spirometri

Dalam menentukan penilaian fungsi paru pada manusia, ada 2 parameter yang harus diperhatikan, yaitu KVP dan FEV₁ (Tabel 2.2.)

Tabel 2.1. Klasifikasi Penilaian Fungsi Paru

Kategori	Penilaian
Normal	<ul style="list-style-type: none"> • KVP > 80 %, nilai prediksi untuk semua umur
Restriksi	<ul style="list-style-type: none"> • KVP < 80 %, FEV1 > 75 %, nilai prediksi • Restriksi Ringan : KVP > 60 % < 80 % nilai prediksi • Restriksi Sedang : KVP > 30 % < 60 %, nilai prediksi • Restriksi Berat : KVP < 30 %, nilai prediksi
Obstruksi	<ul style="list-style-type: none"> • KVP > 80 %, FEV1 ≤ 75 %, nilai prediksi • Obstruksi Ringan : FEV1 > 60 %, nilai prediksi • Obstruksi Sedang : FEV1 > 30 % < 60 %, nilai prediksi • Obstruksi Berat : FEV1 < 30 %, nilai prediksi

Sumber : American Thoracic Society, *Medical Section of The Asian Lung Association*. Am. Rev Respir., 2004.

2.2.2. Mekanisme Terjadinya Penurunan Fungsi Paru

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia bernapas untuk mendapatkan energi. Sistem pernapasan manusia memiliki beberapa pertahanan yang berperan untuk mencegah masuknya partikel-partikel, baik berbentuk padat maupun berbentuk cair, ke dalam paru-paru. Ketika manusia bernapas, tidak hanya oksigen yang masuk ke dalam tubuh tetapi juga terdapat partikel yang masuk bersama dengan oksigen tersebut.

Partikel yang berukuran > 5 mikron perjalanannya akan terhenti pada bagian hidung dan tenggorokan. Meskipun ada beberapa partikel yang bisa masuk ke paru-paru tetapi tidak pernah lebih jauh dari kantung-kantung udara (*bronchi*), bahkan partikel tersebut dapat segera dikeluarkan oleh gerakan silia. Sedangkan, partikel yang berukuran 0,5-5 mikron dapat masuk ke paru-paru bahkan beberapa partikel ada yang bisa mencapai alveoli. Pengeluaran partikel halus yang terdapat pada alveoli sangat lambat dan tidak sempurna sehingga partikel tersebut dapat mengendap di alveoli.

Hal ini menyebabkan terjadinya interaksi antara metabolit suatu partikel dengan oksigen yang terdapat di alveoli sehingga menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*). Setelah itu, ROS akan mengoksidasi guanin menjadi 8-oxoguanin

sehingga terjadi peristiwa *oxidative stress* dalam tubuh (Lagorio, et. al., 2006). *Oxidative stress* merupakan keadaan dimana jumlah radikal bebas dalam tubuh melebihi kapasitas tubuh untuk menetralsirnya sehingga menimbulkan reaksi radang pada paru-paru yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordiastiko, et. al., 2002). Akhirnya, penurunan fungsi paru pada tubuh manusia terjadi.

2.2.3. Berbagai Paparan Penyebab Penurunan Fungsi Paru

Kerusakan pada paru-paru, terutama bagian alveoli terlihat pada percobaan pada hewan. Paparan $PM_{2,5}$ dengan dosis yang berbeda menghasilkan dampak yang berbeda pada paru-paru tikus. Semakin tinggi dosis $PM_{2,5}$ yang dipaparkan pada tikus maka fungsi paru pada tikus juga semakin menurun (Wegesser, et. al., 2009). Penelitian lain juga menyatakan bahwa $PM_{2,5}$ yang terhirup oleh manusia akan masuk ke dalam alveoli sehingga menimbulkan reaksi radang yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordiastiko, et. al., 2002).

Penelitian yang dilakukan di California menunjukkan bahwa anak-anak (10-18 tahun) yang terpapar oleh polusi udara ambien seperti $PM_{2,5}$, NO_2 , unsur karbon, dan *acid vapor* yang dihasilkan dari bahan bakar belum bisa terlihat kejadian penurunan fungsi parunya. Penurunan fungsi paru baru akan terlihat apabila anak tersebut telah dewasa (Gauderman, et. al., 2004). Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Tager, et. al. (1988) yang menyatakan bahwa penurunan fungsi paru terjadi pada orang yang tidak merokok ketika mereka berusia 35 tahun (Marossi, et. al., 2007). Penelitian lain yang dilakukan di negara Inggris juga menemukan bahwa penurunan fungsi paru akan terlihat di setengah usia dewasa, yaitu antara 35-45 tahun (Marossy, et. al., 2007). Fungsi paru pada manusia akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur. Fungsi paru akan mencapai nilai optimal pada umur 20-25 tahun (Gotschi, et. al., 2008).

Penelitian lain menemukan bahwa laki-laki yang merokok 1 bungkus per hari dapat menurunkan FEV_1 rata-rata sebesar 12,6 ml per tahun. Sedangkan, perempuan yang merokok 1 bungkus per hari dapat menurunkan FEV_1 rata-rata sebesar 7,2 ml

per tahun (Cui, et. al., 2010). Penelitian lain juga menemukan bahwa perokok pasif memiliki risiko gangguan fungsi paru yang sama besar dengan perokok aktif (Chen, et. al., 2001). Hasil tersebut berbeda dengan penemuan dari Williamson (2010) yang menyatakan bahwa perokok pasif memiliki risiko lebih besar untuk terkena gangguan fungsi paru yaitu sebesar 2,5% dibandingkan perokok aktif yang hanya memiliki risiko sebesar 1,4% untuk terkena gangguan fungsi paru (Williamson, 2010). Penelitian sebelumnya juga telah menemukan bahwa perempuan lebih berisiko mengalami penurunan fungsi paru akibat terpajan oleh asap rokok dibandingkan laki-laki (Pugmire, 2011).

Penelitian lain menyatakan bahwa asap rokok dapat memberikan dampak negatif jangka panjang bagi kesehatan anak. Adapun dampak negatif yang dipengaruhi oleh asap rokok adalah penurunan fungsi paru. Penurunan fungsi paru pada anak-anak dapat terlihat dengan jelas apabila anak tersebut sudah tumbuh dewasa. Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa perempuan lebih berisiko mengalami penurunan fungsi paru akibat terpajan oleh asap rokok dibandingkan laki-laki (Pugmire, 2011). Selain itu, Alberg dan Samet JM (2003) menyatakan bahwa rokok juga dapat menyebabkan kanker paru. Orang yang merokok memiliki risiko terkena kanker paru-paru sebesar 20 kali dibandingkan orang yang tidak merokok (Malhotra, et. al., 2006).

Hasil penelitian pada para pekerja yang terpapar oleh asbestos menunjukkan bahwa paparan asbestos ditempat kerja menyebabkan para pekerja mengalami gangguan fungsi paru, baik yang restriktif maupun obstruktif. Pada penelitian ini juga menyebutkan bahwa parameter utama fungsi paru adalah VC (*Vital Capacity*) dan FEV₁ (*Force Expiratory Volume in the First Second*) (Wilken, et. al., 2011). Penelitian lain yang dilakukan di Detroit, Michigan menyatakan bahwa polusi udara (PM₁₀, PM_{2,5}, dan O₃) dapat memberikan dampak negatif untuk fungsi paru, terutama bagi anak-anak yang penderita penyakit asma (Lewis, et. al., 2005).

Penelitian sebelumnya juga menemukan bahwa gangguan fungsi paru dapat terjadi setelah terpapar selama 5-6 tahun (Born, et. al., 2002). Penelitian ini juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Meo, et. al (2009) yang menyatakan bahwa

lama pajanan dengan partikel debu dapat mempengaruhi dosis pajanan partikel debu yang masuk ke dalam tubuh. Kondisi inilah yang mempengaruhi fungsi paru para pekerja (Meo, et. al., 2009).

2.2.4. Cara Pengukuran Fungsi Paru

Spirometri merupakan salah satu pengukuran fungsi paru dengan metode yang dapat mengukur pergerakan udara ke dalam dan ke luar paru-paru. Ada beberapa kriteria yang perlu diperhatikan subjek yang ingin melakukan pemeriksaan fungsi paru, yaitu:

- a. Subjek harus bebas rokok minimal 2 jam
- b. Subjek tidak sedang sakit atau mengkonsumsi obat-obatan tertentu
- c. Subjek tidak boleh makan terlalu kenyang
- d. Subjek tidak berpakaian ketat.

Selain itu, untuk memperoleh hasil pemeriksaan yang baik maka subjek harus memperhatikan hal-hal, seperti:

- a. Subjek dalam keadaan berdiri tegak
- b. Subjek menghirup udara semaksimal mungkin
- c. Subjek mengeluarkan udara melalui *mouth piece* sekuat-kuatnya sampai semua udara keluar



Gambar 2.9. Pemeriksaan dengan Spirometri

Dalam pemeriksaan fungsi paru, ada beberapa parameter yang digunakan yaitu:

- a. FVC (*Force Vital Capacity*) atau KVP merupakan ekspirasi / pengeluaran napas dengan kekuatan penuh.
- b. FEV1 (*Force Ekspiratory Volume in 1 Second*) merupakan pengeluaran napas pada detik pertama.



Gambar 2.10. Alat Spirometri

2.3. Beberapa Faktor Lain yang Mempengaruhi Hubungan Konsentrasi PM_{2,5} dengan Penurunan Fungsi Paru

2.3.1. Jenis Kelamin

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menentukan adanya gangguan pada fungsi paru adalah ekspirasi aliran puncak (PEFR). Penelitian yang dilakukan oleh Kim dan Hu (1998) menyatakan bahwa perempuan lebih besar mengalami deposisi dibandingkan laki-laki. Hal ini dikarenakan ukuran paru-paru, termasuk penampang saluran pernapasan bagian atas perempuan lebih kecil dibandingkan laki-laki. Nilai ekspirasi aliran puncak dipengaruhi oleh volum paru-paru, elastisitas paru-paru, kekuatan paru-paru, dan koordinasi otot pernapasan. Secara umum, laki-laki menghasilkan tekanan alveolar lebih tinggi dibandingkan perempuan. Oleh karena itu, laki-laki dapat memiliki nilai ekspirasi aliran puncak yang lebih tinggi dibandingkan perempuan (Quanjer, et. al., 1997 dalam Bahri, 2008).

Penelitian lain yang dilakukan di Benua Eropa menyatakan bahwa wanita yang mengalami usia menstruasi lebih awal mempunyai risiko lebih tinggi untuk mengalami penurunan fungsi paru dan penyakit asma. Hal ini berkaitan dengan faktor

hormonal dan metabolik yang terjadi di dalam tubuh wanita tersebut. Wanita yang menstruasi memiliki kadar leptin dan insulin yang tinggi sehingga memberikan pengaruh terhadap fungsi paru (MacSali, et. al., 2011).

2.3.2. Umur

Fungsi paru pada manusia akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur. Fungsi paru akan mencapai nilai optimal pada umur 20-25 tahun (Gotschi, et. al., 2008). Setelah mencapai nilai optimal, fungsi paru akan mengalami penurunan sesuai dengan pertambahan umur orang tersebut. Penurunan nilai FEV1 pertahunnya bisa mencapai 28 ml (Theno, 2001 dalam Novianti, 2008). Penelitian lain yang dilakukan di California menunjukkan bahwa polusi udara ambien seperti PM_{2,5}, NO₂, unsur karbon, dan *acid vapor* yang dihasilkan dari bahan bakar dapat mempengaruhi perkembangan fungsi paru pada anak-anak yang berusia 10-18 tahun. Dalam penelitian ini ditunjukkan bahwa anak-anak yang terpapar oleh polusi udara ambien belum terlihat kejadian penurunan fungsi parunya. Penurunan fungsi paru baru akan terlihat apabila anak tersebut telah dewasa (Gauderman, et. al., 2004). Hal ini diperkuat oleh penelitian di negara Inggris yang menemukan bahwa penurunan fungsi paru akan terlihat di setengah usia dewasa, yaitu antara 35-45 tahun (Marossy, et. al., 2007). Selain itu, Tager, et. al. (1988) telah menyatakan bahwa penurunan fungsi paru terjadi pada orang yang tidak merokok ketika mereka berusia 35 tahun (Marossi, et. al., 2007).

2.3.3. Status Gizi

Status gizi merupakan ukuran keberhasilan pemenuhan nutrisi tubuh yang diindikasikan dengan berat badan dan tinggi badan. Penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa indeks massa tubuh yang tidak ideal memiliki hubungan yang bermakna dengan penurunan fungsi paru. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa status obesitas memiliki volume tidal paru-paru yang lebih besar dan frekuensi bernafas yang lebih cepat. Hal ini mengakibatkan jumlah zat pencemar udara yang terhirup lebih besar dibandingkan dengan status berat badan normal (Bennett, 2004).

Penelitian lain juga mempertegas bahwa obesitas dapat menyebabkan gangguan fungsi paru sehingga volume tidal paru-paru menurun (Jeon, et. al., 2009).

Laporan FAO/WHO/UNU tahun 1985 menyatakan bahwa batasan berat badan normal orang dewasa ditemukan berdasarkan nilai indeks masa tubuh (IMT). IMT merupakan alat yang sederhana yang digunakan untuk memantau status gizi orang dewasa. Adapun rumus perhitungan IMT adalah sebagai berikut:

$$\text{IMT} = \frac{\text{berat badan (kg)}}{[\text{tinggi badan (m)}]^2}$$

Kesimpulan dari ambang batas IMT untuk orang Indonesia adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Kategori Ambang Batas IMT untuk Indonesia

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,5
Normal		18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,0 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27,0

Sumber: Depkes, 1994. Pedoman Praktis Pemantauan Status Gizi Orang Dewasa

Pemantauan status gizi untuk anak-anak digunakan pengukuran Z-score. Z-score merupakan indeks antropometri yang digunakan secara internasional untuk menentukan status gizi dan pertumbuhan, yang diekspresikan sebagai satuan standar deviasi (SD) populasi rujukan. Adapun rumus perhitungan Z-score adalah sebagai berikut:

$$\text{Z - Score} = \frac{(\text{nilai yang diamati} - \text{nilai referensi median})}{\text{score populasi referensi (SD)}}$$

Selain itu, cara lain yang dapat digunakan untuk menentukan status gizi pada anak-anak adalah dengan menggunakan *Childhood Growth Chart* dari CDC. Adapun rumus perhitungan CDC adalah sebagai berikut:

$$\text{IMT} = \frac{\text{berat badan anak}}{\text{TB (cm)} \times \text{TB (cm)}} \times 10.000$$

Penggunaan indeks massa tubuh dihitung berdasarkan berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, dan umur. Referensi indeks massa tubuh untuk anak laki-laki dan perempuan berumur 5-19 tahun telah ditetapkan oleh WHO (2007). Kategori indeks massa tubuh terhadap umur pada anak terbagi menjadi 4 kategori, yaitu:

- a. Berat badan kurang (< 5th percentile)
- b. Berat badan sehat (5th - < 85th percentile)
- c. Risiko berat badan berlebih (85th - < 95th percentile)
- d. Berat badan berlebih (\geq 95th percentile)

2.3.4. Status Sosial Ekonomi

Status sosial ekonomi merupakan suatu faktor yang dapat mempengaruhi fungsi paru manusia. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Pelotas, Brazil menyatakan bahwa rendahnya pendapatan keluarga dapat mempengaruhi perkembangan dari fungsi paru manusia. Hal ini berkaitan dengan tingkat nutrisi makanan yang diasup ke dalam tubuh. Rendahnya asupan nutrisi ke dalam tubuh maka akan menghasilkan berat badan dan tinggi badan yang rendah pula. Kondisi ini yang akhirnya menyebabkan terganggunya perkembangan organ dalam tubuh, termasuk paru-paru (Menezes, et. al., 2011).

2.3.5. Suhu Udara

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), suhu merupakan energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul-molekul yang ada di udara. Suhu udara sangat mempengaruhi kondisi pencemar udara, termasuk pencemar udara dalam ruang (Bernard, et. al., 2001). Penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa suhu udara memberikan pengaruh sebesar 8% terhadap gangguan saluran pernapasan pada manusia (Freitas, et. al., 2009). Hajat, et. al. (2004) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara suhu udara dengan jumlah pasien yang melakukan konsultasi terkait infeksi saluran pernapasan bagian bawah (Nastos, et. al., 2006).

Hasil penelitian tersebut juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Goodman, et. al. (2004) yang menyatakan bahwa peningkatan suhu udara sebesar 1°C akan meningkatkan 0,4% kematian akibat gangguan saluran pernapasan pada manusia. Begitu pula dengan penurunan suhu sebesar 1°C juga akan meningkatkan 2,6% kematian akibat gangguan saluran pernapasan pada manusia (Goodman, et. al., 2004). Gangguan saluran pernapasan yang terjadi dapat mempengaruhi kondisi fungsi paru manusia tersebut.

Penelitian lain di Cina menyatakan bahwa suhu udara yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi partikel debu di udara. Hal ini ditunjukkan dari hasil penelitiannya yang menyatakan bahwa suhu udara sebesar 33,1°C berpengaruh kuat dengan meningkatnya konsentrasi partikel debu di udara. Namun, setiap penurunan suhu udara sebesar 2,2°C maka pengaruh terhadap konsentrasi partikel debu di udara juga akan berkurang (Qian, et.al., 2008). Hal tersebut dikarenakan suhu udara dapat mempengaruhi perubahan dalam distribusi dan tipe pencemar udara, termasuk *aeroallergen* (Koken, et.al., 2003). Hal ini dapat berdampak buruk terhadap kesehatan manusia. Oleh karena itu, syarat rumah sehat yang harus dipenuhi untuk suhu udara berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 829 tahun 1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan, yaitu 18 – 30°C.

2.3.6. Kelembaban Udara

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), kelembaban merupakan banyaknya uap air yang berada di udara. Dalam laporan IPCC (2007) menyatakan bahwa kenaikan kelembaban udara akibat perubahan iklim telah mempengaruhi kesehatan manusia dengan jalan merusak metabolisme dan memengaruhi siklus alamiah tubuh dalam mengontrol penguapan cairan tubuh (English, et.al., 2009). Dengan adanya mekanisme ini manusia menjadi lebih rentan terhadap gangguan saluran pernafasan. Penelitian sebelumnya juga menemukan bahwa faktor lingkungan seperti kelembaban udara dan suhu udara berpengaruh terhadap kejadian gangguan saluran pernapasan (Pope, et. al., 2004). Hasil penelitian tersebut diperkuat oleh penelitian Gupta, et. al. (2006) yang menyatakan bahwa

kelembaban udara dapat mempengaruhi konsentrasi partikel debu yang ada di udara (Gupta, et. al., 2006). Oleh karena itu, Keputusan Menteri Kesehatan No. 829 tahun 1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan menyatakan bahwa kelembaban udara yang memenuhi persyaratan, yaitu 40 – 70 %.

2.3.7. Ventilasi Ruangan

Ventilasi merupakan lubang keluar masuknya aliran udara, baik dari dalam ke luar ruangan maupun dari luar ke dalam ruangan. Ventilasi ruangan berfungsi untuk menjaga aliran dalam rumah tetap bersih dan segar, keseimbangan oksigen tetap terjaga, membebaskan udara dari bakteri patogen, dan mempertahankan kelembaban rumah dalam kondisi yang optimal. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa membuka jendela selama 10 menit per hari ternyata dapat mengurangi konsentrasi $PM_{2,5}$ sebesar $0,88 \mu g/m^3$ (McCormack, et. al., 2008). Oleh karena itu ventilasi merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan saat membangun rumah. Ventilasi yang baik harus memenuhi syarat dari KepMenkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan, yaitu minimal $\geq 10\%$ dari total luas seluruh lantai.

2.3.8. Jenis Lantai

Lantai rumah dapat mempengaruhi kesehatan penghuni rumah tersebut. Rumah yang lantainya terbuat dari tanah atau batu akan memberi dampak kesehatan yang buruk bagi penghuninya. Hal ini dikarenakan tanah atau batu bukan merupakan bahan yang kedap air sehingga dapat meningkatkan kelembaban udara dalam rumah (Kartono, et, al., 2008). Selain itu, lantai yang terbuat dari tanah atau batu juga dapat meningkatkan partikulat yang mencemari udara dalam rumah tersebut. Kondisi tersebut dapat menyebabkan gangguan saluran pernapasan pada manusia, termasuk saluran pernapasan bagian bawah.

2.3.9. Penggunaan Bahan Bakar Masak

Penggunaan bahan bakar masak merupakan salah satu faktor lingkungan rumah yang perlu diperhatikan. Hal ini dikarenakan bahan bakar masak dapat mengeluarkan zat pencemar udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Dalam penelitiannya, Moturi (2010) menemukan bahwa jenis bahan bakar masak yang digunakan di rumah dapat mempengaruhi kualitas udara di dalam rumah tersebut. Hal ini dikarenakan bahan bakar masak dapat menghasilkan partikel debu, CO, NO, formaldehid, benzoapyrene, dan *polycyclic organic matter* lainnya yang dapat membahayakan kesehatan manusia (Moturi, 2010). Selain itu, hasil penelitian lain juga menyatakan bahwa bahan bakar minyak tanah merupakan sumber polutan seperti PM_{2,5}, *aliphatic hydrocarbons*, dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* yang dapat mengganggu fungsi paru apabila terhirup (Sharma, et. al., 1998).

2.3.10. Status Merokok

Perokok pasif adalah seorang penghirup asap rokok dari orang yang sedang merokok. Sedangkan, perokok aktif adalah orang yang merokok. Bahaya yang harus ditanggung oleh perokok pasif hampir tiga kali lipat dibanding perokok aktif. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Williamson (2010) yang menyatakan bahwa perokok pasif memiliki risiko lebih besar untuk terkena gangguan fungsi paru yaitu sebesar 2,5% dibandingkan perokok aktif yang hanya memiliki risiko sebesar 1,4% untuk terkena gangguan fungsi paru (Williamson, 2010).

Penelitian sebelumnya juga menemukan bahwa asap rokok dapat mempengaruhi fungsi paru manusia. Dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa laki-laki yang merokok 1 bungkus per hari dapat menurunkan FEV₁ rata-rata sebesar 12,6 ml per tahun. Sedangkan, perempuan yang merokok 1 bungkus per hari dapat menurunkan FEV₁ rata-rata sebesar 7,2 ml per tahun (Cui, et. al., 2010). Penelitian lain juga menemukan bahwa perokok pasif memiliki risiko gangguan fungsi paru yang sama besar dengan perokok aktif (Chen, et. al., 2001).

Penelitian lain menyatakan bahwa asap rokok dapat memberikan dampak negatif jangka panjang bagi kesehatan anak. Adapun dampak negatif yang

dipengaruhi oleh asap rokok adalah penurunan fungsi paru. Penurunan fungsi paru pada anak-anak dapat terlihat dengan jelas apabila anak tersebut sudah tumbuh dewasa. Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa perempuan lebih berisiko mengalami penurunan fungsi paru akibat terpajan oleh asap rokok dibandingkan laki-laki (Pugmire, 2011). Selain itu, Alberg dan Samet JM (2003) menyatakan bahwa rokok juga dapat menyebabkan kanker paru. Orang yang merokok memiliki risiko terkena kanker paru-paru sebesar 20 kali dibandingkan orang yang tidak merokok (Malhotra, et. al., 2006).

2.4. Hasil Penelitian Terkait Hubungan Konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan Penurunan Fungsi Paru

Konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dapat mempengaruhi kesehatan apabila terhirup oleh manusia. $PM_{2,5}$ yang terhirup akan masuk ke dalam alveoli sehingga menimbulkan reaksi radang yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordiastiko, et. al., 2002). Salah satu dampak negatif yang timbul akibat pajanan $PM_{2,5}$ adalah penurunan fungsi paru pada manusia. Hasil penelitian yang dilakukan di Roma menyatakan bahwa terdapat korelasi antara peningkatan konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan gangguan fungsi paru. Penelitian ini juga menemukan bahwa $PM_{2,5}$ merupakan partikel yang mengandung 8 jenis logam, yaitu Fe, Zn, Pb, Pt, Cd, V, Cr, dan Ni (Lagorio, et. al., 2005). Selain itu, penelitian yang dilakukan pada industri pengelolaan kayu menyatakan bahwa gangguan fungsi paru dapat terjadi setelah terpapar selama 5-6 tahun (Borm, et. al., 2002).

Laporan gangguan kesehatan akibat pajanan melalui udara sering dilaporkan pada daerah-daerah yang berdekatan dengan kawasan industri. Hasil penelitian yang dilakukan di kawasan industri menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan gangguan fungsi paru pada ibu rumah tangga (Novianti, 2008). Hasil penelitian lain yang dilakukan di pabrik semen menyatakan bahwa responden mengalami gangguan fungsi paru sebesar 64,4%, sedangkan 31,6% responden mempunyai fungsi paru yang normal (Mengkidi, 2006).

Kerusakan pada paru-paru, terutama bagian alveoli terlihat pada percobaan pada hewan. Paparan $PM_{2.5}$ dengan dosis yang berbeda menghasilkan dampak yang berbeda pada paru-paru tikus. Semakin tinggi dosis $PM_{2.5}$ yang dipaparkan pada tikus maka fungsi paru pada tikus juga semakin menurun (Wegesser, et. al., 2009). Penelitian lain di California menyatakan bahwa anak-anak yang memiliki gen GSS mempunyai tingkat kerentanan yang tinggi untuk mengalami penurunan fungsi paru apabila anak tersebut terpapar oleh polutan seperti $PM_{2.5}$, NO_2 , O_3 , karbon organik, dan unsur karbon (Breton, et. al., 2011). Selain itu, penelitian dengan menggunakan desain studi kohort juga menyatakan terdapat hubungan antara paparan $PM_{2.5}$ dengan perkembangan fungsi paru pada anak-anak (Gauderman, 2000).

Penelitian lain yang dilakukan di Detroit, Michigan menyatakan bahwa polusi udara (PM_{10} , $PM_{2.5}$, dan O_3) dapat memberikan dampak negatif untuk fungsi paru, terutama bagi anak-anak yang penderita penyakit asma (Lewis, et. al., 2005). Hasil penelitian di India juga menyatakan bahwa bahan bakar minyak tanah merupakan sumber polutan seperti $PM_{2.5}$, *aliphatic hydrocarbons*, dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* yang dapat mengganggu fungsi paru apabila terhirup (Sharma, et. al., 1998). Selain itu, penelitian yang dilakukan di California juga menunjukkan bahwa polusi udara ambien seperti $PM_{2.5}$, NO_2 , unsur karbon, dan *acid vapor* yang dihasilkan dari bahan bakar dapat mempengaruhi perkembangan fungsi paru pada anak-anak yang berusia 10-18 tahun. Dalam penelitian ini ditunjukkan bahwa anak-anak yang terpapar oleh polusi udara ambien belum terlihat kejadian penurunan fungsi parunya. Penurunan fungsi paru baru akan terlihat apabila anak tersebut telah dewasa (Gauderman, et. al., 2004).

BAB 3

KERANGKA KONSEPSIONAL

3.1. Kerangka Teori

Ketika manusia bernapas, tidak hanya oksigen yang masuk ke dalam tubuh tetapi juga terdapat partikel yang masuk bersama dengan oksigen tersebut. Partikel yang berukuran > 5 mikron perjalanannya akan terhenti pada bagian hidung dan tenggorokan. Meskipun ada beberapa partikel yang bisa masuk ke paru-paru tetapi tidak pernah lebih jauh dari pipa-pipa cabang (*bronchi*), bahkan partikel tersebut dapat segera dikeluarkan oleh gerakan silia. Sedangkan, partikel yang berukuran 0,5-5 mikron dapat masuk ke paru-paru bahkan beberapa partikel ada yang bisa mencapai alveoli karena dipengaruhi oleh gerakan brown. Pengeluaran partikel kecil yang terdapat pada alveoli sangat lambat dan tidak sempurna sehingga partikel dalam alveoli tersebut dapat mengendap.

Peristiwa ini menyebabkan terjadinya interaksi antara metabolit suatu partikel dengan oksigen yang ada di alveoli sehingga menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*). Setelah itu, ROS akan mengoksidasi guanin menjadi 8-oxoguanin sehingga terjadi peristiwa *oxidative stress* dalam tubuh (Lagorio, et. al., 2006). *Oxidative stress* merupakan keadaan dimana jumlah radikal bebas dalam tubuh melebihi kapasitas tubuh untuk menetralsirnya sehingga menimbulkan reaksi radang pada paru-paru yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordistiko, et. al., 2002).

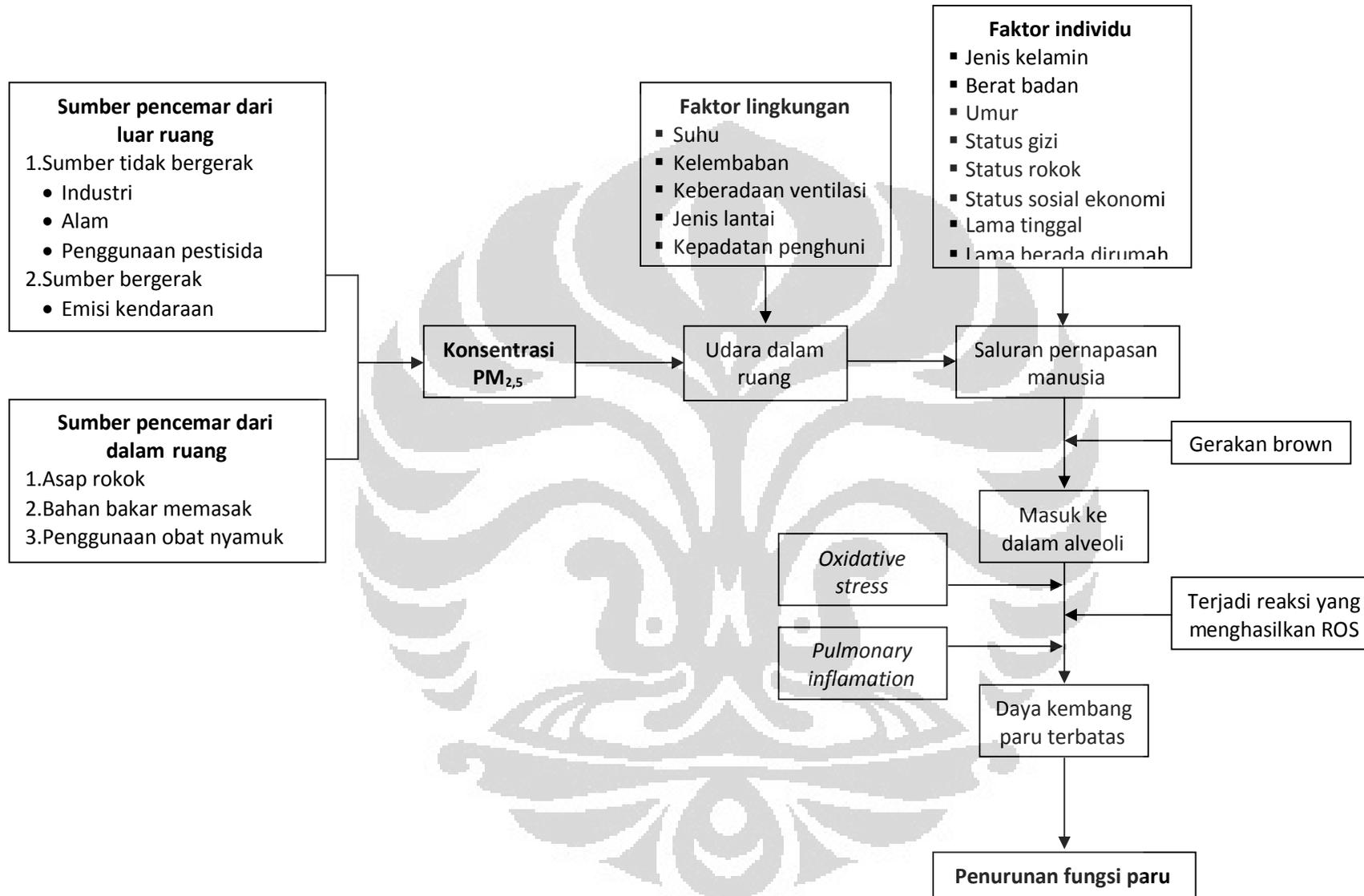
Hasil penelitian yang dilakukan di Roma menyatakan bahwa terdapat korelasi antara peningkatan konsentrasi PM_{2,5} dengan gangguan fungsi paru. Penelitian ini juga menemukan bahwa PM_{2,5} merupakan partikel yang mengandung 8 jenis logam, yaitu Fe, Zn, Pb, Pt, Cd, V, Cr, dan Ni (Lagorio, et. al., 2005). Penelitian lain menyatakan bahwa penyakit paru rentan terjadi pada orang yang merokok. Dalam penelitian ini juga disebutkan bahwa kejadian penurunan fungsi paru dapat terlihat pada orang yang telah berusia lebih dari 15 tahun (Kalhan, et. al., 2010). Penelitian yang dilakukan di Swedia juga menyatakan bahwa gangguan fungsi paru tidak hanya disebabkan oleh faktor lingkungan saja tetapi juga disebabkan oleh faktor genetik.

Penelitian ini juga menyebutkan bahwa faktor genetik dapat menentukan variabilitas dari VC, FEV1, dan DL_{co} yang menjadi parameter pengukuran dari fungsi paru (Hallberg, et. al., 2010).

Laporan gangguan kesehatan akibat pajanan melalui udara sering juga dilaporkan pada daerah-daerah yang berdekatan dengan kawasan industri. Hasil penelitian yang dilakukan di kawasan industri menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM_{2,5} dengan gangguan fungsi paru pada ibu rumah tangga (Novianti, 2008). Hasil penelitian lain yang dilakukan di pabrik semen menyatakan bahwa responden mengalami gangguan fungsi paru sebesar 64,4%, sedangkan 31,6% responden mempunyai fungsi paru yang normal (Mengkid, 2006).

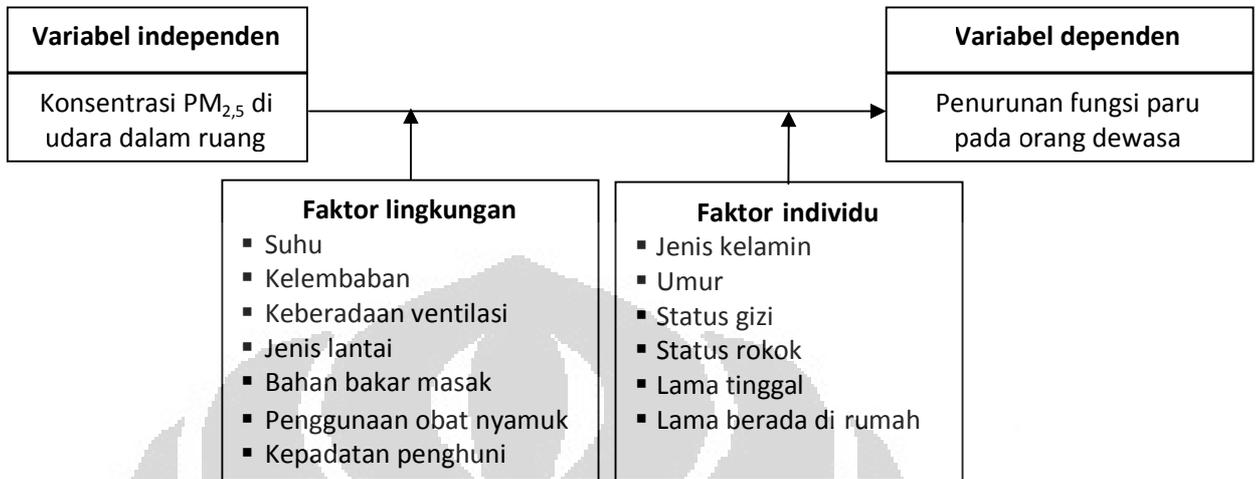
Kerusakan pada paru-paru, terutama bagian alveoli terlihat pada penelitian dengan menggunakan hewan uji. Pajanan PM_{2,5} dengan dosis yang berbeda menghasilkan dampak yang berbeda pada paru-paru tikus. Semakin tinggi dosis PM_{2,5} yang dipaparkan pada tikus maka semakin tinggi pula penurunan jumlah makrofag pada paru-paru tikus tersebut (Wegesser, et. al., 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Quanjer, et. al. (1997) menyatakan bahwa laki-laki menghasilkan tekanan alveolar lebih tinggi dibandingkan perempuan. Oleh karena itu, laki-laki dapat memiliki nilai ekspirasi aliran puncak yang lebih tinggi dibandingkan perempuan (Bahri, 2008).

Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi penurunan fungsi paru adalah faktor lingkungan. Yang termasuk ke dalam faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi penurunan fungsi paru adalah jenis lantai, keberadaan ventilasi, asap rokok, dan jenis bahan bakar yang digunakan. Sedangkan, faktor individu yang dapat mempengaruhi penurunan fungsi paru adalah status gizi, lama tinggal, dan lama berada di rumah (Novianti, 2008).



Gambar 3.1 Kerangka Teori Penurunan Fungsi Paru, Hasil Modifikasi Teori Lagorio et. al. (2006), Fordiastiko et. al. (2002), Novianti (2008), Bahri (2008), Hallberg et. al. (2010), Breton et. al. (2009), Kalhan et. al. (2010), Wegesser et. al. (2009)

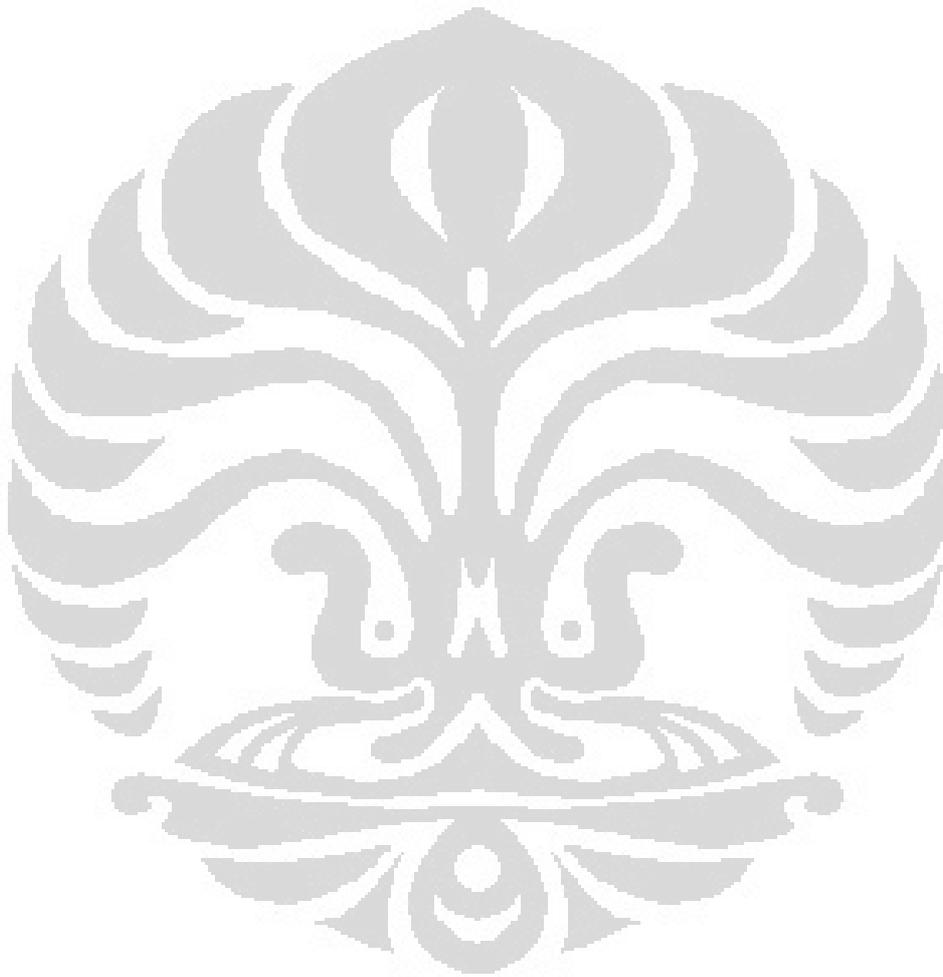
3.1. Kerangka Konsep



Gambar 3.2. Kerangka Konsep Penelitian Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang dan Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Sekitar Kawasan Industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada Tahun 2012.

Berdasarkan kerangka teori yang ada maka penulis melakukan simplifikasi karena konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang adalah faktor yang memiliki pengaruh cukup besar dalam kejadian penurunan fungsi paru. Hal ini dikarenakan PM_{2,5} merupakan partikel halus yang berdiameter $\leq 2,5$ mikrometer yang dapat masuk ke dalam alveoli sehingga menimbulkan reaksi radang yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordiastiko, et. al., 2002). Kemudian faktor lain yang juga berpengaruh besar terhadap penurunan fungsi paru adalah faktor lingkungan yang meliputi suhu, kelembaban, keberadaan ventilasi, jenis lantai, bahan bakar masak, asap rokok, penggunaan obat nyamuk, dan kepadatan penghuni. Di samping itu, faktor lainnya yang peneliti anggap dapat mempengaruhi hubungan antara konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru adalah faktor individu seperti umur, jenis kelamin, status gizi, lama tinggal, dan lama berada di dalam rumah. Alasan lain penulis melakukan simplifikasi adalah peneliti hanya ingin mengetahui hubungan konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang dengan penurunan

fungsi paru pada orang dewasa di sekitar industri Pulo Gadung, sehingga penelitian yang akan dilakukan akan lebih spesifik dan fokus. Pada kerangka konsep peneliti telah menetapkan dua variabel, yaitu konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang sebagai variabel independen dan penurunan fungsi paru sebagai variabel dependen.



3.3. Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi Operasional dalam Penelitian

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Penurunan Fungsi Paru	Kondisi fungsi paru responden dengan kriteria, seperti: <ul style="list-style-type: none"> •Restriktif : nilai KVP < 80%, FEV1 > 75% •Obstruktif : nilai KVP > 80%, FEV1 ≤ 75% •Campuran : nilai KVP < 80% dan nilai FEV1 ≤ 75% (obstruktif dan restriktif) •Normal : nilai KVP > 80%, FEV1 ≥ 75% (American Thoracic Society, <i>Medical Section of The Asian Lung Association</i> . Am. Rev Respir., 2004)	Pengukuran	Spirometri	1. Menderita 2. Tidak menderita	Nominal
Konsentrasi PM _{2,5} di udara dalam ruang	Partikel debu yang terdapat di udara dalam ruang dengan diameter ≤ 2,5 mikrometer (EPA, 2010).	Pengukuran	<i>Dust track</i>	Nilai numerik dalam μg/m ³	Rasio
Suhu	Ukuran energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul- molekul di dalam ruang dengan baku mutu seperti (BMKG): <ul style="list-style-type: none"> • Tidak memenuhi syarat : < 18°C atau > 30°C • Memenuhi syarat : 18-30°C (Kep. Menkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan)	Pengukuran	Termo- higrometer	1. Tidak memenuhi syarat (< 18°C atau > 30°C) 2. Memenuhi syarat (18-30°C)	Ordinal

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Kelembaban	Banyaknya uap air yang berada di udara (BMKG) dalam ruang dengan baku mutu, seperti: <ul style="list-style-type: none"> • Tidak memenuhi syarat : < 40% atau > 70 % • Memenuhi syarat : 40-70% (Kep. Menkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan)	Pengukuran	Termo-higrometer	1. Tidak memenuhi syarat (< 40% atau > 70%) 2. Memenuhi syarat (40-70%)	Ordinal
Ventilasi rumah	Lubang keluar masuknya aliran udara dari luar rumah ke dalam rumah atau sebaliknya dengan membandingkan luas ventilasi dengan luas lantai dengan baku mutu, seperti: <ul style="list-style-type: none"> • Tidak memenuhi syarat : < 10% luas lantai • Memenuhi syarat : \geq 10% luas lantai (Kep. Menkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan)	Pengukuran dan wawancara	Meteran, kalkulator, dan kuesioner	1. Tidak memenuhi syarat (<10% luas lantai) 2. Memenuhi syarat (\geq 10% luas lantai)	Ordinal
Jenis lantai	Jenis bahan yang digunakan untuk menutupi lantai rumah terluas (Wati, 2005 dalam Azhari, 2011).	Observasi lapangan dan wawancara	Kuesioner	1. Tanah, papan/kayu, semen 2. Ubin, keramik	Nominal
Bahan bakar masak	Bahan bakar yang digunakan oleh responden untuk memasak sehari-hari	Observasi dan wawancara	Kuesioner	1. Kayu bakar, batu bara, minyak 2. Gas, listrik	Nominal

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Status merokok	Responden yang kesehariannya merokok	Wawancara	Kuesioner	1. Ya 2. Tidak	Nominal
Penggunaan obat nyamuk bakar	Penghuni menggunakan obat nyamuk bakar di dalam rumah	Wawancara	Kuesioner	1. Ya 2. Tidak	Nominal
Kepadatan penghuni	Luas lantai dibagi dengan jumlah seluruh penghuni rumah. Nilai ideal adalah minimal 3,5 m ² per orang (Kep. Menkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan)	Pengukuran dan wawancara	Meteran, kalkulator, dan kuesioner	1. Kepadatan tinggi (<3,5 m ² /orang) 2. Kepadatan rendah/ideal (≥3,5 m ² /orang)	Ordinal
Jenis kelamin	Kelas atau kelompok yang terbentuk dalam jenis spesies sebagai sarana atau akibat digunakannya proses reproduksi seksual.	Wawancara	Kuesioner	1. Laki-laki 2. Perempuan	Nominal
Umur	Lama waktu hidup responden sejak dilahirkan hingga penelitian dilaksanakan	Wawancara	Kuesioner	Nilai numerik usia sampel penelitian dalam satuan tahun	Interval
Lama berada di rumah	Lama waktu responden menghabiskan waktu di dalam rumah	Wawancara	Kuesioner	Nilai dalam jam	Rasio

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Lama tinggal	Lama waktu responden tinggal di rumah sekarang	Wawancara	Kuesioner	Nilai dalam tahun	Rasio
Status gizi	<p>Kondisi gizi responden diukur dengan membandingkan antara berat badan dengan tinggi badan, kemudian dinilai dengan menentukan indeks massa tubuh (IMT), seperti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurus, jika $IMT < 17$ (kekurangan berat badan tingkat berat) atau 17-18,4 (kekurangan berat badan tingkat ringan) • Gemuk, jika $IMT > 27$ (kelebihan berat badan tingkat berat) atau 25-27 (kelebihan berat badan tingkat ringan) • Normal, jika $IMT 18,5-24,9$ 	Pengukuran	Kuesioner, timbangan BB dan ukuran TB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak normal ($IMT < 17$ atau 17-18,4 dan $IMT > 27$ atau 25-27) 2. Normal ($IMT 18,5-24,9$) 	Ordinal

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang bersifat deskriptif dengan menggunakan disain studi *cross-sectional* (potong lintang). *Cross-sectional* adalah disain penelitian yang tidak memiliki dimensi waktu, artinya pengukuran terhadap seluruh variabel yang akan diteliti hanya dilakukan satu kali, pada waktu yang sama (Sastroamoro, 2002). Penelitian *cross-sectional* dilakukan untuk melihat berapa tinggi atau berapa banyak *exposure* dan juga *outcome* serta melihat hubungan antara besarnya *exposure* dengan besarnya *outcome* yang terjadi. Dalam penelitian ini akan dilihat konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang (*exposure*) dan penurunan fungsi paru (*outcome*) serta hubungan antara kedua variabel tersebut sehingga peneliti menganggap bahwa disain studi *cross-sectional* adalah disain studi yang paling tepat digunakan dalam penelitian ini.

4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

4.2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di sekitar kawasan industri Pulo Gadung. Kawasan industri Pulo Gadung merupakan salah satu area perindustrian tertua di Jakarta yang terletak di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur. Kelurahan Rawa Terate menjadi lokasi penelitian karena konsentrasi debu total (TSP) di area tersebut sudah melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan (BPLHD, 2012).

4.2.2. Waktu Penelitian

Survei awal untuk memperoleh data awalan penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai dengan bulan Maret 2012. Sedangkan, penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai dengan bulan Mei 2012.

4.3. Populasi dan Sampel

4.3.1. Populasi Penelitian

Adapun populasi target dalam penelitian adalah semua warga di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur. Sedangkan, populasi studinya adalah orang dewasa yang berdomisili di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, tepatnya di Kelurahan Rawa Terate.

4.3.2. Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah orang dewasa yang berdomisili di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, tepatnya di Kelurahan Rawa Terate yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Adapun kriteria-kriteria dalam pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

a. Kriteria Inklusi

- Sudah tinggal menetap di Kelurahan Rawa Terate ≥ 5 tahun
- Sehat (tidak sedang menderita gangguan saluran pernapasan)
- Bersedia menjadi responden dalam penelitian ini
- Berusia 20-65 tahun saat penelitian berlangsung

b. Kriteria Eksklusi

- Tidak tinggal menetap di Kelurahan Rawa Terate
- Sedang mengalami gangguan saluran pernapasan
- Tidak bersedia menjadi responden dalam penelitian ini
- Tidak berusia 20-65 tahun saat penelitian berlangsung

Perhitungan sampel:

Adapun formula yang digunakan untuk pengambilan sampel secara acak adalah sebagai berikut (Lemeshow, et. al., 1997):

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2 * P(1-P)}{d^2}$$

Keterangan:

P = estimasi proporsi

d = simpangan mutlak (biasanya 5% atau 10%)

z = nilai z pada derajat kepercayaan 1-a/2 (1,96)

Diketahui :

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya diperoleh bahwa prevalensi gangguan fungsi paru di Kecamatan Cakung sebesar 44,8% (Novianti, 2008).

$$= \frac{1,96 \quad 0,448 \quad (1 - 0,448)}{0,1} = 95,01 \approx 95$$

Setelah nilai tersebut dimasukkan ke dalam rumus maka diperoleh jumlah sampel minimal sebesar 95 sampel. Namun, jumlah sampel dibulatkan menjadi 110 sampel untuk menghindari adanya *drop out* saat penelitian berlangsung.

4.3.3. Pengambilan Sampel

Sampel *exposure* (konsentrasi PM_{2.5} di udara dalam ruang) diambil pada setiap titik di rumah sampel *outcome* (penurunan fungsi paru). Sedangkan, sampel *outcome* (penurunan fungsi paru) dengan jumlah total sampel sebesar 110 sampel diambil dengan metode *stratified random sampling* atau pengambilan anggota sampel dilakukan dengan melakukan randomisasi bertingkat dimulai dari Kelurahan Rawa Terate, lalu ke tingkat RW dan diakhiri pada tingkat RT. Dari 6 RW yang ada di Kelurahan Rawa Terate diambil 3 RW secara acak untuk dapat mewakili Kelurahan Rawa Terate tersebut. Adapun 3 RW yang terpilih sebagai area penelitian, yaitu RW 02, RW 04, dan RW 06. Kemudian, dari setiap RW diambil 2 RT secara acak pula. Adapun RT yang terpilih dari RW 02 yaitu RT 01 dan RT 06. Dari RW 04 ada RT 04 dan RT 08 yang terpilih. Sedangkan, RT yang terpilih dari RW 06 yaitu RT 02 dan RT 10. Setelah itu, proses pengambilan sampel dilakukan dengan memilih secara acak daftar kartu Kepala Keluarga (KK) di setiap RT yang terpilih menjadi sampel.

Pemilihan secara acak dilakukan sehingga peneliti tidak akan dapat memperkirakan atau mengetahui siapa yang akan terpilih menjadi sampel penelitian.

4.4. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini seluruhnya adalah data primer yang meliputi:

1. Pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang dengan menggunakan alat *dust track*.
2. Pemeriksaan fungsi paru pada orang dewasa dengan menggunakan alat spirometri.
3. Gambaran karakteristik individu dengan menggunakan kuesioner.
4. Gambaran faktor lingkungan rumah dengan menggunakan termohigrometer, meteran, dan formulir observasi.
5. Gambaran status gizi responden dengan menggunakan timbangan berat badan dan mikotoa.

Pengumpulan data dibagi menjadi dua (2) tahap yang terdiri dari: 1) pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang dan pengukuran faktor lingkungan rumah, seperti pengukuran suhu udara, kelembaban udara, ventilasi rumah, dan luas rumah; 2) pemeriksaan fungsi paru responden, pengukuran tinggi badan, berat badan, dan wawancara responden dengan kuesioner.

Tim pengumpul data pada tahap pertama terdiri dari 1 orang pengukur $PM_{2.5}$, kelembaban udara, dan suhu udara; 1 orang pengukur ventilasi rumah dan luas rumah. Sedangkan, tim pengumpul data pada tahap kedua terdiri dari 2 orang tenaga medis, 4 orang pewawancara, 2 orang pengukur tinggi dan berat badan, dan 2 orang koordinator lapangan yang bertugas mengumpulkan warga.

4.4.1. Rincian Cara Pengumpulan Data dan Pelaksanaannya

1. Cara Pengumpulan Data $PM_{2.5}$

Data $PM_{2.5}$ diperoleh dari hasil pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang. Pengukuran dilakukan di dalam rumah penduduk Kelurahan Rawa Terate

yang terpilih menjadi sampel dalam penelitian ini. Adapun cara pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang yaitu dengan menggunakan alat digital bernama *dust track*. Lama proses pengukuran di tiap rumah sampel adalah 60 menit. Titik pengukuran dilakukan di dalam rumah sampel berdasarkan area yang paling sering dihabiskan oleh penghuni rumah. Dalam penelitian ini, titik pengukuran biasanya dilakukan di ruang keluarga dan kamar penghuni rumah, dimana mereka biasanya menghabiskan waktu di tempat tersebut selama 6-12 jam per hari. Setiap hari pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dapat dilakukan sebanyak 4-7 titik. Adapun jumlah keseluruhan titik pengukuran $PM_{2,5}$ yaitu 42 titik. Setelah selesai pengukuran, data $PM_{2,5}$ diunduh dari *dust track* dengan menggunakan *software* bernama *Trak Pro Data Analysis Version 3.41*. Hasil pengukuran menghasilkan nilai konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dalam bentuk nilai maksimum, nilai minimum, dan nilai rerata dari tiap titik pengukuran.

2. Cara Pengukuran Fungsi Paru

Data fungsi paru pada orang dewasa diperoleh dari proses pemeriksaan dengan menggunakan alat spirometri. Responden yang terpilih dalam penelitian ini dikumpulkan di rumah ketua RT untuk diperiksa fungsi parunya. Responden diperiksa dalam keadaan berdiri tegak, lalu responden menghirup udara semaksimal mungkin, kemudian keluarkan melalui *mouth piece* sekuat-kuatnya dan secepat-cepatnya sampai semua udara keluar. Dalam proses pemeriksaan, responden diperiksa sampai 3 kali pengulangan sehingga diperoleh hasil yang akurat. Pemeriksaan dilakukan untuk memperoleh 3 nilai, yaitu:

- a. Waktu ekspirasi minimal 3 detik
- b. Grafik *flow volume* mempunyai puncak
- c. Permulaan uji baik/cepat (tidak ragu-ragu)

Adapun hal-hal yang menunjukkan pemeriksaan fungsi paru tidak berjalan baik adalah sebagai berikut (ATS, 1987):

- a. Batuk selama detik pertama/selama dilakukan pemeriksaan

- b. Akhir ekspirasi yang cepat (normal, ekspirasi berlangsung 6 detik)
- c. Terjadi kebocoran
- d. *Mouth piece* tersumbat

Adapun data-data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan spirometri, yaitu VC, FVC, FEV₁, dan prediksi FVC. Data-data tersebut kemudian diolah untuk menginterpretasikan kondisi fungsi paru tiap responden. interpretasi fungsi paru berpedoman pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Klasifikasi Penilaian Fungsi Paru

Kategori	Penilaian
Normal	<ul style="list-style-type: none"> • KVP > 80 %, nilai prediksi untuk semua umur
Restriksi	<ul style="list-style-type: none"> • KVP < 80 %, FEV₁ > 75 %, nilai prediksi • Restriksi Ringan : KVP > 60 % < 80 % nilai prediksi • Restriksi Sedang : KVP > 30 % < 60 %, nilai prediksi • Restriksi Berat : KVP < 30 %, nilai prediksi
Obstruksi	<ul style="list-style-type: none"> • KVP > 80 %, FEV₁ ≤ 75 %, nilai prediksi • Obstruksi Ringan : FEV₁ > 60 %, nilai prediksi • Obstruksi Sedang : FEV₁ > 30 % < 60 %, nilai prediksi • Obstruksi Berat : FEV₁ < 30 %, nilai prediksi

Sumber : American Thoracic Society, *Medical Section of The Asian Lung Association*. Am. Rev Respir., 2004.

3. Cara Pengukuran Status Gizi Responden

Pengukuran status gizi secara langsung bisa dilakukan dengan menggunakan cara seperti antropometri, klinik, biokimiawi, dan biofisik. Dalam penelitian ini, pengukuran status gizi dilakukan dengan cara antropometri tinggi badan menurut umur. Pengukuran status gizi dilakukan dengan mengumpulkan data terkait tinggi badan dan berat badan responden. Kemudian, dihitung dengan menggunakan IMT (Indeks Massa Tubuh). IMT merupakan alat yang sederhana yang digunakan untuk memantau status gizi orang dewasa. Adapun rumus perhitungan IMT adalah sebagai berikut:

$$\text{IMT} = \frac{\text{berat badan (kg)}}{[\text{tinggi badan (m)}]^2}$$

Kesimpulan dari ambang batas IMT untuk orang Indonesia adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2. Kategori Ambang Batas IMT untuk Indonesia

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,5
Normal		18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,0 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27,0

Sumber: Depkes, 1994. Pedoman Praktis Pemantauan Status Gizi Orang Dewasa

4. Cara Pengumpulan Data Karakteristik Individu

Data karakteristik individu dikumpulkan dengan menggunakan kuesioner yang mencakup karakteristik umum, seperti: nama, alamat, nama pemilik rumah, jenis kelamin, lama tinggal, lama berada di rumah, kegiatan rutin di dalam rumah, status merokok.

5. Cara Pengumpulan Data Faktor Lingkungan Rumah

Data faktor lingkungan rumah dikumpulkan dengan menggunakan kuesioner dan formulir observasi. Faktor lingkungan yang dikumpulkan dengan kuesioner seperti: penggunaan obat nyamuk, jenis lantai rumah, bahan bakar memasak, dan kepadatan hunian rumah. Sedangkan, faktor lingkungan yang dikumpulkan dengan formulir observasi seperti: suhu udara, kelembaban udara, ventilasi rumah, dan luas rumah.

4.4.2. Pengorganisasian

Penelitian dilakukan pada bulan April 2012. Pengambilan data PM_{2,5}, suhu, kelembaban, dan ventilasi rumah dilakukan selama 21 hari. Setiap harinya dilakukan pengukuran di 4 rumah sampel. Sedangkan, pengambilan data fungsi paru, TB, BB,

dan wawancara dilakukan pada hari sabtu dan minggu karena warga biasanya berada di rumah. Setiap rumah diambil 2-4 sampel yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklus. Pemeriksaan fungsi paru, TB, BB, dan wawancara dilakukan selama 2 hari. Hari pertama penelitian, peneliti membagi 2 tim untuk mengumpulkan data fungsi paru, TB, BB, dan wawancara responden. Tim A bertugas di RW 04 untuk mengumpulkan data-data responden di RT 04 dan RT 08. Sedangkan, tim B bertugas di RW 06 untuk mengumpulkan data-data responden di RT 02 dan RT 10. Terakhir, kedua tim sama-sama bertugas di RW 02, yaitu tim A bertugas di RT 01 dan tim B bertugas di RT 06. Adapun responden yang belum diperiksa pada hari pertama, maka pemeriksaan dilakukan pada hari kedua. Mekanisme pengumpulan data-data responden yaitu responden diukur tinggi badan dan berat badannya untuk mengetahui status gizi. Kemudian, responden diperiksa fungsi parunya. Terakhir, responden diwawancarai oleh staf yang bertugas sebagai pewawancara.

4.5. Pengolahan dan Analisis Data

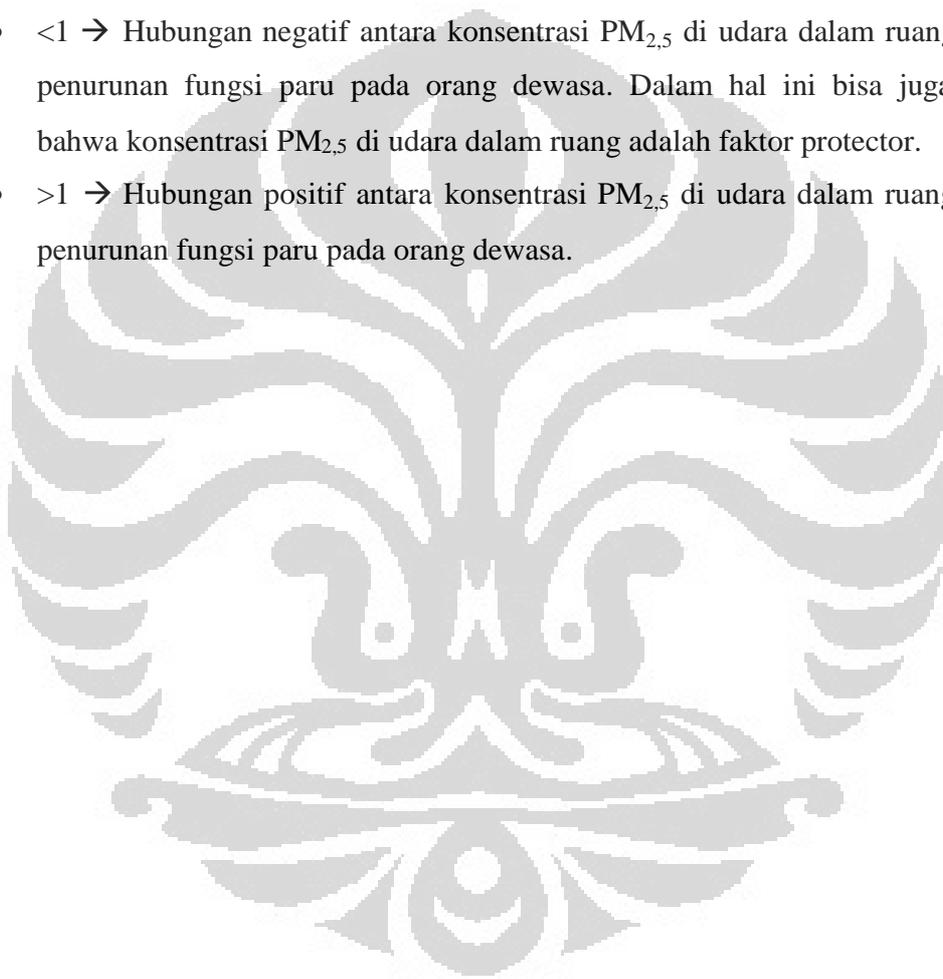
Seluruh data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dengan menggunakan paket program statistik SPSS 15.0. Data yang di-*entry* dalam bentuk numerik yaitu konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang, umur responden, lama tinggal, dan lama berada di rumah. Sedangkan, data yang di-*entry* dalam bentuk katagorik yaitu fungsi paru, jenis kelamin, status merokok, status gizi, ventilasi rumah, penggunaan obat nyamuk bakar, suhu udara, dan kelembaban udara.

Analisis data univariat dengan menggunakan distribusi frekuensi untuk variabel dengan skala katagorik dan *summarize statistic* untuk variabel dengan skala numerik. Analisis data bivariat dengan uji regresi logistik digunakan untuk melihat hubungan antara variabel dengan skala numerik dengan penurunan fungsi paru. Sedangkan, analisis data bivariat dengan uji analisis kai kuadrat digunakan untuk melihat hubungan antara variabel berskala katagorik dengan penurunan fungsi paru. Apabila nilai p (p -value) yang didapatkan lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$ maka hipotesis awal (H_0) gagal untuk ditolak. Artinya variabel tersebut memiliki hubungan

dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa. Penyajian data dilakukan dalam bentuk tabel dan narasi.

Derajat hubungan antara variabel *exposure* dengan variabel *outcome* dilihat melalui nilai Odds Ratio (OR). Rincian nilai OR adalah sebagai berikut:

- 1 → Tidak ada hubungan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa.
- <1 → Hubungan negatif antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa. Dalam hal ini bisa juga disebut bahwa konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang adalah faktor protector.
- >1 → Hubungan positif antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa.



BAB 5

HASIL PENELITIAN

5.1. Gambaran Umum

Kawasan industri Pulo Gadung merupakan salah satu area perindustrian tertua di Jakarta yang terletak di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung. Adapun batasan wilayah Kelurahan Rawa Terate adalah sebagai berikut:

- a. Sebelah timur berbatasan dengan Kali Cakung Alam, Kelurahan Cakung Barat.
- b. Sebelah selatan berbatasan dengan Kelurahan Jatinegara.
- c. Sebelah barat berbatasan dengan Jalan Raya Bekasi, Kelurahan Pulo Gadung.
- d. Sebelah utara berbatasan dengan Jalan Raya Bekasi, Kelurahan Pegangsaan II.

Rawa Terate merupakan salah satu kelurahan dari 7 kelurahan yang ada di Kecamatan Cakung, Jakarta Timur. Kelurahan ini memiliki luas 330 hektar dengan jumlah Rukun Warga (RW) sebanyak 6 RW dan Rukun Tetangga (RT) sebanyak 60 RT. Jumlah penduduk di kelurahan tersebut sebanyak 32.468 jiwa dengan jumlah Kepala Keluarga (KK) sebanyak 7.752 KK. Adapun proporsi laki-laki sebanyak 58,6% (19.015 orang) dan perempuan sebanyak 41,4% (13.453 orang).

5.2. Tingkat Respon

Pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dilakukan pada 42 rumah penduduk Kelurahan Rawa Terate yang terpilih menjadi sampel dalam penelitian ini. Konsentrasi $PM_{2,5}$ diukur dengan menggunakan alat digital bernama *dust track*. Lama proses pengukuran di tiap rumah sampel adalah 60 menit. Tingkat respon pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang sebesar 100% sukses. Sedangkan, pemeriksaan fungsi paru pada orang dewasa diperoleh dengan menggunakan alat spirometri. Pemeriksaan fungsi paru dilakukan selama 2 hari, yaitu pada hari libur. Adapun tingkat respon pemeriksaan dan wawancara responden sebesar 97% (109 responden). Hal ini dikarenakan ada beberapa responden yang menolak diperiksa atau sedang tidak berada ditempat.

5.3. Analisis Univariat

5.3.1. Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang

Hasil analisis univariat menunjukkan bahwa nilai rerata konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang adalah 308 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (95% CI: 267,6 - 348,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dengan nilai standar deviasi sebesar 213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi PM_{2,5} terendah di udara dalam ruang adalah 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi PM_{2,5} tertinggi di udara dalam ruang adalah 1240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil ini membuktikan bahwa rerata konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang telah melampaui baku mutu udara yang ditetapkan oleh EPA (2006), yaitu sebesar 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.3.2. Faktor Individu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis kelamin responden tidak terdistribusi secara merata. Dari 109 responden terdapat 77 (70,6%) responden yang berjenis kelamin perempuan. Sementara itu, distribusi responden yang berstatus tidak merokok, yaitu 76 (69,7 %) responden. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa responden yang status gizinya tidak normal, yaitu 56 (51,4%) responden. Hasil analisis univariat faktor individu berdasarkan jenis kelamin, status merokok, dan status gizi dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1
Distribusi Faktor Individu Berdasarkan Jenis Kelamin, Status Merokok, dan Status Gizi pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012

Variabel	Jumlah (n = 109)	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
Laki-laki	32	29,4
Perempuan	77	70,6
Status Merokok		
Ya	33	30,3
Tidak	76	69,7
Status Gizi		
Tidak normal	56	51,4
Normal	53	48,6

Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa nilai rerata umur responden adalah 43 tahun (95% CI: 40-45 tahun) dengan nilai standar deviasi sebesar 13 tahun. Umur responden terendah di area penelitian adalah 20 tahun. Sedangkan, umur responden tertinggi adalah 65 tahun. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa nilai rerata lama tinggal responden adalah 33 tahun (95% CI: 30-37 tahun) dengan standar deviasi sebesar 18 tahun. Lama tinggal responden tersingkat di area penelitian adalah 5 tahun. Sedangkan, lama tinggal responden terlama adalah 65 tahun. Adapun nilai rerata lama berada di rumah adalah 17 jam (95% CI: 16-18 jam) dengan standar deviasi sebesar 5 jam. Lama berada di rumah tersingkat adalah 6 jam. Sedangkan, lama berada di rumah terlama adalah 24 jam. Hasil analisis univariat terkait umur, lama tinggal responden, dan lama berada di rumah dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2
Distribusi Faktor Individu Berdasarkan Umur, Lama Tinggal, dan Lama Berada di Rumah pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012

Variabel	Mean	SD	Min-Maks	95% CI
Umur (tahun)	43	13	20 – 65	40 - 45
Lama Tinggal (tahun)	33	18	5 – 65	30 - 37
Lama Berada di Rumah (jam)	17	5	6 – 24	16 - 18

5.3.3. Penurunan Fungsi Paru Responden

Hasil analisis univariat penurunan fungsi paru pada orang dewasa yang dijadikan sampel dalam penelitian menunjukkan bahwa dari 109 responden terdapat 42 (38,5%) responden yang mengalami penurunan fungsi paru.

5.3.4. Faktor Lingkungan Rumah

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa dari 109 responden yang terpilih dalam penelitian ternyata ada 107 responden (98,2%) tinggal di rumah yang jenis lantainya terbuat dari ubin atau keramik. Sementara itu, terdapat 106 responden (97,2%) yang tinggal di rumah yang memiliki kepadatan hunian yang rendah/ideal ($\geq 3,5$

m²/orang). Ventilasi rumah di area penelitian sebagian besar tidak memenuhi syarat rumah sehat. Hasil penelitian menemukan bahwa 82 responden (75,2 %) tinggal di rumah yang memiliki ventilasi yang tidak memenuhi syarat rumah sehat yang telah ditetapkan oleh Kep. Menkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan, yaitu < 10% luas lantai rumah.

Tabel 5.3
Distribusi Faktor Lingkungan Rumah pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012

Variabel	Jumlah (n = 109)	Persentase (%)
Jenis Lantai		
Tanah, papan/kayu, semen	2	1,8
Ubin, keramik	107	98,2
Kepadatan Hunian		
Tinggi (< 3,5 m ² /orang)	3	2,8
Rendah/ideal (≥ 3,5 m ² /orang)	106	97,2
Ventilasi Rumah		
Tidak memenuhi syarat	82	75,2
Memenuhi syarat	27	24,8
Bahan Bakar Masak		
Kayu bakar, batu bara, minyak tanah	2	1,8
Gas, listrik	107	98,2
Penggunaan Obat Nyamuk Bakar		
Ya	14	12,8
Tidak	95	87,2
Suhu		
Tidak memenuhi syarat (<18°C atau >30°C)	40	36,7
Memenuhi syarat (18°-30°C)	69	63,3
Kelembaban		
Tidak memenuhi syarat (<40% atau >70%)	31	28,4
Memenuhi syarat (40% -70%)	78	71,6

Penelitian ini juga menemukan bahwa 107 responden (98,2 %) menggunakan bahan bakar masak berupa gas. Untuk penggunaan obat nyamuk bakar ternyata ada 95 responden (87,2%) sudah tidak menggunakan obat nyamuk bakar didalam rumahnya. Dari 109 responden ternyata ada 69 responden (63,3 %) tinggal di rumah yang memiliki suhu yang memenuhi syarat rumah sehat yang ditetapkan oleh Kep.

Menkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan, yaitu 18°-30°C. Sementara itu, kelembaban rumah di area penelitian sebagian besar memenuhi syarat rumah sehat. Hasil penelitian menemukan bahwa 78 responden (71,6 %) tinggal di rumah yang memiliki kelembaban yang memenuhi syarat rumah sehat yang ditetapkan oleh Kep. Menkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan, yaitu 40%-70%. Hasil analisis univariat faktor lingkungan rumah responden secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5.3.

5.4. Analisis Bivariat

5.4.1. Hubungan antara Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang dengan Penurunan Fungsi Paru

Hasil analisis dengan menggunakan uji regresi logistik menunjukkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang dan penurunan fungsi paru (nilai $p < 0,05$) dengan nilai OR sebesar 3,31. Hal ini menjelaskan bahwa orang dewasa yang terpajan konsentrasi PM_{2,5} lebih tinggi memiliki risiko mengalami penurunan fungsi paru 3,31 kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa yang terpajan konsentrasi PM_{2,5} lebih rendah. Hasil analisis hubungan antara konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang dan penurunan fungsi paru dapat dilihat dalam tabel 5.4.

Tabel 5.4
Distribusi Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang Menurut Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012

Variabel	B	Nilai p	Exp (B)	95% CI for Exp (B)	
				Lower	Upper
Konsentrasi PM _{2,5} di udara dalam ruang	1,195	0,003	3,31	1,46	7,48

5.4.2. Hubungan antara Faktor Individu dengan Penurunan Fungsi Paru

Hasil analisis dengan menggunakan uji kai kuadrat menunjukkan hubungan yang signifikan antara jenis kelamin responden dan penurunan fungsi paru (nilai $p < 0,05$) dengan nilai OR sebesar 2,84. Hal ini menjelaskan bahwa orang dewasa yang

berjenis kelamin laki-laki memiliki risiko penurunan fungsi paru 2,84 kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa yang berjenis kelamin perempuan. Hasil analisis juga menunjukkan hubungan yang signifikan antara status merokok responden dan penurunan fungsi paru (nilai $p < 0,05$) dengan nilai OR sebesar 2,6. Hal ini menjelaskan bahwa orang dewasa yang merokok memiliki risiko penurunan fungsi paru 2,6 kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa yang tidak merokok. Namun, hubungan tidak signifikan ditemukan antara status gizi responden dengan penurunan fungsi paru (nilai $p > 0,05$). Hasil analisis hubungan antara faktor individu berdasarkan jenis kelamin, status merokok, dan status gizi dengan penurunan fungsi paru dapat dilihat dalam tabel 5.5.

Tabel 5.5
Distribusi Penurunan Fungsi Paru Menurut Jenis Kelamin, Status Merokok, dan Status Gizi pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012

Variabel	Penurunan Fungsi Paru (n = 109)				OR	Nilai p
	Ya		Tidak			
	n	%	n	%		
Jenis Kelamin						
Laki-laki	18	56,2	14	43,8	2,84	0,025
Perempuan	24	31,2	53	68,8		
Status Merokok						
Ya	18	54,5	15	45,5	2,60	0,040
Tidak	24	31,6	52	68,4		
Status Gizi						
Tidak normal	19	33,9	37	66,1	0,67	0,413
Normal	23	43,4	30	56,6		

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan uji regresi logistik menunjukkan hubungan yang tidak signifikan antara umur responden dengan penurunan fungsi paru (nilai $p > 0,05$). Hasil analisis juga menunjukkan hubungan yang tidak signifikan antara lama tinggal dengan penurunan fungsi paru (nilai $p > 0,05$). Namun, hasil analisis justru menunjukkan hubungan yang signifikan antara lama berada di rumah dan penurunan fungsi paru (nilai $p < 0,05$) dengan nilai OR sebesar 3,56. Hal ini menjelaskan bahwa orang dewasa yang lebih lama menghabiskan waktu

di rumah memiliki risiko penurunan fungsi paru sebesar 3,56 kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa yang lebih singkat menghabiskan waktu di rumah. Hasil analisis hubungan antara faktor individu berdasarkan umur, lama tinggal, lama berada di rumah, dan status sosial ekonomi dengan penurunan fungsi paru dapat dilihat dalam tabel 5.6.

Tabel 5.6
Distribusi Umur, Lama Tinggal, dan Lama Berada di Rumah Menurut Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012

Variabel	B	Nilai p	Exp (B)	95% CI for Exp (B)	
				Lower	Upper
Umur Responden	-0,001	0,933	0,99	0,97	1,03
Lama Tinggal Responden	-0,008	0,492	0,99	0,97	1,02
Lama Berada di Rumah	1,270	0,002	3,56	1,57	8,08

5.4.3. Hubungan antara Faktor Lingkungan Rumah Responden dengan Penurunan Fungsi Paru

Dalam penelitian ini, hasil analisis dengan menggunakan uji kai kuadrat menunjukkan hubungan yang signifikan antara keberadaan ventilasi dalam rumah dan penurunan fungsi paru (nilai $p < 0,05$) dengan nilai OR sebesar 3,35. Hal ini menjelaskan bahwa orang dewasa yang tinggal di rumah yang memiliki ventilasi tidak memenuhi syarat memiliki risiko penurunan fungsi paru 3,35 kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa yang tinggal di rumah yang memiliki ventilasi memenuhi syarat. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan uji kai kuadrat menunjukkan hubungan yang tidak signifikan antara penggunaan obat nyamuk bakar dalam rumah dengan penurunan fungsi paru (nilai $p > 0,05$). Selain itu, hubungan yang tidak signifikan juga ditemukan antara suhu udara dalam rumah dengan penurunan fungsi paru (nilai $p > 0,05$). Namun, hasil analisis menunjukkan hubungan yang signifikan antara kelembaban udara dalam rumah dan penurunan fungsi paru

(nilai $p < 0,05$) dengan nilai OR sebesar 3,12. Hal ini menjelaskan bahwa orang dewasa yang tinggal di rumah yang memiliki kelembaban udara tidak memenuhi syarat memiliki risiko penurunan fungsi paru 3,12 kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa yang tinggal di rumah yang memiliki kelembaban udara memenuhi syarat. Hasil analisis hubungan antara faktor lingkungan rumah dengan penurunan fungsi paru dapat dilihat dalam tabel 5.7.

Tabel 5.7
Distribusi Penurunan Fungsi Paru Menurut Faktor Lingkungan Rumah pada Orang Dewasa di Area Penelitian, April 2012

Variabel	Penurunan Fungsi Paru (n = 109)				OR	Nilai p
	Ya		Tidak			
	n	%	n	%		
Ventilasi Rumah						
Tidak memenuhi syarat	36	45,6	43	54,4	3,35	0,026
Memenuhi syarat	6	20,0	24	80,0		
Penggunaan Obat Nyamuk Bakar						
Ya	7	50,0	7	50	1,71	0,515
Tidak	35	36,8	60	63,2		
Suhu Udara						
Tidak memenuhi syarat (< 18° C/> 30°C)	15	37,5	25	62,5	0,93	1,000
Memenuhi syarat (18° C- 30° C)	27	29,1	42	60,9		
Kelembaban Udara						
Tidak memenuhi syarat (< 40%/70%)	18	58,1	13	41,9	3,12	0,015
Memenuhi syarat (40%-70%)	24	30,8	54	69,2		

BAB 6

PEMBAHASAN

6.1. Keterbatasan Penelitian

6.1.1. Instrumen Penelitian

Dalam proses pengumpulan data, peneliti menggunakan beberapa alat ukur, yaitu dust track, spirometri, termohigrometer, meteran, mikrotoa, dan timbangan tubuh. Adapun kelemahan yang terjadi saat proses penelitian berlangsung adalah pembacaan hasil ukur. Hal ini dikarenakan pembacaan hasil ukur dilakukan oleh peneliti sendiri dan beberapa staf penelitian sehingga ketelitian petugas pembaca hasil ukur sangat mempengaruhi hasil penelitian. Peneliti juga tidak melakukan kalibrasi alat ukur secara teratur sehingga dapat mempengaruhi hasil pengukuran yang diperoleh oleh peneliti.

6.1.2. Bias Informasi

Bias informasi merupakan bias yang terjadi karena kesalahan sistematis dalam mengamati, memilih instrument, membuat klasifikasi, mencatat informasi, dan membuat interpretasi. Bias informasi dalam penelitian ini terjadi pada saat pengumpulan data dengan menggunakan kuesioner. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa pertanyaan dalam kuesioner yang membutuhkan kemampuan ingatan responden sehingga *recall bias* dapat terjadi dalam penelitian ini.

6.1.3. Tingkat Keakuratan dan Kualitas Data

Dalam proses pengumpulan data, tingkat keakuratan dan kualitas data sangat dipengaruhi oleh 3 faktor, yaitu faktor alat ukur, faktor pewawancara, dan faktor responden. Dalam penelitian ini, subjektivitas pewawancara saat melakukan proses wawancara dengan instrument kuesioner dapat mempengaruhi keakuratan dan kualitas data yang terkumpul. Selain itu, tingkat kejujuran responden dalam menjawab pertanyaan yang diajukan oleh pewawancara juga mempengaruhi keakuratan dan kualitas data dalam penelitian ini.

6.2. Hubungan Konsentrasi PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang dengan Penurunan Fungsi Paru

Dalam penelitian telah ditemukan bahwa konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang ternyata melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan oleh EPA (2006) dalam *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS), yaitu dengan rerata 9 kali lipat standar baku mutu udara. Hal ini dikarenakan lokasi perumahan warga yang menjadi sampel dalam penelitian ini terletak di sekitar kawasan industri Pulo Gadung. Penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa setiap peningkatan 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsentrasi PM_{2,5} di udara luar ruang ternyata dapat meningkatkan 0,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang (McCormack, et. al., 2008). Kondisi ini juga diperkuat oleh Spengler dan Sexton (1983) yang menyatakan bahwa polusi udara dalam rumah dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu polusi udara luar rumah dan aktivitas penghuni rumah (Cao, et. al., 2005).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa (nilai $p < 0,05$). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan korelasi antara peningkatan konsentrasi PM_{2,5} dengan gangguan fungsi paru. Pada penelitian ini disebutkan pula bahwa PM_{2,5} merupakan partikel yang mengandung 8 jenis logam, yaitu Fe, Zn, Pb, Pt, Cd, V, Cr, dan Ni (Lagorio, et. al., 2005). Hasil penelitian lain dengan menggunakan hewan uji menyatakan bahwa kerusakan paru-paru, terutama bagian alveoli terjadi karena pajanan PM_{2,5}. Penelitian ini telah membuktikan bahwa pajanan PM_{2,5} dengan dosis yang berbeda dapat menghasilkan dampak yang berbeda pula pada paru-paru tikus. Semakin tinggi dosis PM_{2,5} yang dipajankan pada tikus maka fungsi paru pada tikus juga semakin menurun (Wegesser, et. al., 2009).

Laporan gangguan kesehatan akibat pajanan PM_{2,5} melalui udara sering dilaporkan pada daerah-daerah yang berdekatan dengan kawasan industri. Penelitian yang dilakukan di kawasan industri menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM_{2,5} dengan gangguan fungsi paru pada ibu rumah tangga yang tinggal di sekitar kawasan industri tersebut (Novianti, 2008). Hasil

penelitian lain yang dilakukan di pabrik semen menyatakan bahwa responden mengalami gangguan fungsi paru sebesar 64,4% (Mengkid, 2006). Penelitian yang dilakukan di California menunjukkan bahwa anak-anak (10-18 tahun) yang terpajan oleh polusi udara ambien seperti PM_{2,5}, NO₂, unsur karbon, dan *acid vapor* yang dihasilkan dari bahan bakar belum bisa terlihat kejadian penurunan fungsi parunya. Penurunan fungsi paru baru terlihat apabila anak tersebut telah dewasa (Gauderman, et. al., 2004).

Konsentrasi PM_{2,5} yang terhirup akan masuk ke dalam alveoli. Hal ini menyebabkan terjadinya interaksi antara metabolit suatu partikel dengan oksigen yang terdapat di alveoli sehingga menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*). Setelah itu, ROS akan mengoksidasi guanin menjadi 8-oxoguanin sehingga terjadi peristiwa *oxidative stress* dalam tubuh (Lagorio, et. al., 2006). *Oxidative stress* merupakan keadaan dimana jumlah radikal bebas dalam tubuh melebihi kapasitas tubuh untuk menetralsirnya sehingga menimbulkan reaksi radang pada paru-paru yang mengakibatkan daya kembang paru menjadi terbatas (Fordastiko, et. al., 2002). Akhirnya, manusia mengalami penurunan fungsi paru dalam tubuhnya.

Dalam penelitian ini telah menunjukkan bahwa orang dewasa yang terpajan PM_{2,5} di udara dalam ruang dengan konsentrasi yang lebih tinggi relatif mengalami penurunan fungsi paru. Oleh karena itu, kegiatan pencegahan perlu dilakukan untuk mengurangi dampak kesehatan akibat konsentrasi PM_{2,5} di udara yang telah melebihi baku mutu. Adapun kegiatan pencegahan yang dapat dilakukan oleh masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, yaitu melakukan penghijauan dengan menanam pepohonan untuk menghasilkan udara yang segar di sekitar rumah. Cara efektif lainnya yang dapat dilakukan oleh penghuni rumah untuk mengurangi konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang adalah dengan membuka jendela atau pintu rumah. Hal ini dikarenakan jendela atau pintu yang terbuka dapat berfungsi sebagai ventilasi sehingga dapat mengurangi zat pencemar yang ada di dalam rumah. Cara ini juga direkomendasikan oleh McCormack, et. al (2008) dalam penelitiannya karena dengan membuka jendela selama 10 menit per hari terbukti dapat mengurangi konsentrasi PM_{2,5} sebesar 0,88 µg/m³ (McCormack, et. al., 2008).

6.3. Hubungan Faktor Individu dengan Penurunan Fungsi Paru

Faktor individu meliputi jenis kelamin, status merokok, status gizi, umur, lama tinggal, dan lama berada di rumah. Penelitian ini menunjukkan bahwa variabel jenis kelamin, status merokok, dan lama berada di rumah memiliki hubungan yang bermakna dengan penurunan fungsi paru. Menurut Kim dan Hu (1998), perempuan lebih besar mengalami deposisi dibandingkan laki-laki karena ukuran paru-paru, termasuk penampang saluran pernapasan bagian atas perempuan lebih kecil dibandingkan laki-laki. Nilai ekspirasi aliran puncak dipengaruhi oleh volum paru-paru, elastisitas paru-paru, kekuatan paru-paru, dan koordinasi otot pernapasan. Secara umum, laki-laki menghasilkan tekanan alveolar lebih tinggi dibandingkan perempuan. Oleh karena itu, laki-laki dapat memiliki nilai ekspirasi aliran puncak yang lebih tinggi dibandingkan perempuan sehingga daya hirup udara pada laki-laki lebih kuat (Quanjer, et. al., 1997 dalam Bahri, 2008).

Berdasarkan jumlah perokok, Indonesia adalah negara ketiga dengan jumlah perokok terbesar di dunia setelah Cina dan India (WHO, 2008). Hasil data Riskesdas (2007) menunjukkan bahwa laki-laki lebih banyak mengkonsumsi rokok dibandingkan perempuan. Pada penelitian sebelumnya telah ditemukan bahwa laki-laki yang merokok 1 bungkus per hari dapat menurunkan FEV₁ rata-rata sebesar 12,6 ml per tahun. Sedangkan, perempuan yang merokok 1 bungkus per hari dapat menurunkan FEV₁ rata-rata sebesar 7,2 ml per tahun. Oleh karena itu, laki-laki yang merokok lebih berisiko mengalami penurunan fungsi paru dibandingkan perempuan (Cui, et. al., 2010).

Penelitian lain menyatakan bahwa asap rokok dapat memberikan dampak negatif jangka panjang bagi kesehatan orang-orang yang tinggal di sekitar perokok. Adapun dampak negatif yang disebabkan oleh asap rokok adalah penurunan fungsi paru. Hal ini dikarenakan asap rokok dapat mempengaruhi tingkat konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang. Penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa status merokok penghuni rumah dapat meningkatkan konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang sebesar 0,42 µg/m³ (McCormack, et. al., 2008). Kondisi ini dapat

mempengaruhi kesehatan penghuni rumah. Penelitian lain mempertegas bahwa perempuan lebih berisiko mengalami penurunan fungsi paru akibat terpajan oleh asap rokok dibandingkan laki-laki (Pugmire, 2011). Oleh karena itu, perokok pasif merupakan orang yang memiliki risiko lebih besar untuk terkena gangguan fungsi paru yaitu sebesar 2,5% dibandingkan perokok aktif yang hanya memiliki risiko sebesar 1,4% untuk terkena gangguan fungsi paru (Williamson, 2010).

Perempuan cenderung lebih sering berada di dalam rumah karena kebanyakan dari mereka memiliki profesi sebagai ibu rumah tangga. Sedangkan, laki-laki yang bertindak sebagai kepala keluarga lebih sering berada di luar rumah untuk mencari nafkah keluarga. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang juga menyatakan bahwa lama berada di dalam rumah memiliki hubungan bermakna dengan penurunan fungsi paru. Hasil ini diperkuat oleh penelitian sebelumnya dari Wainman, et. al (2000) yang menyatakan bahwa pajanan partikel debu dalam ruang lebih berbahaya bagi kesehatan manusia dibandingkan pajanan partikel debu di luar ruang (Avery, et. al., 2010). Hal ini dikarenakan individu menghabiskan waktunya sebanyak > 85% di dalam ruang, sehingga pajanan partikel debu dalam ruang lebih berbahaya bagi kesehatan (Klepeis, et. al., 2001 dalam Avery, et. al., 2010).

Oleh karena itu, kondisi ini dapat menunjukkan bahwa di area penelitian ternyata laki-laki yang merokok lebih berisiko mengalami penurunan fungsi paru. Sedangkan, perempuan lebih berisiko mengalami penurunan fungsi paru akibat terpajan oleh konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara dalam ruang karena sebagian besar perempuan yang terpilih menjadi sampel dalam penelitian ini memiliki profesi sebagai ibu rumah tangga.

Sebaliknya, penelitian ini justru menunjukkan bahwa variabel status gizi, umur, dan lama tinggal memiliki hubungan yang tidak bermakna dengan penurunan fungsi paru. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa indeks massa tubuh yang tidak ideal memiliki hubungan yang bermakna dengan penurunan fungsi paru. Dalam penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa status obesitas memiliki volume tidal paru-paru yang lebih besar dan frekuensi bernafas yang lebih cepat. Hal ini mengakibatkan jumlah zat pencemar udara yang terhirup

lebih besar dibandingkan dengan status berat badan normal (Bennett, 2004). Penelitian lain juga mempertegas bahwa obesitas dapat menyebabkan gangguan fungsi paru sehingga volume tidal paru-paru menurun (Jeon, et. al., 2009).

Umur responden memiliki pengaruh dengan penurunan fungsi paru. Namun, dalam penelitian ini tidak ditemukan hubungan bermakna antara umur responden dengan penurunan fungsi paru. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian di Negara Inggris yang menemukan bahwa penurunan fungsi paru akan terlihat di setengah usia dewasa, yaitu antara 35-45 tahun (Marossy, et. al., 2007). Hal tersebut diperkuat juga oleh penelitian Tager, et. al. (1988) yang menyatakan bahwa penurunan fungsi paru terjadi pada orang yang tidak merokok ketika mereka berusia 35 tahun (Marossi, et. al., 2007).

Penelitian lain juga menemukan bahwa polusi udara ambien seperti $PM_{2,5}$, NO_2 , unsur karbon, dan *acid vapor* yang dihasilkan dari bahan bakar dapat mempengaruhi perkembangan fungsi paru pada anak-anak yang berusia 10-18 tahun. Dalam penelitian ini ditunjukkan bahwa anak-anak yang terpapar oleh polusi udara ambien belum terlihat kejadian penurunan fungsi parunya. Penurunan fungsi paru baru akan terlihat apabila anak tersebut telah dewasa (Gauderman, et. al., 2004). Fungsi paru pada manusia akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur. Fungsi paru akan mencapai nilai optimal pada umur 20-25 tahun (Gotschi, et. al., 2008). Setelah mencapai nilai optimal, fungsi paru akan mengalami penurunan sesuai dengan penambahan umur orang tersebut. Penurunan nilai FEV_1 pertahunnya bisa mencapai 28 ml (Theno, 2001 dalam Novianti, 2008).

Dalam penelitian ini juga ditemukan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara lama tinggal dengan penurunan fungsi paru. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa gangguan fungsi paru dapat terjadi setelah terpajan selama 5-6 tahun (Born, et. al., 2002). Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa lama terpajan dapat mempengaruhi dosis pajanan partikel debu yang masuk ke dalam tubuh. Kondisi inilah yang mempengaruhi fungsi paru para pekerja (Meo, et. al., 2009). Penelitian lain yang dilakukan oleh Spengler dan Sexton (1983) telah menemukan bahwa polusi udara dalam rumah dipengaruhi oleh

dua faktor, yaitu polusi udara luar rumah dan aktivitas penghuni rumah (Cao, et. al., 2005).

Pada penelitian ini, sampel yang digunakan adalah orang dewasa yang memiliki intensitas waktu berbeda-beda saat berada di dalam rumah. Oleh karena itu, tingkat pajanan konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang pun berbeda antara penghuni yang satu dengan penghuni lainnya. Walaupun laki-laki yang berperan sebagai kepala rumah tangga lebih sering berada di luar rumah untuk mencari nafkah, tetapi laki-laki dapat berisiko mengalami penurunan fungsi paru karena status merokonya. Sedangkan, perempuan yang berperan sebagai ibu rumah tangga dapat berisiko mengalami penurunan fungsi paru karena terpajan oleh konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang. Hal ini dikarenakan kondisi rumah responden juga mempengaruhi konsentrasi partikel debu di dalam rumah. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Roden, et. al (2001), Williams, et. al (2003), dan Sarnet, et. al (2006) yang menyatakan bahwa pajanan partikel debu di dalam rumah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu, ventilasi dalam rumah, sumber partikel debu dalam rumah, dan aktivitas penghuni di dalam rumah (Avery, et. al., 2010).

6.4. Hubungan Faktor Lingkungan Rumah dengan Penurunan Fungsi Paru

Faktor lingkungan rumah dalam penelitian ini meliputi ventilasi rumah, penggunaan obat nyamuk bakar, suhu udara, dan kelembaban udara. Hasil penelitian menunjukkan hubungan yang bermakna antara ventilasi rumah dengan penurunan fungsi paru. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa keberadaan ventilasi di rumah mempengaruhi kejadian gangguan saluran pernapasan bagian bawah pada anak-anak yang tinggal di Daerah Nunavut, Kanada (Kovesi, et. al., 2007). Hal ini dikarenakan ventilasi merupakan media keluar masuknya aliran udara dari dalam rumah ke luar rumah atau sebaliknya. Penelitian lain menunjukkan bahwa keberadaan ventilasi di rumah dapat mengurangi polutan yang ada di dalam rumah seperti partikel debu yang dihasilkan dari asap rokok (Breysse, et. al., 2004). Hasil tersebut juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan di India yang menyatakan bahwa keberadaan ventilasi di dapur dapat mengurangi zat pencemar

yang dihasilkan dari proses memasak, seperti $PM_{2.5}$, *aliphatic hydrocarbons*, dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (Sharma, et. al., 1998).

Ventilasi merupakan media yang berfungsi untuk menjaga aliran udara dalam rumah tetap bersih, menjaga keseimbangan oksigen, membebaskan udara dari bakteri patogen, dan mempertahankan kelembaban udara dalam rumah tetap optimal. Oleh karena itu, keberadaan ventilasi dalam rumah perlu mendapatkan perhatian lebih dari penghuni rumah tersebut. Rumah dinyatakan sehat apabila keberadaan ventilasi dalam rumah sesuai dengan syarat yang tertuang dalam Keputusan Menteri Kesehatan No. 829 tahun 1999, yaitu ventilasi rumah minimal seluas 10% dari total luas seluruh lantai rumah.

Adapun cara efektif yang dapat dilakukan untuk memperkecil risiko penurunan fungsi paru bagi penghuni rumah adalah dengan menyediakan ventilasi yang cukup saat membangun rumah atau menambah jumlah ventilasi bagi rumah yang sudah didirikan dengan ventilasi yang tidak sesuai dengan ketentuan syarat rumah sehat (Jacobs, et.al., 2009). Selain itu, membuka jendela di siang hari juga berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu udara dalam rumah. Hal ini dikarenakan jendela yang terbuka juga berfungsi sebagai ventilasi sehingga dapat mengurangi zat pencemar yang ada di dalam rumah.

Begitu pula dengan kelembaban udara yang menunjukkan hubungan bermakna dengan penurunan fungsi paru. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa faktor lingkungan seperti kelembaban udara dan suhu udara berpengaruh terhadap kejadian gangguan saluran pernapasan (Pope, et. al., 2004). Hasil penelitian tersebut diperkuat oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kelembaban udara dapat mempengaruhi konsentrasi partikel debu yang ada di udara (Gupta, et. al., 2006). Apabila konsentrasi partikel debu yang ada di udara tinggi maka akan berpengaruh buruk terhadap saluran pernapasan manusia sehingga penurunan fungsi paru pun dapat terjadi.

Dalam beberapa penelitian, kelembaban udara sering dimasukkan sebagai variabel pengganggu (*confounding*) yang mempengaruhi hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Dalam penelitian ini, kelembaban juga terbukti

sebagai variabel pengganggu (*confounding*). Penemuan ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan di Bangkok yang menyatakan bahwa variabel kelembaban udara dan suhu udara merupakan variabel pengganggu (*confounding*) hubungan antara konsentrasi partikel debu dengan kematian akibat gangguan saluran pernapasan. Namun, dalam penelitian ini ditegaskan bahwa partikel debu yang memiliki pengaruh kuat dengan kejadian kematian akibat gangguan saluran pernapasan (Vichit-Vadakan, et. al., 2008). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Thurston dan Ito (2001) menyatakan bahwa dampak polusi udara akan bertambah buruk bagi kesehatan manusia apabila didukung oleh tingginya kelembaban udara di daerah tersebut. Adapun dampak dari tinggi polusi udara adalah gangguan saluran pernapasan, penurunan fungsi paru, dan kematian (Gomes, et. al., 2010). Oleh karena itu, kelembaban udara tidak berhubungan secara langsung dengan penurunan fungsi paru yang terjadi pada manusia.

Kelembaban udara merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur kualitas udara dalam ruang. Oleh karena itu, kelembaban udara di dalam rumah harus dibuat nyaman bagi penghuni rumah (40-70%). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kelembaban udara di dalam rumah yaitu ventilasi rumah, jenis lantai rumah, dan jenis dinding rumah. Adapun cara yang dapat dilakukan untuk menjaga kelembaban udara dalam rumah agar tetap optimal adalah membuat ventilasi rumah yang memenuhi syarat kesehatan (luas ventilasi $\geq 10\%$ luas lantai rumah), lantai rumah terbuat dari bahan yang kedap air, dan hindari bahan papan atau anyaman bambu untuk dinding rumah.

Hasil penelitian telah menunjukkan hubungan yang bermakna antara kelembaban udara dalam rumah dengan penurunan fungsi paru. Oleh karena itu, kelembaban udara dalam ruang perlu mendapat perhatian. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya penurunan fungsi paru bagi penghuni rumah. Adapun langkah efektif yang dapat dilakukan adalah memberi penyuluhan terhadap masyarakat untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang pentingnya menjaga kelembaban udara yang optimal di dalam rumah bagi kesehatan.

Sebaliknya, hasil penelitian justru menunjukkan hubungan yang tidak bermakna antara penggunaan obat nyamuk bakar dengan penurunan fungsi paru. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa obat nyamuk bakar mengandung zat beracun yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Obat nyamuk bakar yang digunakan di dalam ruang dapat menghasilkan asap yang akan mengurangi proporsi kandungan oksigen di dalam ruangan tersebut. Hal inilah yang dapat membahayakan kesehatan penghuni rumah. Berdasarkan hasil penelitian terbaru yang dilakukan di Malaysia menunjukkan bahwa kerusakan paru-paru yang disebabkan oleh satu batang obat nyamuk bakar setara dengan kerusakan paru-paru yang disebabkan oleh seratus batang rokok (Timesofindia, 2011).

Walaupun dalam penelitian ini tidak ditemukan adanya hubungan bermakna antara penggunaan obat nyamuk bakar di dalam rumah dengan penurunan fungsi paru. Namun, faktor ini perlu diperhatikan dalam rangka pencegahan kejadian penurunan fungsi paru. Adapun langkah efektif yang dapat dilakukan adalah dengan menyediakan ventilasi udara yang cukup sehingga sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik.

Begitu pula dengan suhu udara, hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara suhu udara dalam rumah dengan penurunan fungsi paru. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa suhu udara memberikan pengaruh sebesar 8% terhadap gangguan saluran pernapasan pada manusia (Freitas, et. al., 2009). Hajat, et. al. (2004) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara suhu udara dengan jumlah pasien yang melakukan konsultasi terkait infeksi saluran pernapasan bagian bawah (Nastos, et. al., 2006). Hasil penelitian tersebut juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Goodman, et. al. (2004) yang menyatakan bahwa peningkatan suhu udara sebesar 1°C akan meningkatkan 0,4% kematian akibat gangguan saluran pernapasan pada manusia. Begitu pula dengan penurunan suhu sebesar 1°C juga akan meningkatkan 2,6% kematian akibat gangguan saluran pernapasan pada manusia (Goodman, et. al., 2004). Gangguan saluran pernapasan yang terjadi dapat mempengaruhi kondisi fungsi paru manusia tersebut.

Penelitian lain di Cina menyatakan bahwa suhu udara yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi partikel debu di udara. Hal ini ditunjukkan dari hasil penelitiannya yang menyatakan bahwa suhu udara sebesar 33,1°C berpengaruh kuat dengan meningkatnya konsentrasi partikel debu di udara. Namun, setiap penurunan suhu udara sebesar 2,2°C maka pengaruh terhadap konsentrasi partikel debu di udara juga akan berkurang (Qian, et.al., 2008). Menurut Bernard, et.al. (2001), suhu udara sangat mempengaruhi kondisi pencemar udara, terlebih partikel debu di udara. Suhu udara yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya perubahan dalam distribusi dan tipe pencemar udara, termasuk *aeroallergen* (Koken, et.al., 2003). Kondisi ini dapat berpengaruh buruk terhadap saluran pernapasan manusia sehingga penurunan fungsi paru pun dapat terjadi.

Suhu udara merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur kualitas udara dalam ruang. Oleh karena itu, suhu udara di dalam rumah harus dibuat nyaman bagi penghuni rumah (18-30°C). Adapun cara efektif yang dapat dilakukan untuk menjaga suhu udara di dalam rumah tetap optimal adalah dengan membuat ventilasi udara (Feng, et. al., 2002). Walaupun dalam penelitian ini tidak ditemukan hubungan yang bermakna antara suhu udara dalam rumah dengan penurunan fungsi paru, tetapi faktor ini tetap perlu diperhatikan. Hal ini dikarenakan suhu yang terlalu tinggi (>30°C) atau terlalu rendah (<18°C) akan membuat penghuni rumah merasa tidak nyaman. Adapun cara lain yang perlu dilakukan untuk menjaga suhu udara dalam rumah tetap optimal yaitu membuka jendela rumah di siang hari dan memisahkan dapur dengan ruang keluarga agar panas yang berasal dari proses memasak tidak masuk ke dalam ruang keluarga.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di sekitar kawasan industri Pulo Gadung dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada bulan April tahun 2012 telah melampaui baku mutu udara yang ditetapkan oleh EPA (2006), yaitu dengan rerata sebesar 9 kali lipat standar baku mutu udara.
2. Penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri Pulo Gadung, Jakarta Timur pada tahun 2012 masih cukup tinggi dengan prevalensi sebesar 38,5%.
3. Terdapat hubungan yang bermakna antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru pada orang dewasa di lokasi penelitian. Orang dewasa yang terpajan konsentrasi $PM_{2,5}$ lebih tinggi memiliki risiko mengalami penurunan fungsi paru 3,31 kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa yang terpajan konsentrasi $PM_{2,5}$ lebih rendah.
4. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa orang dewasa yang berisiko mengalami penurunan fungsi paru adalah orang dewasa yang lebih lama berada di dalam rumah, berjenis kelamin laki-laki, perokok, tinggal dalam rumah yang memiliki ventilasi dan kelembaban yang tidak memenuhi syarat rumah sehat.

7.2. Saran

Setelah ditemukan hubungan yang bermakna antara konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara dalam ruang dengan penurunan fungsi paru, maka beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan untuk upaya pencegahan dan pengendalian adalah sebagai berikut:

1. Kebiasaan olahraga, terutama senam dan renang perlu digalakkan untuk meningkatkan kapasitas fungsi paru.
2. Kebiasaan menggunakan masker perlu ditingkatkan untuk mencegah terjadinya gangguan saluran pernapasan pada masyarakat di sekitar kawasan industri Pulo Gadung.
3. Menanam pohon atau tanaman di sekitar rumah perlu dilakukan oleh masyarakat di sekitar kawasan industri Pulo Gadung untuk mengurangi masuknya debu ke dalam rumah.
4. Kebiasaan membersihkan rumah setiap hari dengan menggunakan kain pel basah atau alat penyedot debu perlu dilakukan untuk dapat mengurangi kadar debu di dalam rumah.
5. Rumah yang keberadaan ventilasinya masih tidak memenuhi syarat, maka harus membiasakan membuka jendela atau pintu rumah untuk mengurangi zat pencemar udara yang ada di dalam rumah.
6. Memasang penangkap debu (*electro predictor*) pada ventilasi rumah dan penangkap debu tersebut harus dibersihkan secara berkala.
7. Mengganti bahan bakar memasak, seperti kayu bakar, batu bara, dan minyak tanah dengan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan, seperti LPG dan listrik. Hal ini akan lebih efektif bila pemerintah pusat juga berperan aktif dalam memberikan pencerdasan kepada masyarakat terkait penggunaan gas elpiji yang baik dan benar.
8. Bagi penghuni rumah yang merokok sebaiknya tidak merokok di dalam rumah atau menghentikan kebiasaan merokoknya. Hal ini penting untuk mengurangi konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara.
9. Sosialisasi kepada masyarakat terkait bahaya merokok perlu dilakukan lebih intensif melalui berbagai media, karena salah satu dampak negatif dari rokok adalah penurunan fungsi paru. Hal ini perlu dilakukan untuk meningkatkan pengetahuan, kesadaran, dan inisiatif masyarakat sendiri terkait bahaya merokok.

10. Meningkatkan kegiatan pencatatan dan pelaporan terkait penyakit saluran pernapasan di Kelurahan Rawa Terate sehingga dapat dilakukan monitoring dan evaluasi terhadap keberhasilan program.
11. Lebih selektif dalam memberikan izin mendirikan industri dengan mempertimbangkan efek buruk yang dapat ditimbulkan dari kegiatan industri tersebut bagi kesehatan masyarakat di sekitar kawasan industri Pulo Gadung dan lebih selektif dalam mengkaji dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) yang dibuat oleh industri.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, Umar Fahmi. 2006. *Imunisasi Mengapa Perlu?*. Jakarta: PT Kompas Media Nusantara.
- American Thoracic Society. 2004. *Standard for The Diagnosis And Care Of Patient With Chronic Obstructive Pulmonary Diseases (COPD) and Asthma*. Am. Rev. Respir Dis.
- American Thoracic Society. 2008. *Medical Section of The Asian Lung Association*. Am. Rev Respir.
- Anggraeni, A.D. 2012. *Asuhan Gizi Nutritional Care Process*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Avery, et. al., 2010. *Estimating Error in Using Residential Outdoor PM_{2.5} Concentrations as Proxies for Personal Exposures: A Meta-analysis*. Environmental Health Perspectives, Vol. 118, No. 5.
- Bautista, et. al., 2009. *Indoor Charcoal Smoke and Acute Respiratory Infections in Young Children in the Dominican Republic*. American Journal of Epidemiology, Vol. 169 No 2.
- Bernard S.M, Jonathan M.S, Anne Grambsch, Kristie L.E, Isabelle Romieu. 2001. *The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Air Pollution-Related Health Effects in the United States*, Environmental Health Perspectives, 109 (2): 199-209.
- Borm, Jetten, Hidayat, et. al., 2002. *Respiratory symptoms, lung function, and nasal cellularity in Indonesian wood workers: a dose response analysis*. Occupational Environmental Medicine, 59:338–344.
- Breton, C.V., Z Zhan., P R Hurt., E Pechter., L Davis. 2006. *Characteristics of work related asthma: results from a population based survey*. Occup Environ Med.
- Breton, Carrie, et. al., 2010. *Genetic Variation in the Glutathione Synthesis Pathway, Air Pollution, and Children's Lung Function Growth*. Am J Respir Crit Care Med. Vol 183. pp 243–248.

- Breyse P, Farr N, Galke W, Lanphear B, Morley R, Bergofsky L. 2004. *The Relationship Between Housing and Health : Children at Risk*, Environmental Health Perspectives, 112 (5) : 1583-1588.
- Cao, et. al., 2005. *Indoor/Outdoor Relationships for PM_{2,5} Associated Carbonaceous Pollutants at Residential Homes in Hong Kong – Case Study*. Indoor Air journal, 15: 197–204.
- Chan, Ta Chien., Mei-Lien Chen., I-Feng Lin., Cheng-Hua Lee., Po-Huang Chiang., Da-Wei Wang., Jen-Hsiang Chuang. 2009. *Spatiotemporal analysis of air pollution and asthma patient visits in Taipei, Taiwan*. International Journal of Health Geographics.
- Chen dan Haidong. 2008. *Air pollution and population health: a global challenge*. The Japanese Society for Hygiene.
- Chen R, H. Tunstall-Pedoe, R. Tavendale. 2001. *Environmental Tobacco Smoke and Lung Function in Employees Who Never Smoked: the Scottish MONICA Study*. Occup Environ Med, 58 : 563-568.
- Clark, Nina Annika., Paul A. Demers., Catherine J. Karr., Mieke Koehoorn., Cornel Lencar., Lillian Tamburic., Michael Brauer. 2010. *Effect of Early Life Exposure to Air Pollution on Development of Childhood Asthma*. Children's Health, Environmental Health Persepective Journal, Vol. 118.
- Cooney C.M. 2011. *Preparing a People : Climate Change and Public Health*, Environmental Health Perspectives, 119 (4) : A166-A171.
- Cui, et. al., 2010. *Effect of Smoking on Lung Function, Respiratory Symptoms, and Respiratory Diseases amongst HIV-Positive Subjects: a Cross-Sectional Study*. AIDS Research and Therapy, 7:6.
- English PB, Sinclair AH, Ross Z, Anderson H, Boothe V, Davis C, et.al.. 2009. *Environmental Health Indicators of Climate Change for the United States : Finding from the State of Environmental Health Indicator Collaborative*, Environmental Health Perspectives, 117 (11) : 1673-1681.

- Environmental Protection Agency. 2006. *National Ambient Air Quality Standards*. Fact Sheet Number 3-11. Available: <http://www.epa.gov/air/airpollutants.html>. [accessed 20 April 2012].
- EPA (Environmental Protection Agency). 2011. Particulate Matter. Available at <http://www.epa.gov/pm/> [accessed 28 Januari 2012].
- Ferng S.F and Li Wen Lee. 2002. *Indoor Air Quality Assessment of Daycare Facilities with Carbon Dioxide, Temperature, and Humidity as Indicators*. Journal of Environmental Health, Vol 65 No 4.
- Fordiastiko. 2002. *Prevalensi Kelainan Foto Toraks dan Penurunan Faal Paru Pekerja di Lingkungan Kerja Pabrik Semen*. Skripsi FK UI, Salemba.
- Freitas M.C, A.M.G. Pacheco, T.G. Verburg, H.T. Wolterbeek. 2009. *Effect of Particulate Matter, Atmospheric Gases, Temperature, and Humidity on Respiratory and Circulatory Diseases' Trends In Lisbon, Portugal*, Environ Monit Assess 162:113–121.
- Gauderman J. 2002. *Association between Air Pollution and Lung Function Growth in Southern California Children*. Am J Respir Crit Care Med Vol. 162, pp 1383-1390.
- Gauderman, James, et. al., 2004. *The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age*. The New England Journal of Medicine. Vol. 351:1057-1067, No 11.
- Gomes E.C., Vicki Stone, Geraint Florida-James. 2010. *Investigating Performance and Lung Function an a Hot, Humid and Ozone-Polluted Environment*. Eur J Appl Physiol 110 : 199–205.
- Gotschi, Thomas, et. al., 2008. *Air pollution and lung function in the European Community Respiratory Health Survey*. International Journal of Epidemiology Vol.37, hal 1349–1358.
- Gupta A.K., Subhankar Nag, dan U. K. Mukhopadhyay. 2006. *Characterisation of PM10, PM2.5, and Benzene Soluble Organic Fraction of Particulate Matter in an Urban Area of Kolkata, India*. Environmental Monitoring and Assessment 115: 205–222.

- Handajani, Ruli. 2004. *Analisis Konsentrasi PM_{2.5} dan Gangguan Saluran Pernapasan pada Anak Sekolah Dasar Negeri di Kota Palembang*. Skripsi FKM UI, Depok.
- Hellberg, Jenny, et. al., 2010. *Genetic and Environmental Influence on Lung Function Impairment in Swedish Twins*. Respiratory Research Journal.
- Jeon, You Hoon; Hyeon Jong Yang; Bok Yang Pyun. 2009. *Lung Function in Korean Adolescent Girls: in Association with Obesity and the Menstrual Cycle*. J Korean Med Sci, 24: 20-5.
- Kahlan, et. al., 2010. *Systemic Inflammation in Young Adults is Associated with Abnormal Lung Function in Middle Age*. Plos One journal, Vol 5, Issue 7.
- Kartono B, Purwana R, Djaja IM. 2008. *Hubungan Lingkungan Rumah dengan Kejadian Luar Biasa (KLB) Difteri di Kabupaten Tasikmalaya (2005-2006) dan Garut Januari 2007, Jawa Barat*, Makara Kesehatan, 12 (1) : 8-12.
- Keputusan Menteri Kesehatan No. 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan
- Koch A, et. al., 2003. *Risk Factors for Acute Respiratory Tracts Infections in Young Greenlandic Children*, American Journal of Epidemiology, 158 (4) : 374-384.
- Koken PJM, Piver WT, Ye F, Elixhauser A, Olsen LM, Portier CJ. 2003. *Temperature, Air Pollution, and Hospitalization for Cardiovascular Diseases among Elderly People in Denver*, Environmental Health Perspectives, 111 (10) : 1312-1317.
- Koken PJM, Piver WT, Ye F, Elixhauser A, Olsen LM, Portier CJ. 2003. *Temperature, Air Pollution, and Hospitalization for Cardiovascular Diseases among Elderly People in Denver*, Environmental Health Perspectives, 111 (10) : 1312-1317.
- Kovesi, et. al., 2007. *Indoor Air Quality and the Risk of the Lower Respiratory Tract Infections in Young Canadian Inuit Children*. Canadian Medical Association Journal, 177 : 2.

- Lagorio, Susanna, et. al., 2006. *Air Pollution and Lung Function among Susceptible Adult Subjects: A Panel Study*. Environmental Health: A Global Access Science Source. BioMed Central Journal.
- Lee, et. al., 2006. *Association between air pollution and asthma admission among children in Hong Kong*. Journal Compilation, Clinical and Experimental Allergy, 36, 1138–1146.
- Lemeshow Stanley, David W Hosmer, Janelle Klar, dan Stephen K Lwanga. 1997. *Besar Sampel Dalam Penelitian Kesehatan*. Yogyakarta: Gadjah Mada Universitas Press.
- Lewis, Toby C, et. al., 2005. *Air Pollution–Associated Changes in Lung Function among Asthmatic Children in Detroit*. Environmental Health Perspective Journal. Vol.113, No 8.
- MacSali, et. al., 2011. *Early Age at Menarche, Lung Function, and Adult Asthma*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Vol. 183.
- Malhotra, et. al., 2006. *The Relationship between Stage 1 and 2 Non-Small Cell Lung Cancer and Lung Function in Men and Women*. Biomed Central Journal. *BMC Pulmonary Medicine* 2006, 6:2.
- Marossy A. E., David P Strachan, Alicja R. Rudnicka, H. Ross Anderson. 2007. *Childhood Chest Illness and the Rate of Decline of Adult Lung Function Between Ages 35 and 45 Years*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 175 : 4.
- Marossy, et. al., 2007. *Childhood Chest Illness and the Rate of Decline of Adult Lung Function Between Ages 35 and 45 Years*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 175:4.
- McConnell, et. al., 2010. *Childhood Incident Asthma and Traffic Related Air Pollution at Home and School*. Environmental Health Perspectives Journal, Volume 118, No 7.
- McCormack, et. al., 2008. *Common Household Activities are Associated with Elevated Particulate Matter Concentrations in Bedrooms of Inner-City*

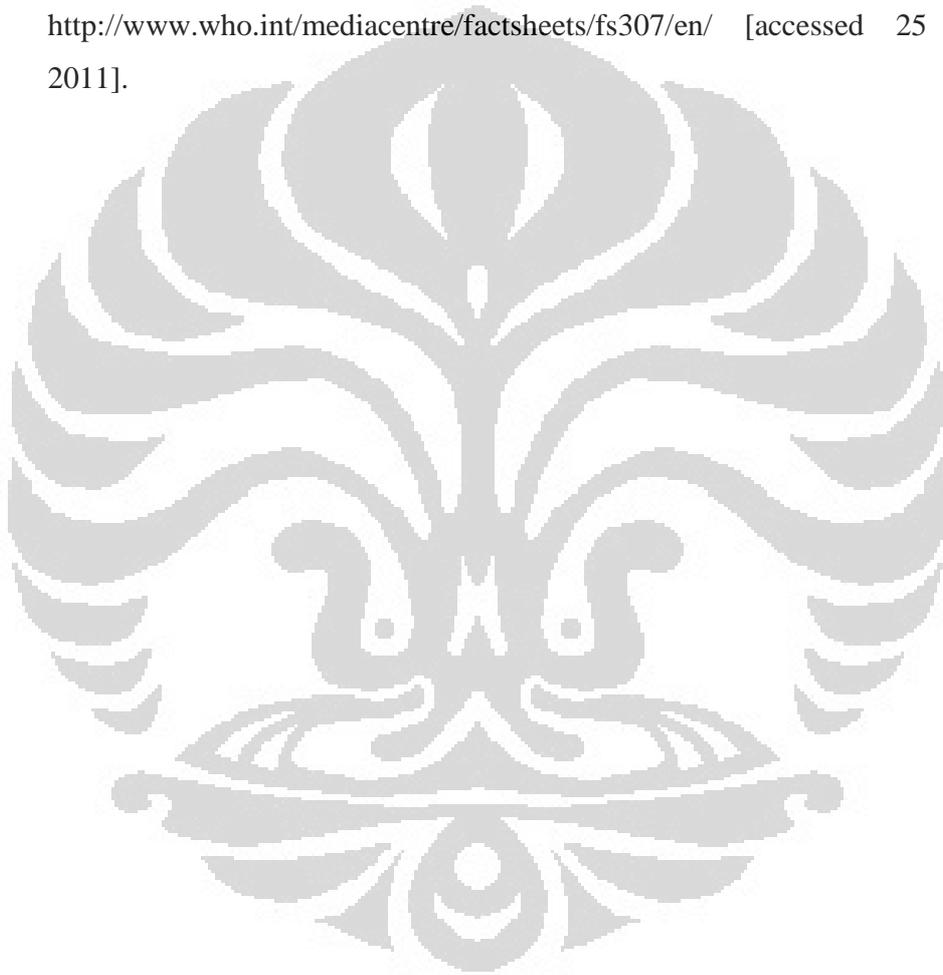
- Baltimore Pre-School Children*. Environ Res. Author manuscript, 106(2): 148–155.
- Meo, et. al., 2009. *Effect of Duration of Exposure to Polluted Air Environment on Lung Function in Subjects Exposed to Crude Oil Spill Into Sea Water*. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 22(1):35 – 41.
- Moglia, Dena, et. al., 2006. *Prevalence and Implementation of IAQ Programs in U.S. School*. Environmental Health Perspectives Journal, Volume 114, No 1.
- Moore, et. al., 2008. *Ambient Ozone Concentrations Cause Increased Hospitalizations for Asthma in Children: An 18-Year Study in Southern California*. Environmental Health Persepective Journal, Vol. 116, No. 8.
- Moturi N.W. 2010. *Risk Factors for Indoor Air Pollution in Rural Households in Mauche Division, Molo District, Kenya*. African Health Sciences, Vol 10 No 3.
- Nastos P.T. and Andreas M. 2006. *Weather Impacts on Respiratory Infections in Athens, Greece*. Int J Biometeorol 50: 358–369.
- Novianti, Dian. 2008. *Hubungan Konsentrasi PM_{2,5} Udara Ruang terhadap Penurunan Fungsi Paru Ibu Rumah Tangga di Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur Tahun 2008*. Tesis FKM UI, Depok.
- Oemiati, et. al., 2010. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Penyakit Asma di Indonesia*. Media Litbang Kesehatan, Volume XX, No 1.
- Pugmire, Juliana. 2011. *Health Effects of Childhood Exposure to Environmental Tobacco Smoke in Children Followed to Adulthood*. Thesis in the University of Arizona.
- Qian Z, He Q, Lin HM, Kong L, Bentley CM, Liu W, et.al.. 2008. *High Temperatures Enhanced Acute Mortality Effect of Ambient Particle Pollution in the “Oven” City of Wuhan, China*, Environmental Health Perspectives, 116 (9) : 1172-1178.
- Resosudarso, B., & Lucenteza Napitupulu. 2004. *Health and Economic Impact of Air Pollution in Jakarta*. The Economic Society of Australia Journal, Volume 80.

- Rosamarlina, et. al., 2010. *Prevalens Asma Bronkial Berdasarkan Kuesioner ISAAC dan Perilaku Merokok pada Siswa SLTP di Daerah Industri Jakarta Timur*. Jurnal Respirologi Indonesia, Vol. 30, No. 2.
- Sharma S, et. al., 1998. *Indoor Air Quality and Acute Lower Respiratory Infection in Indian Urban Slums*. Environmental Health Perspectives, Vol 106 No 5.
- Shiozawa, et. al., 2010. *Lung Function and Blood Markers of Nutritional Status in Non-COPD Aging Men with Smoking History: a Cross-Sectional Study*. International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 5: 233–240.
- Sihombing, et. al., 2010. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Penyakit Asma pada usia ≥ 10 tahun di Indonesia (Analisis Hasil Data Riskekdas)*. Jurnal Respirologi Indonesia, Vol. 30, No. 2.
- Thomas, Mike., Tarita Murray-Thomas., Tao Fan., Tim Williams., Stephanie Taylor. 2010. *Prescribing patterns of asthma controller therapy for children in UK primary care: a cross-sectional observational study*. BMC Pulmonary Medicine Journal.
- Vichit-Vadakan N, Vajayanapoom N, Ostro B. 2008. *The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) : Estimating the Mortality Effects of Particulate Matter in Bangkok, Thailand*, Environmental Health Perspectives, 116 (9) : 1179-1182.
- Wilken, Dennis, et. al., 2011. *Lung Function in Asbestos-Exposed Workers, A Systematic Review and Meta-Analysis*. Journal of Occupational Medicine and Toxicology.
- Williamson J.M. 2010. *Environmental Tobacco Smoke and Children's Health*. Eastern Economic Journal, 36 : 423 – 449.
- World Health Organization Europe. 2006. *Air Quality Guidelines, Global Update 2005, particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization Europe. 2007. *Prevalence of Asthma and Allergies in Children*. Fact Sheet No. 31. Available:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs307/en/> [accessed 25 January 2011].

World Health Organization. 2006. *Air Quality Guidelines, Global Update 2005, particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Summary of Risk Assessment*. Switzerland: WHO Press.

World Health Organization. 2007. *Asthma*. Fact Sheet No. 307. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs307/en/> [accessed 25 January 2011].





KECAMATAN CAKUNG

KELURAHAN RAWA TERATE

Jl. Dr. KRT. Radjiman Widyo Diningrat Telp. 4602445
JAKARTA

Nomor : 181 / 11-795
Sifat : Penting
Lampiran : -
Hal : Izin Penelitian

22 Maret 2012

Kepada

Yth. Ketua RW 01 s/d 06
Kelurahan Rawaterate
di-

Jakarta

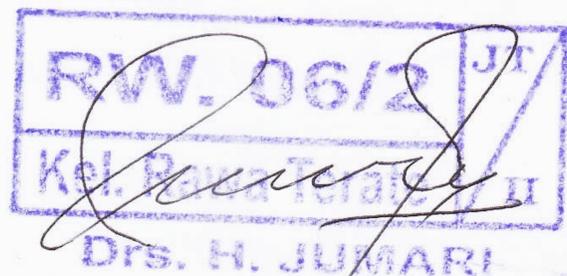
Sehubungan Keputusan Walikota Jakarta Timur Nomor : 83/2012 Tanggal 12 Maret 2012 Tentang Pemberian Izin kepada Eky Pramitha Dwi Putri untuk mengadakan Survei, Angket dan atau Poling Pendapat Masyarakat di Kelurahan Rawaterate, dengan ini diharapkan bantuan Ketua RW untuk membantu Sdri Eky Pramitha Dwi Putri dalam melakukan Survei, Angket dan poling pendapat masyarakat guna penyusunan skripsi dengan judul "Konsentrasi PM 2,5 di Udara Dalam Ruang dan Penurunan Fungsi Paru Pada orang Dewasa di Sekitar Kawasan Industri Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2012".

Penelitian dilakukan selama 1 (satu) bulan dengan pengambilan sample secara acak warga disekitar Kawasan Industri Pulogadung.

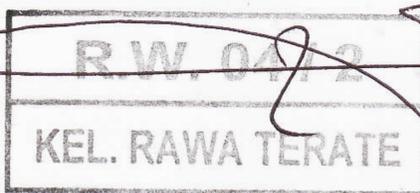
Demikian atas perhatiannya diucapkan terima kasih.


LURAH RAWATERATE
[Signature]
DIANA ANGGRAINI F, AP. MM
NIP. 19750603 199311 2 001

- Tembusan :
1. Walikota Jakarta Timur
2. Camat Cakung


RW. 06/2
Kel. Rawa Terate II
Drs. H. JUMARI

DIRETAHUI :
KETUA RW-04


RW. 04/2
KEL. RAWA TERATE II
[Signature]


R.W. 02/II
KEL. RAWA TERATE II
[Signature]
(Yanter Iriante)



WALIKOTA JAKARTA TIMUR

KEPUTUSAN WALIKOTA JAKARTA TIMUR

NOMOR 83 / 2012

TENTANG

PEMBERIAN IZIN KEPADA EKY PRAMITHA DWI PUTRI UNTUK MENGADAKAN SURVEI, ANGKET DAN/ATAU POLING PENDAPAT MASYARAKAT DI KELURAHAN RAWATERATE KOTA ADMINISTRASI JAKARTA TIMUR

- Menimbang :**
- a. bahwa untuk menindaklanjuti Peraturan Gubernur Nomor 47 Tahun 2011 tentang Pedoman Pelaksanaan Pelayanan Izin Mengadakan Survei, Angket dan/atau Poling Pendapat Masyarakat dan sehubungan dengan surat dari Wakil Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia tanggal 27 Februari 2012 Nomor 7245/H.2F10/PPM.00.00/2012 hal Permohonan Izin Penelitian dan menggunakan data serta Nota Dinas Kepala Kantor Kesatuan Bangsa dan Politik Kota Administrasi Jakarta Timur tanggal 29 Februari 2012 Nomor 134/1.862.81 perihal Permohonan Izin maka diberikan izin;
 - b. bahwa pemberian izin sebagaimana dimaksud pada huruf a, perlu menetapkan Keputusan Walikota Jakarta Timur tentang Pemberian Izin kepada Eky Pramitha Dwi Putri untuk mengadakan Survei, Angket dan/atau Poling Pendapat Masyarakat di Kelurahan Rawaterate Kota Administrasi Jakarta Timur ;
- Mengingat :**
1. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi;
 2. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2008;
 3. Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2007 tentang Pemerintahan Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta sebagai Ibukota Negara Kesatuan Republik Indonesia;
 4. Peraturan Daerah Nomor 10 Tahun 2008 tentang Organisasi Perangkat Daerah;
 5. Peraturan Gubernur Nomor 46 Tahun 2006 tentang Pelimpahan Wewenang Sebagian Urusan Pemerintah Daerah dari Gubernur kepada Walikota/Bupati Kabupaten Administrasi, Camat dan Lurah;

6. Peraturan Gubernur Nomor 222 Tahun 2009 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kota Administrasi;
7. Peraturan Gubernur Nomor 47 Tahun 2011 tentang Pedoman Pelayanan Izin Penelitian ;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : KEPUTUSAN WALIKOTA JAKARTA TIMUR TENTANG PEMBERIAN IZIN KEPADA EKY PRAMITHA DWI PUTRI UNTUK MENGADAKAN SURVEI, ANGKET DAN/ATAU POLING PENDAPAT MASYARAKAT DI KELURAHAN RAWATERATE KOTA ADMINISTRASI JAKARTA TIMUR

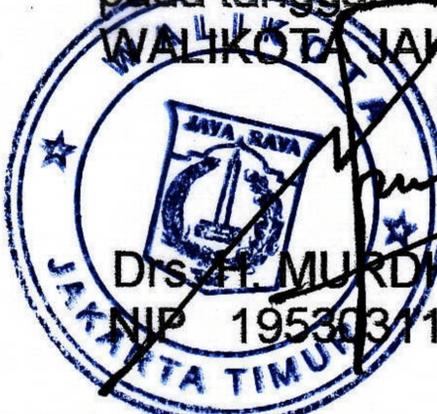
KESATU : Pemberian Izin mengadakan survei, angket dan/atau poling pendapat masyarakat di Kelurahan Rawaterate Kota Administrasi Jakarta Timur dalam rangka Riset/ Pengumpulan Data mengadakan observasi kepada EKY PRAMITHA DWI PUTRI NPM 0806335946 Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia Jakarta ;

KEDUA : Pemegang izin sebagaimana dimaksud pada diktum KESATU wajib menyampaikan laporan tertulis hasil kegiatan yang telah dilaksanakan kepada Walikota Jakarta Timur dalam hal ini Kepala Bagian Tata Pemerintahan Sekretariat Kota Administrasi Jakarta Timur dengan tembusan Kantor Kesatuan Bangsa dan Politik Kota Administrasi Jakarta Timur, selambat-lambatnya satu bulan setelah habis masa berlakunya izin dimaksud;

KETIGA : Penelitian dimulai bulan Maret s.d Mei 2012 dengan Judul" Konsentrasi PM 2,5 di Udara dalam Ruang dan Penurunana Fungsi Paru pada Orang Dewasa di sekitar Kawasan Indusri Pulogadung Kota Administrasi Jakarta Timur " Lokasi Kelurahan Rawaterate Kota Administrasi Jakarta Timur, tujuan Penelitian untuk Pembuatan Skripsi ;

KEEMPAT : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

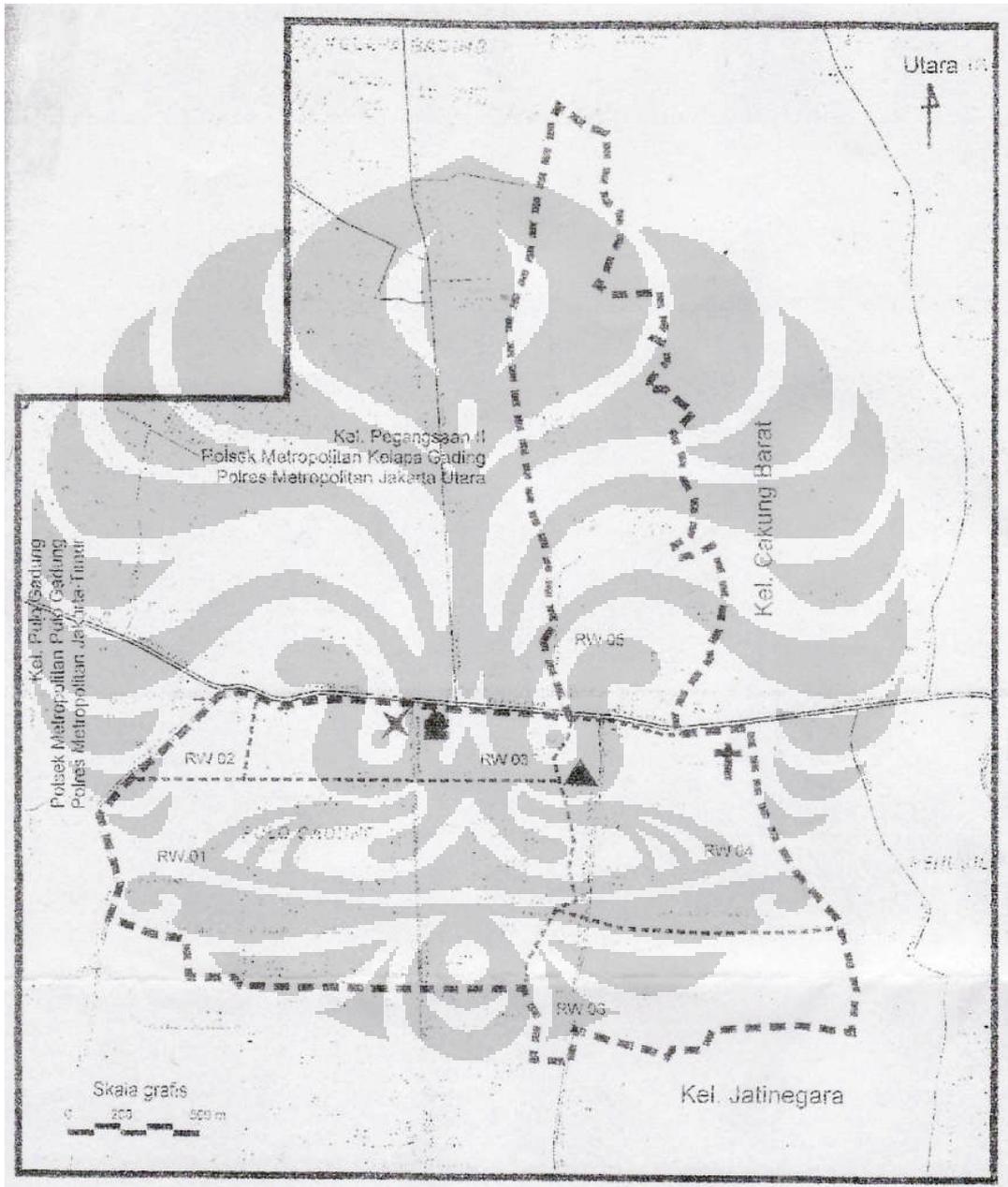
Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 12 Maret 2012
WALIKOTA JAKARTA TIMUR,


Drs. H. MURDHANI, M.H.
NIP. 1953031181975011001

Tembusan :

1. Kepala Kantor Kesbang dan Politik Kota Administrasi Jakarta Timur
2. Camat Cakung Kota Administrasi Jakarta Timur
3. Kepala Bagian Tata Pemerintahan Setko Administrasi Jakarta Timur
4. Lurah Rawaterate Kota Administrasi Jakarta Timur

LAMPIRAN 2
PETA KELURAHAN RAWA TERATE



LAMPIRAN 3
HASIL PENGUKURAN
KONSENTRASI PM_{2,5} DI UDARA DALAM RUANG

Titik	Nama Kepala Keluarga	Jumlah Sampel	Konsentrasi PM _{2,5} (µg/m ³)
1	Mudjiyono	2	406
2	Slamet R	3	366
3	Budi Raharjo	2	338
4	Hamdani	4	337
5	Agus Salim	2	294
6	Zaini	3	117
7	Hamid	4	122
8	Rochmat	2	411
9	Tabroni	4	427
10	Hamdani	2	432
11	Siti Aisyah	4	408
12	Sugiatno	2	407
13	Sayadi	4	420
14	Tjep Dady	3	422
15	Murdiani	3	524
16	Sofiah	3	217
17	Mat murdani	3	251
18	Mujannah	3	210
19	Gatot Suwanto	3	401
20	Miun	3	1240
21	Rahmat	4	689
22	Djadjang	4	174
23	Atang SP	4	114
24	Rohim	3	159
25	Istarto	3	145
26	Rasja	2	240
27	Kurdin	2	152
28	Kidup	2	206
29	Sugeng P	2	152
30	Teguh W	2	148
31	Kusmanto	1	80

Titik	Nama Kepala Keluarga	Jumlah Sampel	Konsentrasi PM _{2,5} (µg/m ³)
32	Darsono	2	141
33	Mudjiyono	2	379
34	Haryono	2	250
35	Ruhasan	2	202
36	Muhifah	2	146
37	Supardi	2	203
38	Masyati	1	227
39	Makmur	2	234
40	Sadiyah	2	137
41	Hambali	2	161
42	Salim	2	139
Total sampel		109	

LAMPIRAN 4
HASIL PEMERIKSAAN FUNGSI PARU

Nama	Umur (tahun)	L/P	TB (cm)	BB (kg)	VC	FVC	FEV₁	Prediksi FVC	Interpretasi
Aminah	40	P	152	70	2,57	1,87	1,87	2,298	Normal
Hamid	58	L	168	60	3,21	2,70	2,67	3,387	Normal
Ati S	51	P	154	75	2,47	2,11	2,09	2,287	Normal
Agus S	42	L	169	64	3,76	2,82	2,82	3,619	Restriktif ringan
Yosrosidah	52	P	147	70	2,46	2,59	1,59	2,126	Restriktif ringan
Maryanah	39	P	145	55	2,70	2,40	2,40	2,333	Normal
Zaini	58	L	163	55	2,42	2,23	1,91	3,063	Restriktif ringan
Slamet	58	L	166	64	3,52	3,13	3,66	3,274	Normal
Heni H	28	P	149	78	2,24	1,78	1,78	2,522	Restriktif ringan
Hasbi	47	L	170	80	3,13	2,89	2,89	3,633	Restriktif ringan
Hamdani	59	L	172	81	3,18	2,70	2,70	3,661	Restriktif ringan
Reza	22	L	167	44	2,63	2,25	2,24	3,886	Restriktif ringan
Nani	53	P	167	50	2,73	2,32	2,30	2,273	Normal
Turiah	57	P	147	62	2,17	1,87	1,87	2,515	Restriktif ringan
Sapi'i	45	L	151	75	4,16	3,10	3,10	2,479	Normal
Salma	54	P	145	61	2,32	1,38	1,38	2,088	Restriktif ringan
Fatmah	52	P	145	51	2,92	2,23	2,23	2,092	Normal
Firmansyah	26	L	163	62	2,30	2,09	1,94	3,609	Restriktif ringan
Eliyana	40	P	157	55	2,92	2,47	2,47	2,316	Normal

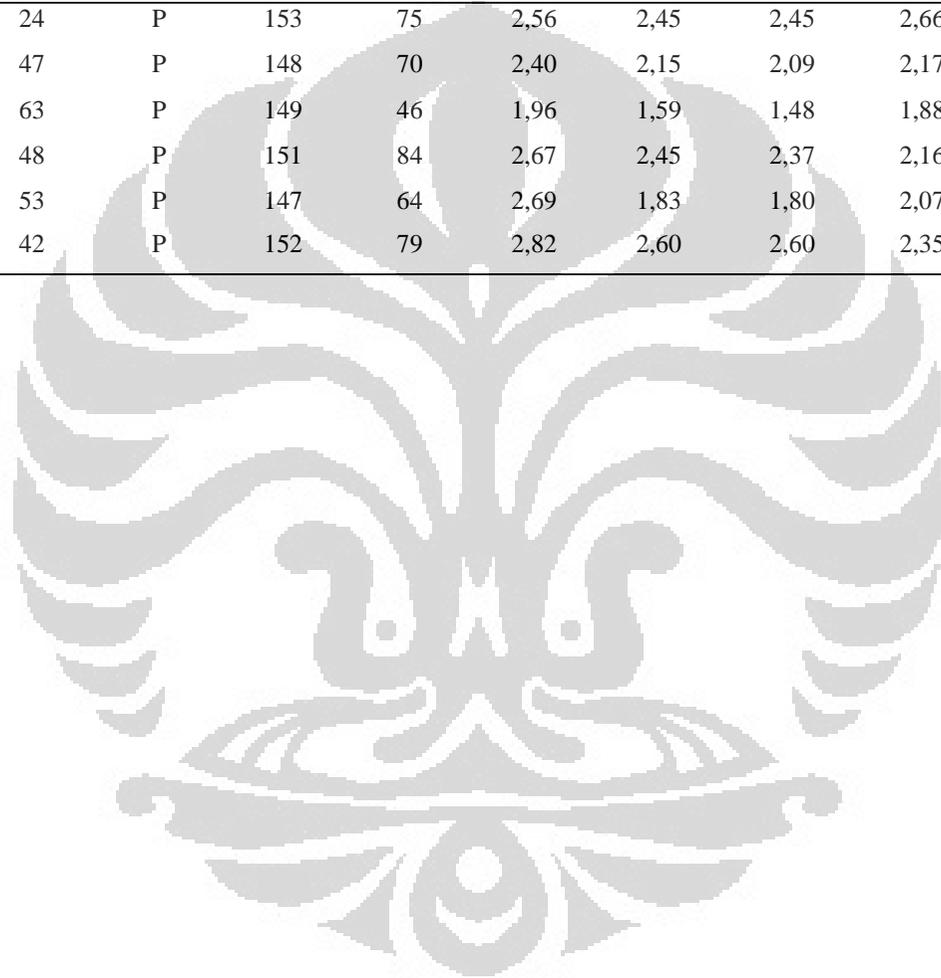
Nama	Umur (tahun)	L/P	TB (cm)	BB (kg)	VC	FVC	FEV ₁	Prediksi FVC	Interpretasi
Sri H	50	P	156	45	2,30	2,09	1,94	3,609	Restriktif ringan
Fitri	28	P	158	45	2,23	2,18	3,37	2,792	Restriktif ringan
Salubiah	59	P	150	65	2,52	2,24	1,25	2,129	Obstruktif ringan
Iskandar	30	L	168	53	2,69	2,66	2,53	3,817	Restriktif ringan
Nurlaila	62	P	142	55	1,44	1,44	2,80	2,304	Restriktif ringan
Sutarwi	35	P	160	40	1,50	1,47	2,66	2,760	Restriktif sedang
Sayadi	52	L	159	49	2,50	2,47	2,66	3,066	Restriktif ringan
Saidah	22	P	155	53	2,27	3,24	2,36	2,769	Obstruktif ringan
Armah	56	P	158	70	2,20	2,10	1,15	2,309	Obstruktif sedang
Siti A	48	P	151	84	2,28	2,19	1,65	2,321	Normal
Rahmat H	34	L	158	82	2,37	2,32	3,06	3,122	Restriktif ringan
Siswanto	20	L	157	55	2,47	2,89	2,02	3,216	Obstruktif ringan
Moh. Yani	33	L	154	50	2,28	1,56	1,59	3,122	Restriktif sedang
Nur A	26	P	153	58	2,80	2,62	2,36	2,843	Normal
Nengsih	26	P	155	70	2,85	2,71	2,45	2,772	Normal
Asiah	32	P	147	51	2,24	2,14	1,66	2,790	Restriktif ringan
Sri	40	P	147	49	2,81	2,75	4,48	2,316	Normal
Kartika	50	P	155	50	2,67	2,64	4,14	2,927	Normal
Nurhayati	28	P	150	60	2,19	2,05	1,37	2,522	Obstruktif ringan
Asep	23	L	157	47	1,81	1,76	1,17	3,401	Obstruktif ringan
Neri	38	P	162	62	2,84	2,81	3,34	2,780	Normal

Nama	Umur (tahun)	L/P	TB (cm)	BB (kg)	VC	FVC	FEV ₁	Prediksi FVC	Interpretasi
Tasmani	50	P	156	50	2,54	1,44	2,63	2,287	Restriktif ringan
Supardi	48	L	163	58	4,16	3,10	3,10	2,479	Normal
Kristi N	43	P	156	66	3,21	2,70	2,67	3,387	Normal
Masyati	57	P	154	58	2,64	2,21	2,19	1,937	Normal
Hesti	24	P	147	48	2,62	2,60	3,93	2,727	Normal
Nur J	50	P	145	55	2,28	2,19	1,65	2,321	Normal
Sadiyah	65	P	153	55	2,46	2,59	1,59	2,126	Restriktif ringan
Siti R	30	P	154	66	2,80	2,62	2,36	2,843	Normal
Rosidah	53	P	140	67	2,30	2,21	2,21	2,006	Normal
Fatmah	26	P	147	53	2,67	2,64	4,14	2,927	Normal
Salim	50	L	154	65	3,52	3,13	3,66	3,274	Normal
Ati	43	P	150	100	2,70	2,40	2,40	2,333	Normal
Sugeng	35	L	158	56	2,55	2,52	2,31	3,250	Normal
Teguh W	39	L	178	70	2,67	2,35	2,91	3,766	Restriktif ringan
Aas	35	P	158	52	2,27	2,20	1,08	2,671	Obstruktif sedang
Nurhayati	45	P	149	52	2,67	2,35	2,91	2,229	Normal
Dewi S	37	P	159	60	2,67	2,35	2,91	2,688	Normal
Eka	20	P	156	50	2,70	2,64	2,30	2,755	Normal
Martini	37	P	148	48	2,78	2,02	1,18	2,654	Obstruktif ringan
Yati	52	P	165	50	2,92	2,92	1,48	2,252	Obstruktif sedang
Indah	20	P	157	42	2,62	2,60	3,63	2,727	Normal

Nama	Umur (tahun)	L/P	TB (cm)	BB (kg)	VC	FVC	FEV ₁	Prediksi FVC	Interpretasi
Nunung	37	P	157	63	2,12	2,08	1,22	2,367	Obstruktif ringan
Haryani	33	P	154	53	2,40	2,40	2,68	2,562	Normal
Darsih	29	P	154	59	2,31	2,27	1,96	2,631	Normal
Muhifah	63	P	150	62	2,23	2,18	3,37	2,006	Normal
Mudjiyono	61	L	159	65	2,37	2,32	3,06	3,122	Restriktif ringan
Iyem	64	P	150	58	2,17	1,87	1,87	2,515	Restriktif ringan
Ami	42	P	148	52	2,46	2,01	2,01	2,229	Normal
Ana	23	P	138	45	2,80	2,15	2,15	2,608	Normal
Iswati	44	P	147	59	2,95	2,19	2,11	2,229	Normal
Sawen	50	P	153	107	2,64	2,21	2,19	1,937	Normal
Mamah Halimah	47	P	147	65	3,23	2,86	2,51	2,195	Normal
Sunaemi	49	P	147	59	3,91	2,64	2,64	2,143	Normal
Djajang P	56	L	160	60	3,40	2,51	2,49	2,515	Normal
Kiki	55	P	148	65	2,59	2,37	2,37	2,057	Normal
Hendra	20	L	163	62	4,26	3,83	3,81	3,056	Normal
Dewi	23	P	154	48	4,25	2,69	2,69	3,055	Normal
Maika	21	P	163	65	3,91	2,60	2,60	2,643	Normal
Winda	20	P	147	48	2,47	2,09	2,09	3,073	Restriktif ringan
Rasmi	39	P	148	58	2,42	1,59	1,59	2,333	Normal
Fatimah	46	P	143	67	2,53	2,45	2,40	2,178	Normal
Iim	43	P	142	55	2,96	1,94	1,92	2,247	Normal

Nama	Umur (tahun)	L/P	TB (cm)	BB (kg)	VC	FVC	FEV ₁	Prediksi FVC	Interpretasi
Rohim	53	L	154	61	2,90	2,20	2,20	2,775	Normal
Sumini	31	P	146	57	2,75	2,70	2,59	2,471	Normal
Sukendar	38	L	148	57	2,30	2,22	2,22	2,812	Normal
Linda	23	P	147	43	2,22	1,85	1,85	2,591	Restriktif ringan
Reza	25	L	163	57	3,66	2,35	2,35	3,626	Restriktif ringan
Abdurahman	63	L	165	53	3,04	2,90	2,87	3,061	Normal
Mas rofan	59	L	156	44	1,90	1,63	1,63	1,971	Normal
Abdul rahmat	61	L	158	85	2,52	2,46	2,46	3,241	Restriktif ringan
Sofiah	57	P	149	51	2,30	2,21	2,21	2,006	Normal
Kartini	40	P	166	70	2,80	2,95	2,62	2,889	Normal
Onih	62	P	148	60	1,93	2,60	1,60	1,937	Obstruktif ringan
Munani	46	P	150	59	2,94	2,24	2,24	2,195	Normal
Sania	55	P	144	54	2,36	2,21	2,21	2,057	Normal
Ngarinah	43	P	149	49	2,25	2,34	2,25	2,247	Normal
Mujannah	65	P	154	66	1,92	1,50	1,49	1,885	Normal
Rametihamé	64	P	148	49	2,42	1,87	1,80	1,902	Normal
Faris	55	L	142	49	2,27	1,98	1,96	2,040	Normal
Saiful anwar	26	L	158	45	4,51	3,94	3,90	3,472	Normal
Miun	45	L	166	65	4,10	2,92	2,92	3,472	Restriktif ringan
Ayus miati	36	P	142	59	3,05	2,43	2,43	2,367	Normal
Kidup	61	L	149	51	2,20	1,95	1,95	2,448	Restriktif ringan

Nama	Umur (tahun)	L/P	TB (cm)	BB (kg)	VC	FVC	FEV₁	Prediksi FVC	Interpretasi
Anggi I	24	P	153	75	2,56	2,45	2,45	2,663	Normal
Sri rahayu	47	P	148	70	2,40	2,15	2,09	2,178	Normal
Rani	63	P	149	46	1,96	1,59	1,48	1,885	Restriktif ringan
Siti Asmara	48	P	151	84	2,67	2,45	2,37	2,161	Normal
Daryita	53	P	147	64	2,69	1,83	1,80	2,074	Normal
Siti badriah	42	P	152	79	2,82	2,60	2,60	2,353	Normal



KUESIONER WAWANCARA

**KONSENTRASI PM_{2,5} DI UDARA DALAM RUANG DAN PENURUNAN FUNGSI PARU
PADA ORANG DEWASA DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI PULO GADUNG
JAKARTA TIMUR TAHUN 2012**

A. IDENTITAS UMUM

- 1. Nama pewawancara :
- 2. Tanggal wawancara :/...../..... (tanggal/bulan/tahun)
- 3. Nama pemilik rumah :

Informed Consent

Bapak/Ibu/Sdra/Sdri perkenalkan nama saya Eky Pramitha Dwi Putri. Saya adalah salah satu mahasiswi dari Universitas Indonesia (UI). Saat ini, saya sedang melakukan pengumpulan data tentang hubungan konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang dan penurunan fungsi paru pada orang dewasa di sekitar kawasan industri pulo gadung, Jakarta Timur. Sehubungan dengan hal tersebut, saya ingin melakukan wawancara dengan Bapak/Ibu/Sdra/Sdri yang telah terpilih secara acak sebagai subjek penelitian. Wawancara ini tidak bersifat wajib, tetapi apabila Bapak/Ibu/Sdra/Sdri bersedia untuk diwawancarai maka Bapak/Ibu/Sdra/Sdri wajib menjawab seluruh pertanyaan yang ada. Saya menjamin data yang Bapak/Ibu/Sdra/Sdri berikan hanya untuk digunakan dalam penelitian ini dan tidak akan diberikan kepada pihak manapun.

Sebelumnya, saya mohon maaf karena telah menyita waktu Bapak/Ibu/Sdra/Sdri. Wawancara akan berlangsung sekitar 15 menit. Bapak/Ibu/Sdra/Sdri tidak akan dirugikan ataupun diuntungkan dalam proses wawancara ini. Data yang Bapak/Ibu/Sdra/Sdri berikan akan sangat bermanfaat untuk informasi dalam penelitian ini. Apabila dalam proses wawancara Bapak/Ibu/Sdra/Sdri merasa diperlakukan secara tidak adil, tidak sopan, atau memiliki pertanyaan dapat menghubungi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Telp. 021-91400150; Fax 021-7867370.

Izin Subjek Penelitian

Saya memahami keterangan yang diberikan dan saya setuju untuk diwawancarai

_____ Izin : 1. Ya 2. Tidak
()

B. KARAKTERISTIK RESPONDEN

- 1. Nomor responden : (diisi oleh peneliti)
- 2. Nama responden :
- 3. Tanggal lahir :/...../..... (tanggal/bulan/tahun)
- 4. Jenis kelamin : perempuan laki-laki
- 5. Alamat rumah :
RT RW Kelurahan Kecamatan
- 6. Berat badan : kg

7. Tinggi badan : cm
8. Apakah pekerjaan Anda sekarang?
9. Apakah pekerjaan Anda sebelumnya?
10. Berapa lama Anda bekerja di tempat tersebut? tahun
11. Sudah berapa lama Anda tinggal di alamat rumah yang saat ini ditempati ? tahun, (mulai dari tahun berapa)
12. Berapa lama Anda menghabiskan waktu di rumah dalam sehari ? jam
13. Apa saja kegiatan rutin yang Anda lakukan di dalam rumah ?
 - a. Tidur : jam/hari
 - b. Menonton TV : jam/hari
 - c. Memasak : jam/hari
 - d. Lain-lain : jam/hari (sebutkan!

C. FAKTOR LINGKUNGAN RUMAH

14. Apakah di rumah Anda menggunakan obat nyamuk bakar ?

ya tidak (lanjut ke pertanyaan no. 17)
15. Apakah jenis obat nyamuk yang Anda gunakan ?

obat nyamuk bakar obat nyamuk listrik

obat nyamuk semprot lotion
16. Apakah obat nyamuk bakar digunakan setiap malam ?

ya tidak
17. Apakah jenis lantai rumah Anda yang dominan ?

tanah papan/kayu keramik

semen ubin
18. Apakah jenis bahan bakar utama yang digunakan untuk memasak di rumah Anda ?

kayu bakar batu bara listrik

minyak tanah gas lain-lain, (sebutkan
19. Apakah Anda pernah merokok ?

ya tidak (lanjut ke pertanyaan no.23)
20. Pada usia berapa Anda mulai merokok ?tahun
21. Apakah saat ini Anda masih sering merokok ?

ya

tidak, (pada usia berapa Anda berhenti merokok ?tahun)
22. Berapa batang rokok yang Anda habiskan per hari ?batang rokok
23. Apakah di rumah Anda ada yang merokok ?

ya tidak
24. Dimana Anda/ keluarga Anda merokok jika di rumah ?

di dalam rumah di luar rumah
25. Apakah rumah Anda memiliki jendela yang bisa dibuka ?

tidak (lanjut ke pertanyaan no. 28)

ya

26. Jika ya, kapan biasanya jendela tersebut dibuka?

setiap saat

hanya siang saja

hanya pagi saja

hanya malam saja

27. Apakah rumah Anda memiliki jendela yang biasa dibuka tetapi tidak dibuka?

ya

tidak (alasan.....)

28. Berapa jumlah orang yang tinggal di rumah Anda? orang

29. Luas rumah : m²

Kepadatan hunian rumah (diisi oleh peneliti)

Kepadatan tinggi (<3,5 m²/orang)

Kepadatan rendah/ideal (≥3,5 m²/orang)

D. HASIL PENGUKURAN FUNGSI PARU

30. Nilai FVC :

31. Nilai FEV1 :

32. Status : normal restriktif obstruktif campuran (restriktif & obstruktif)

--- TERIMA KASIH ATAS PARTISIPASINYA ---

FORMULIR OBSERVASI DAN PENGUKURAN LINGKUNGAN RUMAH
KONSENTRASI PM_{2,5} DI UDARA DALAM RUANG DAN PENURUNAN FUNGSI PARU
PADA ORANG DEWASA DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI PULO GADUNG
JAKARTA TIMUR TAHUN 2012

Tanggal :/...../..... (tanggal/bulan/tahun)
Jam Pengukuran : WIB
Nama Pemilik Rumah :
Alamat rumah : RT..... RW.....
Kelurahan Kecamatan

OBSERVASI DAN PENGUKURAN

1. Luas ventilasi rumah terbuka : panjang m x lebar m = m²
: panjang m x lebar m = m²
: panjang m x lebar m = m²
: panjang m x lebar m = m²
: panjang m x lebar m = m²
Total luas ventilasi = m²
2. Luas rumah : panjang m x lebar m = m²
3. Hasil pengukuran suhu udara rumah : °C
4. Hasil pengukuran kelembaban udara rumah : %
5. Hasil pengukuran konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruang rumah : µg/m³

LAMPIRAN 6
OUTPUT SPSS ANALISIS UNIVARIAT

Statistics

debu

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		308.10
Std. Error of Mean		20.404
Median		240.00
Mode		114 ^a
Std. Deviation		213.027
Minimum		80
Maximum		1240

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
debu	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

Descriptives

			Statistic	Std. Error
debu	Mean		308.10	20.404
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	267.66	
		Upper Bound	348.55	
	5% Trimmed Mean		281.21	
	Median		240.00	
	Variance		45380.462	
	Std. Deviation		213.027	
	Minimum		80	
	Maximum		1240	
	Range		1160	
	Interquartile Range		256	
	Skewness		2.450	.231
	Kurtosis		8.281	.459

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
debu	.189	109	.000	.746	109	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Statistics

paru

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.61
Std. Error of Mean		.047
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.489
Minimum		1
Maximum		2

paru

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	42	38.5	38.5	38.5
2	67	61.5	61.5	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

Jkel

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.29
Std. Error of Mean		.044
Median		1.00
Mode		1
Std. Deviation		.458
Minimum		1
Maximum		2

Jkel

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid perempuan	77	70.6	70.6	70.6
laki-laki	32	29.4	29.4	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

rokok

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.70
Std. Error of Mean		.044
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.462
Minimum		1
Maximum		2

rokok

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid ya	33	30.3	30.3	30.3
tidak	76	69.7	69.7	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

gizi1

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.49
Std. Error of Mean		.048
Median		1.00
Mode		1
Std. Deviation		.502
Minimum		1
Maximum		2

gizi1

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	56	51.4	51.4	51.4
2	53	48.6	48.6	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

umur

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		42.94
Std. Error of Mean		1.281
Median		44.00
Mode		50
Std. Deviation		13.371
Minimum		20
Maximum		65

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
umur	.087	109	.043	.951	109	.001

a. Lilliefors Significance Correction

Statistics

LmTg

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		33.31
Std. Error of Mean		1.678
Median		30.00
Mode		20
Std. Deviation		17.516
Minimum		5
Maximum		65

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
LmTg	.121	109	.001	.944	109	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Statistics

LmBR

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		16.64
Std. Error of Mean		.489
Median		15.00
Mode		15
Std. Deviation		5.105
Minimum		6
Maximum		24

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
LmBR	.250	109	.000	.874	109	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Statistics

lantai

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.98
Std. Error of Mean		.013
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.135
Minimum		1
Maximum		2

lantai

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid tanah, papan/kayu, semen	2	1.8	1.8	1.8
ubin, keramik	107	98.2	98.2	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

padat1

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.97
Std. Error of Mean		.016
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.164
Minimum		1
Maximum		2

padat1

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid <3,5	3	2.8	2.8	2.8
>=3,5	106	97.2	97.2	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

ventilasi

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.28
Std. Error of Mean		.043
Median		1.00
Mode		1
Std. Deviation		.449
Minimum		1
Maximum		2

ventilasi

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid TMS	79	72.5	72.5	72.5
MMS	30	27.5	27.5	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

BBM

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.98
Std. Error of Mean		.013
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.135
Minimum		1
Maximum		2

BBM

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid kayu bakar, batubara, minyak tanah	2	1.8	1.8	1.8
gas, listrik	107	98.2	98.2	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

ONB

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.87
Std. Error of Mean		.032
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.336
Minimum		1
Maximum		2

ONB

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid ya	14	12.8	12.8	12.8
tidak	95	87.2	87.2	100.0
Total	109	100.0	100.0	

Statistics

suhu1

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.63
Std. Error of Mean		.046
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.484
Minimum		1
Maximum		2

suhu1

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid TMS (<18 atau > 30 celcius)	40	36.7	36.7	36.7
MMS (18-30 celcius)	69	63.3	63.3	100.0
Total	109	100.0	100.0	

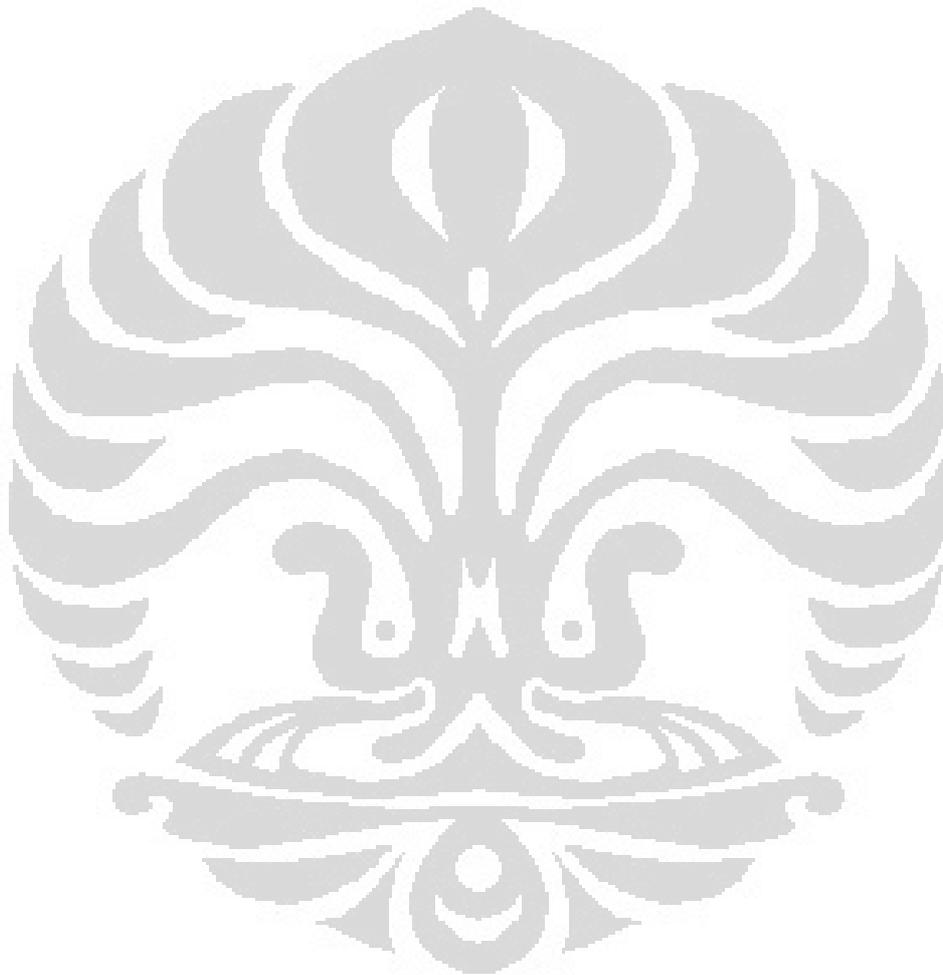
Statistics

kelbb1

N	Valid	109
	Missing	0
Mean		1.72
Std. Error of Mean		.043
Median		2.00
Mode		2
Std. Deviation		.453
Minimum		1
Maximum		2

kelbb1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	TMS (<40 atau >70)	31	28.4	28.4	28.4
	MMS (40-70)	78	71.6	71.6	100.0
	Total	109	100.0	100.0	



LAMPIRAN 7
OUTPUT SPSS ANALISIS BIVARIAT

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	8.708	1	.003
	Block	8.708	1	.003
	Model	8.708	1	.003

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	136.613 ^a	.077	.104

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than .001.

Classification Table^a

		Predicted		Percentage Correct
		1	2	
Observed	1	29	13	69.0
	2	27	40	59.7
Overall Percentage				63.3

a. The cut value is .500

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95.0% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Step 1 ^a								
debu1(1)	1.195	.416	8.239	1	.004	3.305	1.461	7.476
Constant	-.071	.267	.071	1	.789	.931		

a. Variable(s) entered on step 1: debu1.

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	.007	1	.933
	Block	.007	1	.933
	Model	.007	1	.933

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	145.314 ^a	.000	.000

a. Estimation terminated at iteration number 3 because parameter estimates changed by less than .001.

Classification Table^a

Observed			Predicted		Percentage Correct
			paru		
			1	2	
Step 1	paru	1	0	42	.0
		2	0	67	100.0
Overall Percentage					61.5

a. The cut value is .500

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95.0% C.I. for EXP(B)	
								Lower	Upper
Step 1 ^a	umur	-.001	.015	.007	1	.933	.999	.970	1.028
	Constant	.521	.666	.612	1	.434	1.683		

a. Variable(s) entered on step 1: umur.

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	9.557	1	.002
	Block	9.557	1	.002
	Model	9.557	1	.002

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	135.764 ^a	.084	.114

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than .001.

Classification Table^a

Observed		Predicted			
		paru		Percentage Correct	
		1	2		
Step 1	paru	1	23	19	54.8
		2	17	50	74.6
Overall Percentage					67.0

a. The cut value is .500

Variables in the Equation

Step	Variable	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95.0% C.I. for EXP(B)	
								Lower	Upper
1 ^a	LmBR1(1)	1.270	.418	9.218	1	.002	3.560	1.568	8.082
1	Constant	-.302	.320	.893	1	.345	.739		

a. Variable(s) entered on step 1: LmBR1.

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	.472	1	.492
	Block	.472	1	.492
	Model	.472	1	.492

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	144.848 ^a	.004	.006

a. Estimation terminated at iteration number 3 because parameter estimates changed by less than .001.

Classification Table^a

Observed		Predicted			
		paru		Percentage Correct	
		1	2		
Step 1	paru	1	0	42	.0
		2	0	67	100.0
Overall Percentage					61.5

a. The cut value is .500

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95.0% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Step 1 ^a								
LmTg	-.008	.011	.471	1	.492	.992	.971	1.015
Constant	.728	.430	2.858	1	.091	2.070		

a. Variable(s) entered on step 1: LmTg.

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Jkel * paru	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

Jkel * paru Crosstabulation

			paru		Total
			1	2	
Jkel	perempuan	Count	24	53	77
		% within Jkel	31.2%	68.8%	100.0%
	laki-laki	Count	18	14	32
		% within Jkel	56.3%	43.8%	100.0%
Total		Count	42	67	109
		% within Jkel	38.5%	61.5%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	6.004 ^b	1	.014		
Continuity Correction ^a	4.992	1	.025		
Likelihood Ratio	5.912	1	.015		
Fisher's Exact Test				.018	.013
Linear-by-Linear Association	5.949	1	.015		
N of Valid Cases	109				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 12.33.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for Jkel (perempuan / laki-laki)	.352	.151	.823
For cohort paru = 1	.554	.353	.870
For cohort paru = 2	1.573	1.033	2.396
N of Valid Cases	109		

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
rokok * paru	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

rokok * paru Crosstabulation

		paru		Total
		1	2	
rokok ya	Count	18	15	33
	% within rokok	54.5%	45.5%	100.0%
tidak	Count	24	52	76
	% within rokok	31.6%	68.4%	100.0%
Total	Count	42	67	109
	% within rokok	38.5%	61.5%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	5.124 ^b	1	.024		
Continuity Correction ^a	4.200	1	.040		
Likelihood Ratio	5.051	1	.025		
Fisher's Exact Test				.032	.021
Linear-by-Linear Association	5.077	1	.024		
N of Valid Cases	109				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 12.72.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for rokok (ya / tidak)	2.600	1.124	6.015
For cohort paru = 1	1.727	1.096	2.721
For cohort paru = 2	.664	.444	.995
N of Valid Cases	109		

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
gizi1 * paru	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

gizi1 * paru Crosstabulation

			paru		Total
			1	2	
gizi1	1	Count	19	37	56
		% within gizi1	33.9%	66.1%	100.0%
2	Count	23	30	53	
	% within gizi1	43.4%	56.6%	100.0%	
Total	Count	42	67	109	
	% within gizi1	38.5%	61.5%	100.0%	

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.031 ^b	1	.310		
Continuity Correction ^a	.670	1	.413		
Likelihood Ratio	1.032	1	.310		
Fisher's Exact Test				.332	.207
Linear-by-Linear Association	1.021	1	.312		
N of Valid Cases	109				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 20.42.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for gizi1 (1 / 2)	.670	.308	1.454
For cohort paru = 1	.782	.485	1.260
For cohort paru = 2	1.167	.864	1.578
N of Valid Cases	109		

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ventilasi * paru	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

ventilasi * paru Crosstabulation

			paru		Total
			1	2	
ventilasi	TMS	Count	36	43	79
		% within ventilasi	45.6%	54.4%	100.0%
	MMS	Count	6	24	30
		% within ventilasi	20.0%	80.0%	100.0%
Total		Count	42	67	109
		% within ventilasi	38.5%	61.5%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	6.002 ^b	1	.014		
Continuity Correction ^a	4.971	1	.026		
Likelihood Ratio	6.400	1	.011		
Fisher's Exact Test				.016	.011
Linear-by-Linear Association	5.947	1	.015		
N of Valid Cases	109				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 11.56.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for ventilasi (TMS / MMS)	3.349	1.234	9.086
For cohort paru = 1	2.278	1.071	4.849
For cohort paru = 2	.680	.520	.891
N of Valid Cases	109		

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ONB * paru	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

ONB * paru Crosstabulation

		paru		Total	
		1	2		
ONB	ya	Count	7	7	14
		% within ONB	50.0%	50.0%	100.0%
	tidak	Count	35	60	95
		% within ONB	36.8%	63.2%	100.0%
Total		Count	42	67	109
		% within ONB	38.5%	61.5%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.892 ^b	1	.345		
Continuity Correction ^a	.423	1	.515		
Likelihood Ratio	.872	1	.350		
Fisher's Exact Test				.387	.255
Linear-by-Linear Association	.884	1	.347		
N of Valid Cases	109				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.39.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for ONB (ya / tidak)	1.714	.555	5.294
For cohort paru = 1	1.357	.755	2.439
For cohort paru = 2	.792	.459	1.367
N of Valid Cases	109		

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
suhu1 * paru	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

suhu1 * paru Crosstabulation

			paru		Total
			1	2	
suhu1	TMS (<18 atau > 30 celcius)	Count	15	25	40
		% within suhu1	37.5%	62.5%	100.0%
	MMS (18-30 celcius)	Count	27	42	69
		% within suhu1	39.1%	60.9%	100.0%
Total		Count	42	67	109
		% within suhu1	38.5%	61.5%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.028 ^b	1	.866		
Continuity Correction ^a	.000	1	1.000		
Likelihood Ratio	.028	1	.866		
Fisher's Exact Test				1.000	.516
Linear-by-Linear Association	.028	1	.867		
N of Valid Cases	109				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 15.41.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for suhu1 (TMS (<18 atau > 30 celcius) / MMS (18-30 celcius))	.933	.418	2.082
For cohort paru = 1	.958	.583	1.575
For cohort paru = 2	1.027	.756	1.394
N of Valid Cases	109		

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
kelbb1 * paru	109	100.0%	0	.0%	109	100.0%

kelbb1 * paru Crosstabulation

			paru		Total
			1	2	
kelbb1	TMS (<40 atau >70)	Count	18	13	31
		% within kelbb1	58.1%	41.9%	100.0%
	MMS (40-70)	Count	24	54	78
		% within kelbb1	30.8%	69.2%	100.0%
Total		Count	42	67	109
		% within kelbb1	38.5%	61.5%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	6.978 ^b	1	.008		
Continuity Correction ^a	5.873	1	.015		
Likelihood Ratio	6.866	1	.009		
Fisher's Exact Test				.016	.008
Linear-by-Linear Association	6.914	1	.009		
N of Valid Cases	109				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 11.94.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for kelbb1 (TMS (<40 atau >70) / MMS (40-70))	3.115	1.318	7.364
For cohort paru = 1	1.887	1.206	2.952
For cohort paru = 2	.606	.390	.940
N of Valid Cases	109		

LAMPIRAN 8
DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN



Gambar 1. Pengukuran PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang



Gambar 2. Pengukuran PM_{2,5} di Udara Dalam Ruang



Gambar 3. Pengukuran Ventilasi Rumah



Gambar 4. Pemeriksaan Fungsi Paru



Gambar 5. Pemeriksaan Fungsi Paru



Gambar 6. Pemeriksaan Fungsi Paru