



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PAJANAN DEBU RESPIRABLE PM_{2.5}
TERHADAP KEJADIAN GANGGUAN FUNGSI PARU
PEDAGANG TETAP DI TERMINAL TERPADU
KOTA DEPOK TAHUN 2012**

SKRIPSI

**YOSI MARIN MARPAUNG
0806337283**

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PAJANAN DEBU RESPIRABLE PM_{2.5}
TERHADAP KEJADIAN GANGGUAN FUNGSI PARU
PEDAGANG TETAP DI TERMINAL TERPADU
KOTA DEPOK TAHUN 2012**

SKRIPSI

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

**YOSI MARIN MARPAUNG
0806337283**

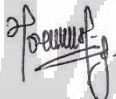
**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : YOSI MARIN MARPAUNG

NPM : 0806337283

Tanda tangan : 

Tanggal : 29 Juni 2012

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Yosi Marin Marpaung

NPM : 0806337283

Mahasiswa Program : Sarjana

Tahun Akademik : 2008

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

Pengaruh Pajanan Debu Respirable $PM_{2.5}$ Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru Pedagang Tetap di Terminal Terpadu Kota Depok 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, 29 Juni 2012


METERAI
TEMPEL
PAJAK MENYERAHKAN KEANAKA
TOL 2012
658B1ABF135704521
ENAM RIBU RUPIAH
6000 DJP
(Yosi Marin Marpaung)

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Yosi Marin Marpaung
NPM : 0806337283
Program Studi : Kesehatan Lingkungan
Judul Skripsi : Pengaruh Paparan Debu *Respirable* PM_{2.5}
Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru
Pedagang Tetap di Terminal Terpadu Kota
Depok Tahun 2012

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : dr. Agustin Kusumayati M.Sc., Ph.D (.....)

Penguji : drg. Sri Tjahyani Budi Utami M.Kes (.....)

Penguji : Ir. Esrom Hamonangan, Ph.D (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2012

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama : Yosi Marin Marpaung
Tempat Tanggal Lahir: Medan, 14 November 1990
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Kristen
Alamat rumah : Jalan Kerinci VI No. 7 Depok Timur, Jawa Barat 16417
Nomor Telepon : 085252115678
Email : marpaung.yosi@yahoo.com: yosi.marin@ui.ac.id
Motto Hidup : “Jagalah hatimu, sebab dari sana terpancar kehidupan”

Pendidikan Formal

TK Methodist Pematang Siantar (1995-1996)
SD Methodist II Rantau Prapat (1996-2002)
SMP Negeri 3 Pontianak (2002-2005)
SMA Negeri 1 Pontianak (2005-2008)
FKM UI/ Kesehatan Lingkungan (2008-sekarang)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada Tuhan yang Maha Kuasa atas berkat, kekuatan, anugerah, dan kesempatan yang senantiasa Dia berikan, sehingga saya mampu untuk menyelesaikan skripsi ini semaksimal mungkin. Skripsi dengan judul Pengaruh Paparan Debu Respirable PM_{2.5} Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru Pedagang Tetap di Terminal Terpadu Kota Depok Tahun 2012, saya susun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat, jurusan Kesehatan Lingkungan, Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sejak awal perkuliahan sampai dengan penulisan skripsi ini maka akan sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan semua ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Tuhan Yesus yang selalu memberikan kekuatan dan sukacita bagi saya setiap harinya, terutama saat mengerjakan skripsi ini. Terima kasih Tuhan untuk orang tua, adik kakak, pembimbing akademik, para dosen, teman-teman, dan sahabat yang begitu baik yang Kau hadirkan di dalam kehidupanku.
2. Ibu dr. Agustin Kusumayati M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing saya, yang selalu rela saya ganggu waktunya untuk bimbingan dan begitu sabar dalam selama proses bimbingan dan penulisan skripsi ini. Setiap kali proses bimbingan berlangsung, cara beliau menghadapi sayalah yang membuat saya selalu bersemangat mengerjakan skripsi ini. Terimakasih ibu untuk waktu yang berkualitas, ilmu yang berharga, dan motivasi yang ibu berikan selama ini. Semoga ibu dan seluruh keluarga senantiasa sehat dan berbahagia dalam menjalankan setiap aktivitas dan tugas. Amin. Ibu akan selalu saya ingat.
3. Ibu drg. Sri Tjahyani Budi Utami M.Kes, selaku penguji tugas akhir saya yang sudah berkenan memberikan waktunya dan masukan yang

berharga untuk perbaikan skripsi saya. Semoga ibu selalu sehat dan sukses dalam menjalankan setiap aktivitasnya.

4. Ir. Esrom Hamonangan, Ph.D., selaku penguji yang berkenan memberi waktunya, pikirannya, dan saran-saran berharganya untuk tugas akhir saya. Semoga senantiasa diberi kesehatan dan kesuksesan dalam menjalankan setiap tugas dan peran bapak baik di kantor maupun dalam keluarga.
5. Ibu drg. Heni, selaku Kepala Bidang Kesehatan Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta. Terima kasih telah membantu saya dalam masa-masa sulit saya, terutama dalam pengambilan data spirometri. Kehadiran, bantuan, dan semangat ibulah yang membuat saya akhirnya bisa melakukannya.
6. Bapak Ali dari pihak Terminal Terpadu Kota Depok yang sudah banyak menolong saya , terutama dalam hal perizinan penelitian dan pengambilan data. Karena bapaklah saya berani terjun di tengah suasana terminal yang hiruk pikuk. Semoga dalam segala sesuatu, bapak selalu menerima yang terbaik.
7. Bapak Dr. Budi Haryanto, Prof. Kirk R. Smith, dan Rahardhika Arista, S.Sos yang sudah ikut serta memberi masukan untuk agar hasil skripsi ini dapat membawa manfaat.
8. Staf Departemen Kesehatan Lingkungan yaitu Ibu Itus, Pak Tusin, dan Pak Nasir. Terima kasih untuk semua semangat dan pertolongannya. Bapak dan Ibu akan selalu saya rindukan.
9. Staf Departemen Kesehatan Reproduksi, Mbak Sintha. Terima kasih untuk nasihatnya.
10. Kak Novi, selaku operator lapangan ketika melakukan pengukuran PM_{2.5} dan yang telah memberikan pelatihan spirometri. Terima kasih atas bantuannya. Semoga kakak selalu diberikan kesuksesan untuk setiap tugasnya.
11. Orang tua, adikku, dan kakakku yang sudah membantu dari segi moril dan materiil. Tanpa kalian, rasanya skripsi ini tidak akan pernah ada.
God Bless Us.

12. Sahabat-sahabat terbaikku yang membantuku di lapangan untuk mengambil data, menjadi penghibur ketika aku sakit dan bersedih, dan yang setia mendoakanku: Defrina Kaban (Gizi'08), Dhorkas Dhonna Marpaung (Epid'08), Evasari Ginting, SKM, Febrina Elisabeth (Epid'08), Apriliani Siburian (FIK'08), Widyarsih Oktaviana, SKM., Rahardhika Arista (FISIP'08), dan Fariz Muriyadi (FT'08).
13. Anak-anak Kelompok kecilku, Rachel Monique Panjaitan dan Theresia. Terimakasih untuk doa dan semangatnya. Semoga kita bisa terus berkumpul di kemudian hari. Tuhan memberkati kita.
14. Staf LPMI, Kak Merry, Bang Diaz, Mas Agus, dan Kak Imel, yang sudah lelah-lelah berdoa bagiku. Kalian adalah penyemangatku.
15. Teman-teman dan sahabat di KESEHATAN LINGKUNGAN 2008 yang luar biasa! Semua yang telah kita lalui bersama adalah bagian hidup yang sangat indah dan tak akan terlupakan. Mulai dari kelas, pantai, bahkan sampai gunung sekalipun pernah kita jalani. Mulai dari makanan basi, asap mengepul, air kotor, nyamuk, hujan dan banjir, bahkan lumpur sudah pernah kita nikmati. Ya, itulah mengapa kita disebut Mahasiswa Kesehatan Lingkungan.
16. Environmental Health Student Association (ENVIHSA), International Federation on Environmental Health (IFEH), Mr. Stephen Cooper, Mr. Peter Davey, dan Mr. Henning Hansen, yang sudah banyak memberi motivasi dan mengukir mimpiku. *I really miss you all and I wont stop giving my best.*

Depok, 29 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Yosi Marin Marpaung
NPM : 0806337283
Program Studi : S1 Reguler Kesehatan Masyarakat
Departemen : Kesehatan Lingkungan
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Skripsi

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

PENGARUH PAJANAN DEBU RESPIRABLE PM2.5 TERHADAP
KEJADIAN GANGGUAN FUNGSI PARU PEDAGANG TETAP DI
TERMINAL TERPADU KOTA DEPOK TAHUN 2012

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 29 Juni 2012
Yang menyatakan



(Yosi Marin Marpaung)

ABSTRAK

Nama : Yosi Marin Marpaung
Program Studi : S1 Reguler Kesehatan Masyarakat
Judul : Pengaruh Paparan Debu Respirable PM_{2.5} Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru Pedagang Tetap di Terminal Terpadu Kota Depok Tahun 2012.

Penelitian ini bertujuan melihat hubungan PM_{2.5} terhadap gangguan fungsi paru pada pedagang tetap di Terminal Terpadu Kota Depok. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} ambien mencapai 230µg/m³. Didapatkan gangguan fungsi paru sebesar 77,4% dari 71 sampel (tipe restriktif 74,6%; obstruktif 2,8%). Ditemukan hubungan signifikan antara gangguan fungsi paru dengan *intake* PM_{2.5} (p=0,004) dan rokok (kebiasaan merokok(p=0,019); jumlah rokok(p=0,001); dosis inhalasi PM_{2.5} (p=0,001)). Tidak ditemukan hubungan signifikan antara gangguan fungsi paru dengan umur, jenis kelamin, status gizi, riwayat penyakit, lama kerja, dan masa kerja. Uji multivariat menunjukkan *intake* PM_{2.5} memiliki pengaruh terbesar terhadap gangguan fungsi paru (p=0,007; OR=6,5). Selanjutnya diperlukan perbaikan lingkungan terminal, perubahan perilaku merokok, dan manajemen risiko melalui ARKL.

Kata kunci : PM_{2.5}, pedagang, terminal depok, rokok, fungsi paru.

ABSTRACT

Name : Yosi Marin Marpaung
Study Program : Public Health Undergraduate
Title : The Influence of *Respirable Dust (PM_{2.5}) Exposure to Lung Function Impairment among Bus Station Sellers in Depok Integrated Terminal, 2012.*

This study aimed to determine the relationship between PM_{2.5} and the impaired lung function. PM_{2.5} ambient concentration reached 230µg/m³. Pulmonary dysfunction was found 77.4% of 71 respondents (74.6% restrictive; 2.8% obstructive). There were significant associations between lung function and PM_{2.5} intake (p = 0.004); smoking (smoking habits (p = 0.019); number of cigarettes/day (p = 0.001); and PM_{2.5} inhaled dose from cigarettes (p = 0.001)). There were no significant relationships with age, sex, nutritional status, history of illnesses, work-hours, and work-years. Multivariate test revealed PM_{2.5} intake as a main contributor on lung function impairment (p = 0.007; OR = 6.5). Further improvements on environment, changes in smoking behavior, and risk management through ERHA study are necessary.

Kata kunci : PM_{2.5}, seller, bus station, Depok, cigarette, lung function.

DAFTAR ISI

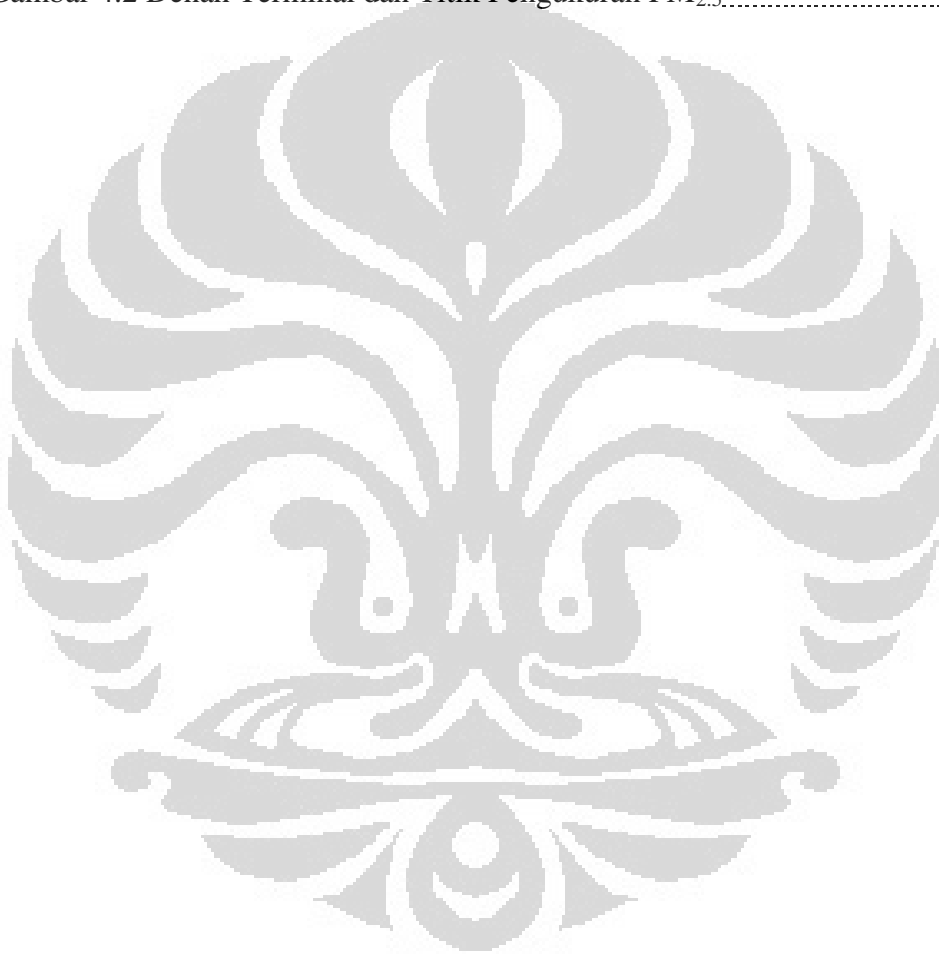
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR	vi
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Pertanyaan Penelitian	5
1.4 Tujuan	6
1.4.1 Tujuan Umum	6
1.4.2 Tujuan Khusus	6
1.5 Manfaat	6
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Identifikasi Agen	8
2.1.1 Definisi dan Karakteristik PM _{2.5}	8
2.1.2 Sumber, Pencegahan, dan Pengendalian PM _{2.5} di Udara	10
2.1.3 Mekanisme Perjalanan PM _{2.5} Sampai ke Manusia	12
2.1.4 Berbagai Risiko Kesehatan yang Diakibatkan PM _{2.5}	15
2.1.4.1 Efek Paparan Jangka Pendek dan Panjang akibat PM _{2.5}	15
2.1.5 Baku Mutu PM _{2.5}	17
2.1.6 Metode Pengukuran Konsentrasi PM _{2.5}	18
2.1.6.1 Metode Sampling PM _{2.5}	18
2.1.6.2 Metode Penempatan Peralatan Sampling PM _{2.5}	20
2.1.6.3 Metode Analisis Sampel PM _{2.5}	20
2.2 Anatomi dan Fisiologi Fungsi Paru	21

2.2.1 Volume dan Kapasitas Paru	23
2.3 Gangguan Fungsi Paru	26
2.3.1 Mekanisme Terjadinya Gangguan Fungsi Paru oleh PM _{2.5}	27
2.3.2 Diagnosis dan Pemeriksaan Fungsi Paru (Spirometri)	28
2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Paru	30
BAB 3. KERANGKA TEORI, KONSEP, DEFINISI OPERASIONAL	34
3.1 Kerangka Teori	34
3.2 Kerangka Konsep	37
3.3 Definisi Operasional	39
BAB 4. METODOLOGI PENELITIAN	44
4.1 Jenis dan Desain Penelitian	44
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	44
4.3 Populasi dan Sampel	44
4.3.1 Populasi Penelitian	44
4.3.2 Perhitungan Sampel	45
4.4 Pengumpulan Data	46
4.4.1 Pengumpulan Data Paparan	46
4.4.2 Perhitungan Nilai <i>Intake</i> PM _{2.5} Udara Ambien	49
4.4.3 Pengumpulan Data <i>Outcome</i>	50
4.4.4 Pengorganisasian	51
4.5 Pengolahan Data	51
4.5.1 Manajemen Data	51
4.5.2 Analisis Data	52
BAB 5 HASIL	54
5.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	54
5.1.1 Gambaran Umum Terminal Terpadu Kota Depok	54
5.1.2 Gambaran Angkutan Umum di Terminal Terpadu Kota Depok	55
5.2 Analisis Univariat	58
5.2.1 Karakteristik Responden	58
5.2.1.2 Umur	58
5.2.1.3 Tingkat Pendidikan	58
5.2.1.4 Tinggi Badan	59
5.2.1.5 Berat Badan	59
5.2.1.6 Status Gizi	59
5.2.1.7 Kebiasaan Merokok	60
5.2.2 Karakteristik Pekerjaan	61
5.2.2.1 Lama Kerja	61
5.2.2.2 Masa Kerja	61
5.2.3 Riwayat Penyakit	62
5.2.3.1 Riwayat Penyakit yang berhubungan dengan	

Fungsi Paru	62
5.2.3.2 Perubahan Bernafas	62
5.2.4 PM _{2.5} pada Udara Terminal	63
5.2.5 Suhu dan Kelembaban	63
5.2.6 Intake PM _{2.5} pada Pedagang Terminal	64
5.2.7 Gangguan Fungsi Paru	64
5.3 Analisis Bivariat	65
5.3.1 Hubungan Riwayat Alamiah Penyakit dan Gangguan Fungsi Paru	65
5.3.2 Hubungan Intake PM _{2.5} Udara Terminal dan Gangguan Fungsi Paru	65
5.3.3 Hubungan Jenis Kelamin dan Gangguan Fungsi Paru	66
5.3.4 Hubungan Umur dan Gangguan Fungsi Paru	67
5.3.5 Hubungan Kebiasaan Merokok dan Gangguan Fungsi Paru	67
5.3.5.1 Hubungan Jumlah Rokok yang Dihisap dan Gangguan Fungsi Paru	68
5.3.5.2 Hubungan Dosis Inhalasi PM _{2.5} dan Gangguan Fungsi Paru	68
5.3.6 Hubungan Status Gizi dan Gangguan Fungsi Paru	68
5.3.7 Hubungan Masa Kerja dan Gangguan Fungsi Paru	69
5.3.8 Hubungan Lama Kerja dan Gangguan Fungsi Paru	69
5.4 Analisis Multivariat	70
BAB 6 PEMBAHASAN	71
6.1 Gangguan Fungsi Paru	71
6.2 Konsentrasi PM _{2.5} Udara Ambien dan Intake PM _{2.5} pada Pedagang	72
6.3 Hubungan Intake PM _{2.5} Udara Terminal dan Gangguan Fungsi Paru	75
6.4 Hubungan Status Gizi dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru	77
6.5 Hubungan Jenis Kelamin dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru	78
6.6 Hubungan Umur dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru	80
6.7 Hubungan Riwayat Penyakit dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru	81
6.8 Hubungan Kebiasaan Merokok dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru	82
6.9 Hubungan Lama dan Masa Kerja dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru	84
6.10 Keterbatasan Penelitian	85
BAB 7 PENUTUP	87
7.1 Kesimpulan	87
7.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Ukuran Dimeter $PM_{2.5}$	9
Gambar 2.2 Letak Deposit dari Berbagai Ukuran Partikulat	12
Gambar 2.3 Mekanisme Utama dari Pengendapan Partikel di Saluran Pernafasan.....	13
Gambar 2.4 Sistem Pernafasan pada Manusia.....	21
Gambar 2.5 Peristiwa pernapasan selama bernapas normal, inspirasi maksimal, dan ekspirasi maksimal.....	24
Gambar 2.6 Uji Fungsi Paru.....	29
Gambar 4.1 Dusttrak II Aerosol Monitor 8530	46
Gambar 4.2 Denah Terminal dan Titik Pengukuran $PM_{2.5}$	48



DAFTAR TABEL

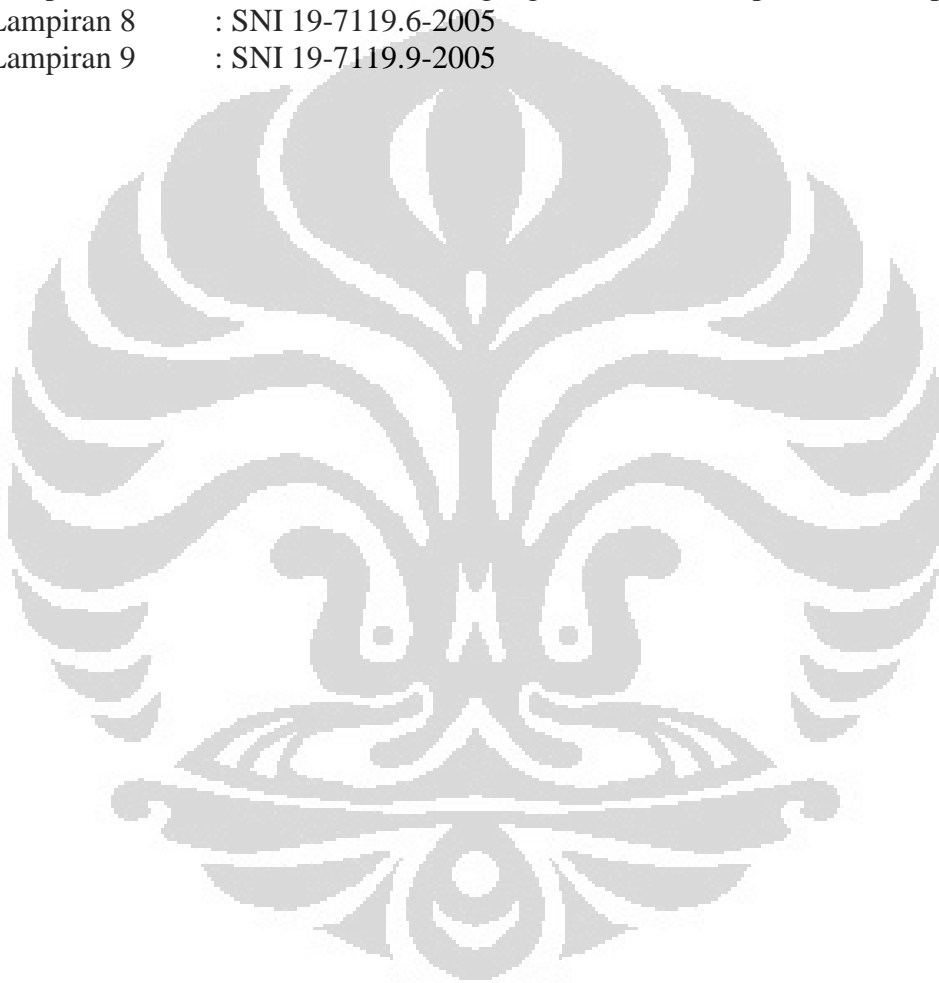
Tabel 2.1	Efek Paparan Jangka Pendek dan Panjang dari PM	16
Tabel 2.2	Baku Mutu Partikulat yang ditetapkan oleh EPA	17
Tabel 2.3	Nilai FEV ₁ , FVC, dan Rasio FEV ₁ /FVC pada Pola Normal, Obstruktif, dan Restriktif	30
Tabel 5.1	Data Kendaraan Angkutan Dalam Kota yang Masuk dan Keluar Terminal Terpadu Kota Depok Tahun 2011	55
Tabel 5.2	Data Kendaraan Bus Angkutan Kota Dalam Propinsi (AKDP) Terminal Kota Depok Tahun 2011	56
Tabel 5.3	Data Kendaraan Bus Angkutan Kota Antar Propinsi (AKAP) Terminal Kota Depok Tahun 2011	57
Tabel 5.4	Distribusi Responden Menurut Jenis Kelamin di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012	58
Tabel 5.5	Distribusi Responden Menurut Tingkat Pendidikan di Terminal Depok Tahun 2012	59
Tabel 5.6	Distribusi Responden Menurut Status Gizi di Terminal Depok Tahun 2012	60
Tabel 5.7	Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Merokok di Terminal Depok Tahun 2012	60
Tabel 5.8	Distribusi Responden Perokok Aktif Menurut Konsumsi Rokok dan Dosis Inhalasi PM _{2.5} Rokok di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012	60
Tabel 5.9	Distribusi Responden Menurut Lama Kerja dan Masa Kerja di Terminal Depok Tahun 2012	61
Tabel 5.10	Distribusi Responden Menurut Riwayat Asma, Bronkitis, Emfisema, TBC, dan Alergi di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012	62
Tabel 5.11	Distribusi Responden Menurut Perubahan Bernafas di Terminal Depok Tahun 2012	62
Tabel 5.12	Konsentrasi PM _{2.5} Ambien di 5 Titik Pengukuran Terminal Terpadu Depok Tahun 2012	63
Tabel 5.13	Suhu dan Kelembaban pada Pagi, Siang, dan Sore Hari di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012	63
Tabel 5.14	Distribusi Responden Menurut Intake PM _{2.5} Udara Ambien di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012	64
Tabel 5.15	Distribusi Responden Menurut Fungsi Paru di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012	64
Tabel 5.16	Gambaran Responden Menurut Riwayat Alamiah Penyakit dan Gangguan Fungsi Paru	65
Tabel 5.17	Gambaran Responden Menurut Intake PM _{2.5} dan Gangguan Fungsi Paru	65
Tabel 5.18	Gambaran Rata-Rata Intake PM _{2.5} Menurut Gangguan Fungsi Paru	66
Tabel 5.19	Gambaran Responden Menurut Jenis Kelamin dan Gangguan Fungsi Paru	66
Tabel 5.20	Gambaran Rata-Rata Umur Responden Menurut Gangguan	66

Fungsi Paru	67
Tabel 5.21 Gambaran Responden Menurut Kebiasaan Merokok dan Gangguan Fungsi Paru	67
Tabel 5.22 Gambaran Rata-Rata Jumlah Rokok yang Dihisap Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru	68
Tabel 5.23 Gambaran Rata-Rata Dosis Inhalasi PM _{2,5} Rokok Menurut Gangguan Fungsi Paru	68
Tabel 5.24 Gambaran Responden Menurut Status Gizi dan Gangguan Fungsi Paru	69
Tabel 5.25 Gambaran Rata-Rata Masa Kerja Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru	69
Tabel 5.25 Gambaran Rata-Rata Lama Kerja Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru	70
Tabel 5.27 Hasil Analisis Regresi Logistik dengan Variabel Dependen Gangguan Fungsi Paru	70



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Lampiran Hasil SPSS
Lampiran 2 : Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran udara
Lampiran 3 : Hasil Pengukuran PM_{2.5} dengan Dusttrak
Lampiran 4 : Hasil Pengukuran Spirometri
Lampiran 5 : Surat Izin Penelitian
Lampiran 6 : Denah Terminal Terpadu Kota Depok
Lampiran 7 : Denah Lokasi Pedagang di Terminal Terpadu Kota Depok
Lampiran 8 : SNI 19-7119.6-2005
Lampiran 9 : SNI 19-7119.9-2005



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara merupakan salah satu unsur lingkungan yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Seorang dewasa rata-rata menghirup udara lebih dari 3.000 gallon (11,4 m³) udara setiap hari. Oleh karena itu, apabila udara mengandung zat pencemar atau polutan di luar dari batas yang ditetapkan maka udara dapat beralih fungsi menjadi berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia.

Salah satu jenis polutan udara yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia adalah partikulat. Partikulat menjadi berbahaya bagi kesehatan manusia apabila berada pada konsentrasi yang tinggi dan stabil di suatu area. Penurunan kualitas udara akibat beredarnya partikulat telah banyak dihubungkan dengan peningkatan kasus kematian dan gejala penyakit. Jenis partikulat yang saat ini banyak diteliti karena sifatnya yang dapat menembus sampai bagian paru paling dalam dan kandungannya yang dapat beredar dalam aliran darah adalah PM_{2.5} (partikulat berukuran $\leq 2,5\mu\text{m}$).

Analisis global tentang hubungan PM_{2.5} dengan risiko kesehatan mengestimasi bahwa polusi udara ambien, secara khusus polusi PM_{2.5} telah menyebabkan 5% kematian dari kanker trakea, bronkus, dan paru-paru (Cohen, dkk., 2005). Pencemaran udara oleh PM_{2.5} telah dihubungkan dengan kematian akibat kanker paru dan penyakit kardiopulmonar dalam penelitian mortalitas yang melibatkan 500.000 partisipan (Pope dkk., 2002). Di Amerika Serikat, peningkatan PM_{2.5} bertanggung jawab atas 60.000 kematian setiap tahunnya (FNSB, 2009) dan setiap peningkatan 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dari konsentrasi PM_{2.5} dihubungkan dengan peningkatan risiko 4% untuk penyebab natural kematian, 6% untuk kematian yang disebabkan oleh penyakit yang berhubungan dengan *cardiopulmonary*, dan 8% untuk kematian yang disebabkan kanker paru (CEPA, 2002).

Baik kanker paru maupun gangguan pernafasan kronis merupakan manifestasi lanjut dari perkembangan gangguan fungsi paru yang diderita seseorang yang dapat berujung pada kematian. Studi di Amerika Serikat

mengungkapkan bahwa pajanan jangka pendek terhadap $PM_{2.5}$ berhubungan signifikan dengan kunjungan rumah sakit untuk infeksi pernafasan (Dominici, dkk., 2006). Di Kota Depok, Profil Kesehatan Tahun 2008 menerangkan bahwa penyakit-penyakit yang berhubungan dengan pernafasan masih menempati 3 posisi teratas pada pola penyakit rawat jalan mulai dari usia 0 sampai lebih dari 66 tahun, baik di puskesmas maupun rumah sakit. Penyakit gangguan saluran pernafasan tersebut antara lain, pneumonia, faringitis akut, nasofaringitis akut, dan infeksi saluran pernafasan akut tidak spesifik lainnya. Selain itu, penyakit pernafasan yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru seperti asma dan bronkitis turut menempati peringkat 10 besar di Kota Depok.

Berbagai studi telah dilakukan untuk melihat hubungan antara $PM_{2.5}$ terhadap gangguan fungsi paru. Studi di California Selatan menunjukkan bahwa konsentrasi yang meningkat dari *fine particulate* berhubungan signifikan secara statistik dan klinis dengan gangguan fungsi paru (Gauderman, dkk., 2004). Selain itu studi lain menunjukkan bahwa peningkatan pajanan terhadap $PM_{2.5}$ dapat memperburuk kemungkinan mendapat gangguan fungsi paru sampai 2 kali atau lebih (Goss, dkk., 2004; Brunekreef dan Holgate, 2002 dalam Grabow dkk., 2011). Menurunnya kapasitas paru juga telah dihubungkan dengan peningkatan polusi $PM_{2.5}$ bahkan pada level pajanan rendah (Thaller, dkk., 2008).

Beberapa penelitian di Indonesia juga telah membuktikan adanya hubungan antara $PM_{2.5}$ dengan gangguan fungsi paru. Studi di Makasar dan di dan di Jawa Tengah menunjukkan bahwa konsentrasi $PM_{2.5}$ adalah faktor risiko terhadap kejadian gangguan fungsi paru (Daud dan Sedionoto, 2010; Soedjono, 2002). Penelitian lain di terminal Yogyakarta tahun 2007 menunjukkan pula bahwa konsentrasi $PM_{2.5}$ lebih berpengaruh dari konsentrasi debu total terhadap peningkatan gangguan fungsi paru di terminal (BBTKL Yogyakarta, 2007).

Peningkatan kegiatan transportasi berkontribusi besar dalam penurunan kualitas udara pada wilayah perkotaan. Dari banyaknya sumber-sumber pencemar partikulat, transportasi digolongkan sebagai salah satu sumber antropogenik yang berada di bawah pengawasan yang ketat. Lebih dari 50% partikulat di udara bebas bersumber dari transportasi dan kandungan emisi yang dihasilkannya tergolong berbahaya (Han, dkk., 2005). Kendaraan bermotor misalnya, mengemisikan 13-

44% *Suspended Particulate Matter* (SPM) ke udara bebas (Suparmin, <http://hseindonesia.com/>, 19 Desember 2011). Di London, kemacetan lalu lintas terbukti menghasilkan lebih dari 80% dari total *Particulate Matter* ke udara bebas (Department for Transport, 2002). Di Malaysia, 82% dari total emisi penyebab pencemaran udara tahun 1996 berasal dari kendaraan umum (Afroz, dkk., 2003). Di Indonesia, kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor (Syahril dkk., 2002) dan diperkirakan, pencemaran udara akibat kegiatan industri dan kendaraan bermotor akan meningkat 2 kali pada tahun 2000 dari kondisi tahun 1990 dan 10 kali pada tahun 2020 (Tanpa Nama, <http://www.depkes.go.id>, diakses 7 Desember 2011).

Di Jakarta, sampai pada tahun 2008, konsentrasi rata-rata tahunan PM_{10} yang ada di udara bebas masih berada di atas baku mutu WHO yakni $\geq 40 \mu g/m^3$ dari yang seharusnya $20 \mu g/m^3$ (CAMP, 2010). Sebagian besar produksi PM_{10} di Kota Jakarta, berasal dari transportasi dan industri. Tingkat emisi ini juga diprediksi meningkat seiring dengan penambahan penduduk. Total populasi di Jakarta diestimasikan akan meningkat dari 9.68 juta di 1998 menjadi 10.97 juta di 2005 dan 13.02 juta di 2015 (Syahril dkk., 2002).

Demikian pula terjadi di Kota Depok dimana mobilitas penduduk semakin tinggi dengan tingkat pertumbuhan penduduk sekitar 3,5% per tahunnya yang diakibatkan migrasi penduduk dari Jakarta dan daerah lainnya. Hal inilah yang membuat kebutuhan akan transportasi di Kota Depok semakin meningkat (Kakiay, 2009). Menurut laporan dari Kepala Badan Lingkungan Hidup Kota Depok tahun 2011, pencemaran udara dari kegiatan transportasi diprediksikan dapat menghasilkan kualitas udara di Kota Depok serupa dengan di Kota Jakarta dalam tiga hingga lima tahun ke depan apabila tidak dilakukan pembenahan (Tanpa Nama, <http://www.depok.go.id/>, diakses 19 Desember 2011).

Terminal Kota Depok merupakan salah satu area yang berpotensi mengalami penurunan kualitas udara dikarenakan fungsinya sebagai satu-satunya pusat keluar masuknya berbagai jenis kendaraan umum di wilayah Depok. Menurut data DLLAJ Kota Depok, jumlah angkutan umum di Kota Depok pada tahun 2005 tercatat jumlah angkutan kota resmi sebesar 5.548 armada yang terbagi atas 2.648 angkot dalam kota yang melayani 19 trayek dan 2.900 angkutan

antar kota dalam propinsi (AKDP) yang melayani 16 trayek (Kakiay, 2009). Selain itu, data dari Dinas Perhubungan menyebutkan bahwa terminal Kota Depok juga melayani 12 trayek untuk angkutan antar kota antar propinsi (AKAP). Berdasarkan penelitian sebelumnya pada tahun 2003, konsentrasi rata-rata PM_{10} di lingkungan Terminal Depok mencapai $451,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Baku Mutu = $150\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Azhoma, 2003). Dari hasil ini dikuatirkan konsentrasi $PM_{2.5}$ pada terminal juga telah jauh melampaui baku mutu.

Terminal Depok dikelilingi pusat-pusat perbelanjaan yang ramai pengunjung. Di utara dan timur terminal terdapat pusat perbelanjaan terbesar di Kota Depok, sebelah barat merupakan pasar tradisional, dan di selatan terminal terdapat stasiun kereta Depok Baru. Keramaian ini mempengaruhi besarnya peruntukkan lahan untuk kios atau lapak bagi para pedagang yang berjualan di Terminal Depok. Jumlah kios di terminal Depok mencapai 116 kios permanen dan semi permanen dan 109 lapak dan gerobak (Kakiay, 2009).

Pedagang di Terminal Depok yang berdagang dalam waktu yang lama dan terpajan partikulat dalam jumlah yang tinggi merupakan populasi berisiko mendapatkan gangguan fungsi paru. Berangkat dari data dan teori yang ada mengenai dampak $PM_{2.5}$ terhadap gangguan fungsi paru serta masih kurangnya penelitian terhadap dampak $PM_{2.5}$ bagi kesehatan masyarakat membuat peneliti tertarik untuk melihat hubungan antara keberadaan $PM_{2.5}$ terhadap kejadian gangguan saluran pernafasan di Terminal Depok.

1.2 Perumusan Masalah

Profil Kesehatan Tahun 2008 menerangkan bahwa penyakit-penyakit yang berhubungan dengan pernafasan masih menempati 3 posisi teratas dan penyakit pernafasan yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru seperti asma dan bronkitis berada di 10 besar penyakit yang paling banyak diderita oleh masyarakat Kota Depok. Banyak penelitian yang telah banyak menghubungkan konsentrasi tinggi $PM_{2.5}$ dengan gangguan fungsi paru. Di Kota Depok, mobilitas penduduk semakin tinggi dengan tingkat penambahan penduduk sekitar 3,5% per tahunnya yang diakibatkan migrasi penduduk dari Jakarta dan daerah lainnya. Hal ini membuat kebutuhan akan transportasi di Kota Depok semakin meningkat

(Kakiay, 2009). Terminal Terpadu Kota Depok merupakan terminal utama di Kota Depok yang melayani ribuan armada angkutan umum dalam kota, antar kota dalam propinsi, dan antar kota antar propinsi dan berdasarkan data penelitian tahun 2003, konsentrasi PM_{10} udara ambien di terminal mencapai $451,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sehingga dikuatirkan konsentrasi $PM_{2.5}$ pun berada pada level yang tinggi seiring dengan mobilitas penduduk yang semakin tinggi.

Terminal Terpadu Kota Depok dikelilingi oleh dua jalan utama di Kota Depok yaitu Jl. Margonda dan Jl. A.R. Hakim, pusat-pusat perbelanjaan, pasar tradisional, dan stasiun Depok Baru. Kondisi ini menarik para pedagang untuk berjualan di sekitar terminal dan menjadikan populasi pedagang di terminal cukup padat. Pedagang tetap terminal merupakan populasi yang berisiko mendapat dampak dari pajanan jangka pendek dan panjang dari partikulat di wilayah terminal. Konsentrasi $PM_{2.5}$ yang melewati batas aman dapat memicu terjadinya pro-inflamasi dan jika terjadi secara terus-menerus akan menyebabkan kerusakan akut pada jaringan epitel paru dan mengakibatkan gangguan fungsi paru pada pedagang. Berangkat dari hal tersebut, peneliti tertarik melihat hubungan konsentrasi $PM_{2.5}$ terhirup terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada para pedagang tetap di Terminal Kota Depok.

1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana tingkat kejadian gangguan fungsi paru pada para pedagang di terminal Kota Depok?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi $PM_{2.5}$ terhirup terhadap gangguan fungsi paru pada para pedagang di terminal Kota Depok?
3. Bagaimana pengaruh faktor-faktor lain seperti usia, berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, riwayat penyakit, lama bekerja, masa bekerja, dan kebiasaan merokok terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang di terminal Kota Depok?

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Mengetahui hubungan konsentrasi $PM_{2.5}$ terhirup terhadap gangguan fungsi paru pada para pedagang tetap di area Terminal Terpadu Depok tahun 2012.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Diketuainya konsentrasi $PM_{2.5}$ terhirup para pedagang Terminal Terpadu Kota Depok.
2. Diketuainya distribusi kejadian gangguan fungsi paru pada para pedagang di Terminal Terpadu Kota Depok.
3. Diketuainya hubungan antara konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang di Terminal Terpadu Kota Depok.
4. Diketuainya hubungan faktor-faktor lain yang mempengaruhi gangguan fungsi paru diantaranya usia, berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, lama berdagang di sekitar terminal, masa bekerja sebagai pedagang di terminal, dan kebiasaan merokok.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti
Penelitian ini menggambarkan pengaruh konsentrasi $PM_{2.5}$ terhirup terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang tetap di Terminal Terpadu Kota Depok, sehingga dapat menambah pengetahuan peneliti tentang bahaya $PM_{2.5}$ bagi kesehatan manusia dan dasar bagi pengembangan penelitian selanjutnya.
2. Bagi Dinas Perhubungan Kota Depok
Penelitian ini dapat menjadi salah satu dasar pengembangan program manajemen lalu lintas dan transportasi di terminal Kota Depok untuk menghasilkan terminal yang sehat bagi masyarakat pengguna terminal.

3. Bagi para pedagang di terminal

Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan kepada pedagang untuk dapat berpartisipasi aktif dan mandiri dalam usaha pencegahan kejadian gangguan pernafasan.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini meliputi pencemaran udara dalam bentuk partikulat ($PM_{2.5}$) terhirup dari lingkungan Terminal Terpadu Kota Depok dan dampaknya terhadap gangguan fungsi paru yang dialami oleh para pedagang tetap di area Terminal Terpadu Kota Depok, Jawa Barat. Penelitian ini termasuk penelitian observasional dengan pendekatan *cross sectional* dan dilakukan di area Terminal Terpadu Kota Depok dimulai sejak bulan Maret 2012 sampai dengan bulan Mei 2012. Penelitian dilakukan dengan mengukur konsentrasi $PM_{2.5}$ di beberapa titik terminal dengan alat DUSTTRAK II, kemudian menentukan konsentrasi $PM_{2.5}$ terhirup tiap-tiap individu pedagang dengan metode *Exposure Assessment*. Fungsi paru didapatkan melalui tes spirometri menggunakan alat Spiro Analyzer Merk AS-505 Minato Japan, kemudian membandingkan FEV_1 (*Forced Expiratory Volume*) dan FVC (*Forced Vital Capacity*) dengan nilai prediksi pada orang Asia.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Identifikasi PM_{2.5}

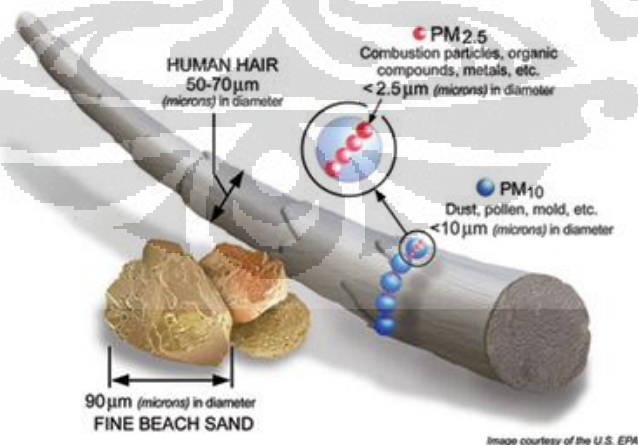
2.1.1 Definisi dan Karakteristik PM_{2.5}

Particulate Matter (PM) adalah partikel-partikel padat yang bercampur dengan partikel-partikel cair yang tersuspensi di udara. PM merupakan campuran zat kimia organik dan anorganik seperti karbon, sulfat, nitrat, logam, asam, dan senyawa *semi-volatile* (Minnesota Department of Health, www.health.state.mn.us/divs/eh/air/pm.htm, diakses 2 Desember 2011). Partikulat berasal dari sumber yang beraneka ragam seperti pembangkit listrik, proses industri, dan transportasi. Partikulat terbentuk di udara melalui suatu mekanisme transformasi emisi. Komposisi kimia dan karakteristik fisika yang terdapat didalamnya tergantung dari lokasi, waktu-tahun, dan cuaca (Fierro, www.airinfonow.org/.../Particulate_Matter.pdf, diakses 2 Januari 2012).

Particulate Matter terdiri dari beberapa klasifikasi. Pertama, berdasarkan mekanisme terbentuknya diklasifikasikan sebagai *primary particles* dan *secondary particles*. *Primary particles* adalah partikulat yang dihasilkan langsung dari sumbernya. Sebaliknya *secondary particles* terbentuk dari konversi gas-gas prekursor di atmosfer menjadi partikulat (Vallius, 2005). Kedua, PM diklasifikasikan berdasarkan ukuran fisiknya. Ukuran partikulat adalah salah satu faktor penentu yang penting yang memiliki kaitan yang erat dengan pembentukannya, sifat fisik dan kimia, perubahan, transpor, dan pembersihan partikulat dari atmosfer. Sebagai contoh, partikulat primer merupakan hasil langsung dari konstruksi bangunan, jalan yang tidak beraspal, ladang, cerobong asap, dan kebakaran sedangkan partikulat sekunder merupakan hasil dari reaksi kimia antara SO_x dan NO_x dari pembangkit tenaga listrik, industri, dan transportasi. (EPA, www.epa.gov/oar/particlepollution/basic.html, diakses 2 Desember 2011).

Hanya partikulat dengan ukuran tertentu yang akan terdeposit di dalam sistem pernapasan manusia. Fraksi-fraksi yang akan terkumpul dan masuk ke dalam sistem pernapasan manusia bergantung pada beberapa faktor, antara lain: ukuran partikulat dan densitas, kecepatan dan arah aliran udara di dekat tubuh manusia, dan apakah seseorang tersebut bernapas melalui hidung atau mulut (Lestari, 2009). Diameter partikulat berada pada rentang nanometer (nm) sampai kepada mikrometer (μm). Notasi dari partikulat dinyatakan sebagai PM_X yang berarti ukuran diameter partikulat kurang dari X (yang paling sering digunakan adalah 10, 2.5, atau $1\mu\text{m}$). Partikulat yang lebih dari $2.5\mu\text{m}$ secara umum dinamakan *coarse particles* dan partikulat yang kurang dari $2.5\mu\text{m}$ dan 100nm secara berurutan digolongkan *fine* sampai dengan *ultrafine particles*. Partikulat yang terdapat di udara (*airborne dust*) umumnya terdapat pada berbagai ukuran, umumnya hingga ukuran maksimum diameter 75 mikron.

$\text{PM}_{2.5}$ dideskripsikan sebagai partikulat yang memiliki diameter sama dengan atau lebih kecil dari $2.5\mu\text{m}$. Ukuran $\text{PM}_{2.5}$ sebanding dengan $1/30$ diameter rambut manusia (EPA, www.epa.gov/oar/particlepollution/basic.html, diakses 2 Desember 2011). $\text{PM}_{2.5}$ dapat terbentuk secara langsung maupun tidak langsung di udara.



Gambar 2.1 Perbandingan ukuran diameter $\text{PM}_{2.5}$ (sumber: EPA, 2010)

Partikulat dapat terdeposit pada bagian sistem pernapasan manusia, salah satunya sangat bergantung pada ukuran partikulat tersebut. Partikulat dengan ukuran $\geq 100\mu\text{m}$ terdeposit pada bagian hidung, dan disebut sebagai *inhalable particle*. Partikulat dengan ukuran $>4-10\mu\text{m}$ dan terdeposit pada bagian toraks disebut sebagai *thoracic particle*. Dan partikulat dengan ukuran $<4\mu\text{m}$ terdeposit pada bagian paru disebut sebagai *respirable particle* (Lestari, 2009). Dalam hal ini $\text{PM}_{2.5}$ merupakan jenis *respirable particle* yang mampu masuk sampai bagian paru paling dalam (alveoli) bahkan dapat mempengaruhi secara sistemik pada tubuh manusia.

2.1.2 Sumber, Pencegahan, dan Pengendalian $\text{PM}_{2.5}$

Pada daerah urban, sebagian besar partikulat berasal dari kegiatan manusia (antropogenik) termasuk didalamnya kegiatan transportasi, pemanasan ruang, pembakaran biomassa, industri, dan emisi *fugitive* dari lalu-lintas (cth, debu jalanan). Partikulat yang berasal dari kegiatan manusia ini merupakan zat yang kompleks, karena hampir seluruh sumber menghasilkan partikel primer dan gas-gas yang memicu pembentukan partikel sekunder. Partikel primer dan sekunder hasil dari kegiatan manusia ini dapat mempengaruhi konsentrasi *Particulate Matter* kawasan regional dikarenakan fraksi dari partikulat dapat bertahan di udara dalam beberapa hari dan bergerak sampai ribuan kilometer di atmosfer (Vallius, 2005).

$\text{PM}_{2.5}$ dapat mempengaruhi udara luar (*outdoor*) dan udara dalam ruang (*indoor*). Di lingkungan luar, $\text{PM}_{2.5}$ secara primer dihasilkan dari kendaraan, proses bahan bakar, dan kebakaran hutan. Sedangkan secara sekunder, $\text{PM}_{2.5}$ dihasilkan dari reaksi kimia gas dan droplet di atmosfer. Reaksi kimia ini dapat terjadi pada lokasi yang jauh dari sumber emisi karena $\text{PM}_{2.5}$ dapat melayang di udara dalam waktu yang lama. $\text{PM}_{2.5}$ juga dihasilkan dari kegiatan di dalam ruangan seperti asap rokok, kegiatan memasak, menyalakan lilin, dan pemanas ruangan lainnya (New York Department of Health, 2011).

Beberapa sumber-sumber dari $\text{PM}_{2.5}$, pencegahan, dan pengendalian yang dapat dilakukan menurut EPA antara lain (EPA, 2008):

1. Penggunaan kayu bakar

Kayu bakar merupakan bahan alam yang menjadi pencemar langsung $PM_{2.5}$. Apabila kayu dibakar secara tidak tepat atau dengan peralatan pendukung yang tidak standar, maka produksi $PM_{2.5}$ yang dihasilkan akan lebih banyak. Pengendalian yang dapat dilakukan adalah dengan mendidik masyarakat menggunakan kayu bakar dengan tepat atau dengan program substitusi kayu bakar dengan kompor yang lebih modern.

2. Pembakaran sampah di tempat terbuka

Membakar sampah di tempat yang terbuka merupakan kegiatan yang berbahaya secara khusus bagi lansia, anak-anak, ibu hamil, dan masyarakat dengan penyakit jantung dan pernapasan karena $PM_{2.5}$ yang dihasilkannya terlokalisasi di suatu area tertentu. Pengendalian yang dapat dilakukan adalah melakukan daur ulang dan pembuangan sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

3. Pembakaran lahan dan hutan

Pembakaran lahan dalam skala yang besar adalah sumber utama dari $PM_{2.5}$, khususnya pada area yang secara topografi dan cuaca dapat menyebabkan polusi udara terjebak didalamnya. Pengendalian yang dilakukan termasuk monitoring $PM_{2.5}$, pembakaran bertahap, larangan membakar, memberlakukan *no burn days*, izin membakar, dan metode lainnya yang menjamin kondisi kualitas udara tetap terjaga.

4. Sumber bergerak / diesel

Emisi dari sumber bergerak seperti mobil, truk, traktor, dan mesin kereta merupakan sumber yang signifikan dalam menghasilkan partikulat dan racun di udara. Pengendalian adalah dengan retrofit diesel, penggunaan bahan bakar dengan kadar sulfur yang rendah dan kampanye untuk mengedukasi dan mendorong masyarakat untuk lebih jarang menggunakan kendaraan pribadi.

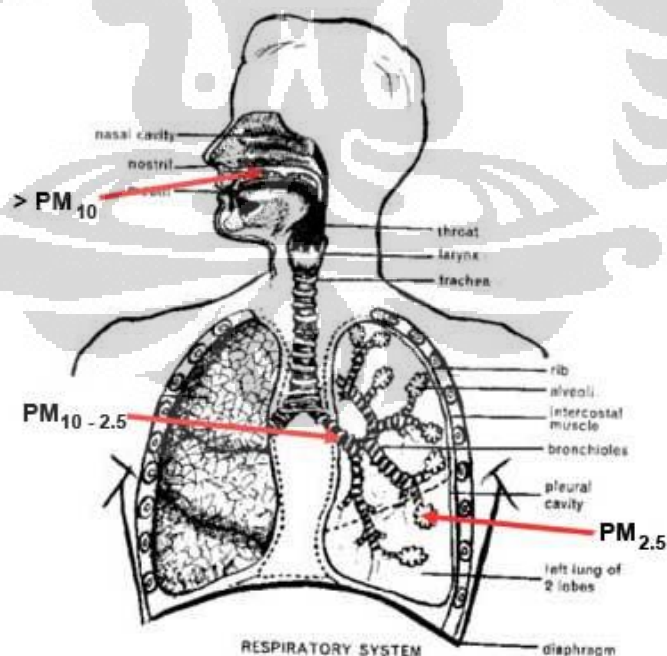
5. Sumber tetap

Aktivitas industri merupakan sumber lain dari $PM_{2.5}$, namun sesungguhnya jika dibandingkan dengan hasil kontribusinya tidak sebesar pembakaran kayu bakar, lahan, atau hutan.

2.1.3 Mekanisme Perjalanan $PM_{2.5}$ Sampai ke Manusia

Sistem pernapasan adalah rute utama masuknya partikulat ke tubuh manusia. Deposisi dari partikulat pada pernapasan manusia tergantung dari pada ukuran, bentuk, massa jenis, dan pola bernapas yang dilakukan oleh setiap individu (pernapasan lewat mulut atau hidung). Efek yang dihasilkan pada manusia juga dipengaruhi oleh komposisi partikulat, durasi pajanan, dan suseptibilitas.

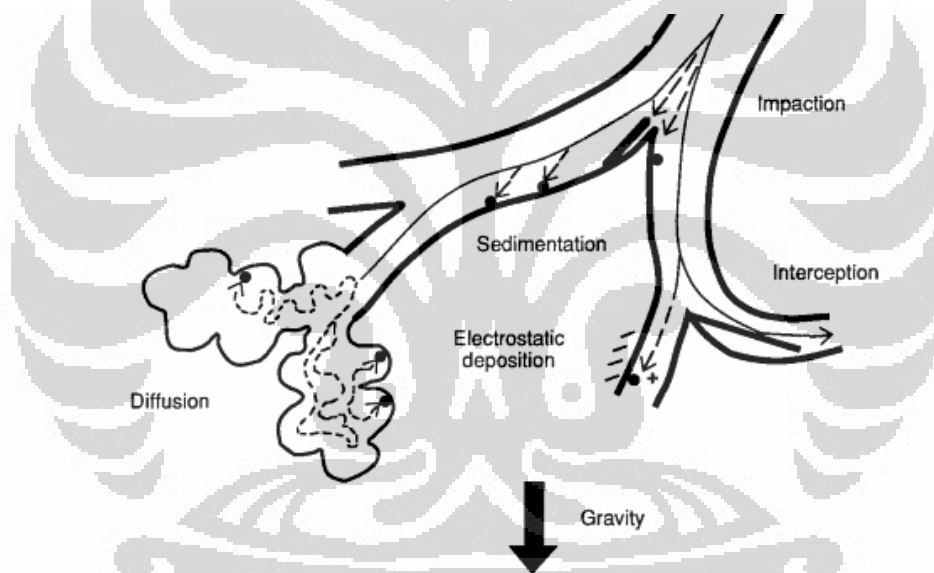
$PM_{2.5}$ merupakan ukuran partikulat yang sangat halus yang dapat terdeposit sampai pada tingkat alveolar pada manusia. Dalam keadaan pernapasan yang normal partikulat halus mampu masuk ke dalam saluran pernapasan manusia dari bronkus dan alveolus (WHO, 2004).



Gambar 2.2 Letak deposit dari berbagai ukuran partikulat di saluran pernapasan manusia (www.pca.state.mn.us)

Untuk mengetahui konsekuensi penyakit dari partikulat jenis $PM_{2.5}$ diperlukan pemahaman mengenai fraksi terdepositnya debu tersebut. Tiga pembagian besar dalam saluran pernapasan yakni wilayah nasofaring (kepala), trakeobronkial, dan pulmonar. Fraksi partikulat berbeda mempengaruhi masing-masing wilayah yakni *inhalable particles*, *thoracic particles*, dan *respirable particles* (Gehr dan Heyder, 2000; Lestari, 2009).

Letak dan besarnya pengendapan dari partikulat pada saluran pernafasan ditentukan oleh mekanisme fisik dan biologis dari subjek yang menghirup partikulat. Terdapat lima mekanisme fisik yang paling signifikan dari pengendapan partikulat (Gehr dan Heyder, 2000; CCOHS, 2011):



Gambar 2.3. Mekanisme utama dari pengendapan partikulat di saluran pernapasan (Gehr dan Heyder, 2000)

1. *Sedimentation*

Pengendapan partikulat oleh mekanisme *sedimentation* disebabkan adanya gaya gravitasi. Sedimentasi dari partikulat akan meningkat apabila ukuran, berat jenis, dan lama waktu partikulat bertahan di dalam saluran pernapasan juga meningkat. Partikulat akan mengendap pada permukaan saluran paru, umumnya di bronkus dan bronkiolus.

Sedimentasi merupakan mekanisme yang penting pada deposisi partikulat ukuran 0.003-5 μ m.

2. *Impaction*

Mekanisme ini terjadi ketika terdapat tikungan dalam sistem saluran napas yang menyebabkan partikulat yang tersuspensi tidak dapat berubah dengan aliran udara melainkan akan menempel pada permukaan saluran napas. Probabilitasnya tergantung kecepatan aliran udara dan massa partikulat. Mekanisme ini biasanya terjadi pada partikulat yang berukuran lebih besar dari 10 μ m.

3. *Diffusion*

Di udara, gerak acak partikulat dengan ukuran <0,5 μ m mirip dengan molekul gas. Pada saat partikulat bergerak secara acak, secara kebetulan partikulat akan terdeposit pada dinding saluran paru. Gerakan ini juga disebut dengan “Gerak Brown”. Semakin kecil ukuran partikulat, semakin kuat pula gerakan yang dihasilkan. Difusi merupakan mekanisme paling penting untuk pengendapan partikulat pada saluran napas kecil dan alveoli.

4. *Interception*

Semakin dekat partikulat dengan permukaan saluran napas, maka semakin besar kemungkinannya untuk terdeposit. Pengendapan dari *interception* terjadi saat satu dari ujung partikulat menyentuh permukaan saluran pernapasan. *Interception* adalah determinan penting pada deposisi *fibers*. Sebagai contoh, *fibers* dengan diameter 1 μ m dan panjang 200 μ m akan terdeposit pada cabang bronkial.

5. *Electrostatic precipitation*.

Pengendapan partikulat pada saluran pernapasan oleh *electronic precipitation* terjadi saat partikulat yang masuk bermuatan listrik. Jika hal demikian berlangsung, maka partikulat dapat terdeposit pada area yang lebih besar berdasarkan ukuran, bentuk, dan kepadatannya.

Karakteristik biologi dari individu juga mempengaruhi deposisi partikulat. Dua faktor penentu adalah volume udara yang dihirup (yang diterjemahkan

sebagai laju respirasi dan volume tidal), dan karakteristik dimensional dari saluran pernapasan. Dimensi ini sangat penting dalam skala antara spesies yang dipengaruhi oleh umur dan pertumbuhan (Gehr dan Heyder, 2000).

2.1.4 Berbagai Risiko Kesehatan yang Diakibatkan PM_{2.5}

Berbagai penelitian epidemiologi telah menghubungkan PM_{2.5} dengan masalah kesehatan antara lain, kematian prematur, penyakit pernapasan kronis, peningkatan kunjungan rumah sakit dan kegawatdaruratan pernapasan, asma, penyakit kardiovaskular, gejala pernapasan akut, dan penurunan fungsi paru. PM_{2.5} digolongkan sebagai partikulat yang menguatkirkan karena memiliki proporsi berbagai macam logam toksik dan asam, serta secara aerodinamis dapat melakukan penetrasi sampai ke bagian paru yang terdalam (Fierro, www.airinfonow.org/.../Particulate_Matter.pdf, diakses 2 Januari 2012).

2.1.4.1 Efek Paparan Jangka Pendek dan Panjang akibat PM_{2.5}

Belum ada definisi yang spesifik yang membatasi waktu antara paparan jangka pendek dengan paparan jangka panjang, namun paparan jangka pendek biasanya didefinisikan dalam rentang waktu jam sampai dengan hari sedangkan paparan jangka panjang didefinisikan dalam rentang tahun.

Beberapa studi telah mengemukakan bahwa variasi paparan jangka pendek dengan level paparan yang rendah ($<100\mu\text{g}/\text{m}^3$), dapat menghasilkan penyakit. Beberapa penyakit terkait paparan jangka panjang yang sebagian besar dihubungkan dengan fungsi pernapasan, juga dilaporkan dalam beberapa penelitian. Di bawah ini merupakan tabel beberapa penelitian yang telah dilaporkan terkait dengan efek yang dihasilkan dari paparan jangka panjang maupun jangka pendek pada manusia.

Tabel 2.1. Efek pajanan jangka pendek dan panjang dari PM (WHO, 2004)

Polutan	Efek terkait pajanan jangka pendek	Efek terkait pajanan jangka panjang
<i>Particulate Matter</i>	Reaksi inflamasi paru	Peningkatan gejala gangguan pada sistem pernapasan bagian bawah
	Gejala gangguan pernapasan	Penurunan fungsi paru pada anak-anak
	Efek perlawanan pada sistem kardiovaskular	Peningkatan penyakit paru obstruktif kronis
	Peningkatan penggunaan obat	Penurunan fungsi paru pada orang dewasa
	Peningkatan kunjungan rumah sakit	Penurunan angka harapan hidup, terutama akibat kematian yang disebabkan penyakit <i>cardiopulmonary</i> dan kemungkinan besar oleh kanker paru
	Peningkatan angka kematian	
	Berkurangnya aktivitas harian akibat sakit	Gangguan pertumbuhan dan perkembangan janin
	Jumlah absensi (pekerjaan ataupun sekolah)	
	Perubahan fisiologis (seperti fungsi paru dan tekanan darah)	

World Health Organization telah mendefinisikan tiga target sementara yang disebut *Interim Targets* (IT) untuk PM_{2.5} yang menunjukkan ukuran-ukuran yang harus dicapai dengan berbagai metode pengurangan yang sukses dan berkelanjutan. Konsentrasi rata-rata tahunan PM_{2.5} untuk level IT-1 yaitu 35µg/m³. Level ini menginformasikan rata-rata konsentrasi yang tinggi, dilaporkan di beberapa studi efek kesehatan jangka panjang, dan konsentrasi tinggi namun tidak dapat dijelaskan secara historis yang berkontribusi terhadap munculnya penyakit. Level ini telah dikaitkan dengan angka mortalitas yang signifikan di wilayah berkembang. Konsentrasi proteksi level IT-2 adalah sebesar 25µg/m³. Pencapaian terhadap nilai IT-2 dapat menurunkan risiko kesehatan akibat pajanan jangka panjang sekitar 6% (95%CI, 2-11%) relatif terhadap IT-1. Level yang terakhir adalah IT-3 dengan nilai rekomendai 15µg/m³ dan dihubungkan dengan efek signifikan dari pajanan jangka panjang. Nilai ini dekat dengan rata-rata konsentrasi yang dilaporkan oleh studi pajanan jangka panjang

dan terhadap IT-2 menambahkan 6% pengurangan risiko relatif kematian (WHO, 2004).

2.1.5 Baku Mutu PM_{2.5}

Standar kualitas udara yang ditetapkan oleh EPA pertama kali dipublikasikan pada tahun 1971. Pada tahun 1987, EPA mengubah standar untuk mengatur *inhalable particles* yang lebih kecil atau sama dengan 10 μm . Sepuluh tahun kemudian, EPA merevisi kembali standar PM dan menetapkan standar terpisah untuk PM_{2.5} berdasarkan masalah kesehatan serius yang ditimbulkannya mulai dari kunjungan rumah sakit, jantung, paru-paru, sampai kematian. Tahun 1997, standar ini terus dipertahankan namun dengan sedikit revisi untuk PM₁₀ yang dimaksudkan untuk mengatur "*inhalable coarse particles*" yang berkisar 2,5-10 μm . Tahun 2006, EPA merevisi standarnya dan memperketat standar PM_{2.5} 24-jam dari level 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ke 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan mempertahankan standar PM_{2.5} tahunan pada 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA, www.epa.gov/oar/particlepollution/basic.html, diakses 2 Desember 2011).

Tabel 2.2 Baku mutu partikulat yang ditetapkan oleh EPA (EPA, 2011)

National Ambient Air Quality Standards for Particle Pollution			
Polutan	Standar primer	Waktu rata-rata	Standar sekunder
Particulate Matter (PM ₁₀)	Dicabut	Tahunan	
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-jam	= std.primier
Particulate Matter (PM _{2.5})	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tahunan	= std.primier
	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-jam	= std. Primer

Di Indonesia, standar yang ditetapkan untuk udara ambien mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Udara. Standar 24-jam untuk partikulat ukuran PM_{2.5} ditetapkan pada 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan untuk standar tahunan, pemerintah menetapkan di angka 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (terlampir).

2.1.6 Metode Pengukuran Konsentrasi PM_{2.5}

2.1.6.1 Metode Sampling PM_{2.5}

Menurut lokasinya terdapat dua jenis sampling udara, yaitu personal sampling dan area sampling. Terdapat lima jenis peralatan *sampling head* untuk pengukuran *respirable dust* (<4µm) yang disesuaikan pada personal sampling maupun area sampling yaitu (Lestari, 2009):

1. *Cyclone*

Alat ini memisahkan partikulat besar dan kecil berdasarkan gaya sentrifugal. Udara yang masuk ke dalam cyclone berputar melalui suatu wadah berbentuk *cyclone*. Partikulat yang lebih besar menumbuk sisi samping dari wadah tersebut sehingga partikulat tersebut kehilangan momentumnya dan jatuh terdeposit ke dalam bagian bawah dari wadah yang disebut "*grit pod*". Partikulat yang lebih kecil tetap berada pada aliran udara dan terdeposit pada filter yang terdapat dalam filter kaset. Orientasi (letak arah) dari alat ini tidak menjadi begitu penting karena alat ini menggunakan konsep pemisahan partikulat berdasarkan gaya sentrifugal daripada gaya gravitasi. Oleh karena itu, pergerakan pekerja tidak terlalu berpengaruh pada hasil pengukuran.

2. *Polyurethane foam (PUF) filter*

Filter jenis ini mulai digunakan untuk sampling *respirable* dan *thoracic dust*. Jenis ini menggunakan *polyurethane filter* yang disisipkan pada *sampling heads* IOM maupun *conical*. Filter yang digunakan terdapat dua jenis, yaitu filter *respirable sampling* terbuat dari jenis PUF, dan filter biasa. Filter dari jenis PUF mempunyai pori-pori yang dapat dilalui partikulat yang lebih besar ukurannya dari *respirable dust*, sehingga partikulat lainnya akan terdeposit pada filter yang biasa. Setelah sampling selesai, kedua filter tersebut ditimbang, sehingga dapat diketahui konsentrasi debu *respirable* dan *total inhalable dust*.

3. *Horizontal parallel plate elutriator*

Udara dilewatkan sejumlah lempengan logam yang diletakkan secara horizontal. partikulat di udara akan terdeposit dengan gaya gravitasi (sedimentasi). Partikulat yang berdiameter besar akan terjatuh terlebih dahulu, dan kecepatan partikulat jatuh (*particle falling speed*) sebanding

dengan diameter aerodinamik partikulat tersebut, yang kemudian partikulat ini akan terdeposit pada lempengan. Partikulat yang lebih besar akan terjatuh secara lambat dan tersuspensi melalui elutriator, sehingga dapat tertangkap pada filter. Karakteristik pengumpulan mengandalkan gaya gravitasi, sehingga orientasi peralatan menjadi penting, dan harus dijaga tetap pada posisi horizontal, sehingga hanya dapat digunakan untuk sampling statik.

4. *Impactors*

Prinsip dasar dari impaktor adalah berdasarkan tumbukan antara partikulat dengan permukaan datar (*flat surface*). Jika partikulat yang berada di udara dengan kecepatan tinggi menumbuk permukaan datar pada sudut 90° , akan terjadi perubahan cepat pada momentum dan arah partikulat di sekitar lempengan sehingga partikulat akan terpisah dari udara. Derajat partikulat yang terpisah bergantung dari diameter aerodinamiknya. Semakin besar partikulat, makin besar kecenderungan untuk bergerak pada arah asalnya dan makin besar kemungkinan partikulat tersebut akan terpisah dari aliran udara. Kecepatan udara juga akan memengaruhi ukuran partikulat yang akan terpisah dari aliran udara. Semakin cepat pergerakan udara, semakin kecil ukuran partikulat yang akan bertumbukan pada permukaan datar. Single stage impactor digunakan untuk sampling Diesel Particulate Matter (DPM). Cascade impactor umumnya digunakan untuk sampling personal, salah satu contohnya RespiCon sampler yang memiliki dua lapisan *impactor* sehingga debu yang terkumpul dapat dikelompokkan menjadi fraksi *inhalable*, *thoracic*, dan *respirable*.

5. CIP10

Peralatan ini dikembangkan oleh organisasi Prancis INERIS (Institut National de Recherche et de Securite). Udara dilewatkan pada laju aliran 10 l/menit dengan adanya rotasi pada *filter polyurethane foam*. Foam ini bertindak sebagai pre-selektor untuk partikulat yang ada di udara sehingga fraksi yang tertentu dapat dikumpulkan pada foam berikutnya yang terdapat pada filter kaset. Berbagai jenis perangkat tersedia yang dapat digunakan untuk membedakan debu *respirable*, *thoracic*, dan *inhalable*.

2.1.6.2 Metode Penempatan Peralatan Sampling PM_{2.5}

Penentuan lokasi pengambilan sampel PM_{2.5} mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional. SNI yang digunakan untuk sampling PM_{2.5} udara ambien antara lain SNI 19-7119.6-2005 tentang Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien dan SNI 19-7119.9-2005 tentang Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara *roadside*. (terlampir)

2.1.6.3 Metode Analisis Sampel PM_{2.5}

Sampel partikulat yang telah terdeposit pada filter, selanjutnya dapat melalui tahapan berikut (Lestari, 2009):

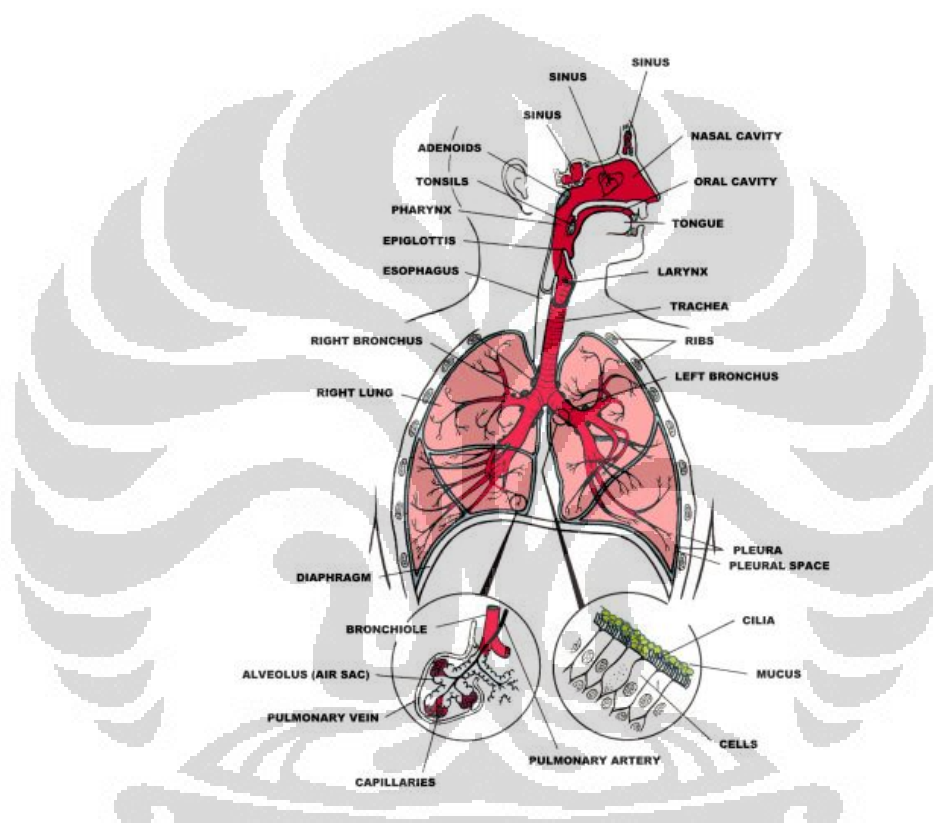
1. Analisis langsung (*direct analysis*): partikulat pada filter langsung dianalisis tanpa preparasi terlebih dahulu misalnya dengan cara gravimetri (penimbangan bobot partikulat) dan pemeriksaan dengan mikroskop.
2. Ekstraksi: logam yang terdapat pada partikulat harus diekstraksi terlebih dahulu untuk memisahkan logam dengan senyawaan organik lainnya. Setelah diekstraksi, logam tersebut kemudian dianalisis di laboratorium misalnya dengan teknik spektroskopi.

Pada umumnya, metode gravimetri merupakan metode yang masih sering dipakai untuk mengetahui konsentrasi PM_{2.5}. Metode gravimetri digunakan untuk menentukan konsentrasi debu yang terdeposit pada filter. Berat debu ditentukan dengan menimbang filter sebelum dan setelah pengambilan sampel. Perbedaan antara filter sebelum dan setelah sampling merupakan bobot partikulat yang terkumpul. Volume udara sampel ditentukan dengan menghitung jumlah total waktu sampling (menit) dikali laju alir (Kelly, 2002 dalam Lestari, 2009). Berat debu yang telah ditimbang kemudian dibagi dengan volume udara untuk memberi konsentrasi rata-rata selama periode pengambilan sampel (Lestari, 2009).

Pengukuran juga dapat dilakukan dengan pembacaan langsung menggunakan *software* komputer dengan memasukkan data dari alat pengukur, misalnya pada alat Dusttrak. Hasil PM_{2.5} berupa grafik, konsentrasi rata-rata, maksimum-minimum, nilai yang paling banyak muncul, dilengkapi konsentrasi PM_{2.5} selama *real-time* pengukuran.

2.2 Anatomi dan Fisiologi Fungsi Paru

Paru-paru adalah organ berbentuk spons yang terdapat di dada. Paru-paru kanan memiliki 3 lobus, sedangkan paru-paru kiri memiliki 2 lobus. Paru-paru manusia sebelah kiri bentuknya lebih kecil daripada bagian yang kanan karena jantung membutuhkan ruang lebih pada sisi tubuh bagian kiri. Paru-paru dilindungi oleh lapisan yang disebut pleura dan memungkinkan untuk bergerak saat bernapas.



Gambar 2.4 Sistem pernapasan pada manusia (www.lung.ca)

Tujuan dari pernapasan adalah untuk menyediakan oksigen bagi jaringan dan membuang karbon dioksida. Untuk mencapai tujuan ini, pernapasan dapat dibagi menjadi 4 fungsi utama (Guyton et.al, 2008):

1. Ventilasi paru, yang berarti masuk dan keluarnya udara antara atmosfer dan alveoli paru
2. Difusi oksigen dan karbon dioksida antara alveoli dan darah
3. Pengangkutan oksigen dan karbon dioksida dalam darah dan cairan tubuh ke dan dari sel jaringan tubuh

4. Pengaturan ventilasi dan hal-hal lain dari pernapasan

Proses ventilasi melibatkan beberapa organ tubuh yang sangat penting dalam pernapasan. Organ tersebut adalah hidung, farung, laring, trakea, bronkus, bronkiolus, alveolus, dan paru. Udara yang masuk dari atmosfer ke dalam rongga hidung mengalami tiga proses penting yaitu menyaring (filtrasi), yakni partikel-partikel yang ada dalam udara pernapasan akan disaring oleh silia khususnya partikel-partikel yang berdiameter $>2\text{mm}$, menghangatkan (*heating*), dilakukan oleh pembuluh darah yang ada di lapisan mukosa hidung terhadap udara yang kering dengan tujuan agar tidak mengiritasi saluran pernapasan, dan melembabkan (*humidifikasi*) (Asmadi, 2008).

Setelah melewati cavum nasal (rongga hidung) kemudian udara menuju ke faring, laring, trakea. Trakea bercabang menjadi bronkus kanan dan bronkus kiri, tempat percabangannya disebut karina. Karina banyak mengandung saraf serta dapat menimbulkan bronkospasme hebat dan batuk bila saraf-saraf tersebut terangsang. Bronkus bercabang lagi menjadi segmen lobus kemudian menjadi bronkiolus. Percabangan yang terkecil dinamakan bronkiolus terminalis yang tidak mengandung alveolus. Di luar bronkiolus terminalis terdapat asinus yang merupakan unit fungsional dari paru-paru yang terdiri atas bronkiolus respiratorius, duktus alveoli, dan saku alveoli terminalis. Duktus alveoli menyerupai buah anggur dan merupakan cabang dari bronkiolus respiratorius. Saku alveolus mengandung alveolus yang merupakan unit fungsional paru sebagai tempat pertukaran gas. Antara alveolus satu dengan yang lain dipisahkan oleh dinding tipis atau septa. Pada septa ini terdapat lubang-lubang kecil yang disebut pori-pori Kohn (Asmadi, 2008).

Efektivitas mekanisme ventilasi paru-paru dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Asmadi, 2008):

1. Konsentrasi oksigen atmosfer

Konsentrasi oksigen atmosfer di dataran tinggi lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi oksigen di bawah permukaan laut. Kurangnya

konsentrasi oksigen di dalam tubuh seseorang akan memunculkan tanda-tanda hipoksia.

2. Kondisi jalan napas

Kondisi jalan napas sangat menentukan efektivitas ventilasi. Jalan napas yang tidak paten dapat menyebabkan mekanisme ventilasi menjadi tidak efektif. Penyebab ketidakpatenan jalan napas dapat disebabkan oleh obstruksi mekanik seperti benda asing pada trakheobronkial, mukus yang tertahan, lidah yang menutupi jalan napas, dan reaksi alergi yang menyebabkan bronkospasme seperti pada asma.

3. Kemampuan *compliance* dan *recoil* paru-paru

Kemampuan paru-paru mengembang disebut *compliance*. Kembalinya paru-paru ke posisi semula setelah *compliance* disebut *recoil*. Kemampuan ini bisa tidak sempurna disebabkan kerusakan jaringan paru seperti edema, tumor, parase/paralise, serta kifosis.

4. Pengaturan pernapasan

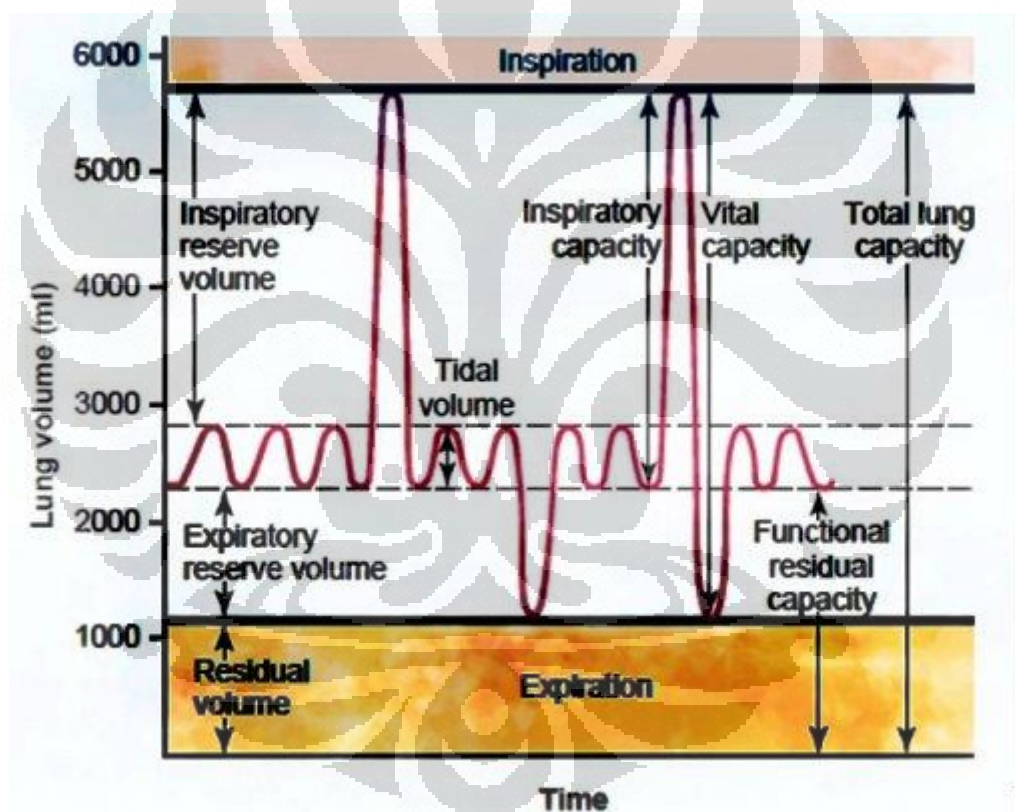
Banyak sedikitnya oksigen yang masuk dan karbondioksida yang keluar dari paru-paru dalam proses ventilasi dipengaruhi pula oleh irama, kedalaman, dan frekuensi pernapasan. Irama yang teratur menyebabkan keseimbangan antara oksigen yang masuk dan karbondioksida yang keluar, kedalaman mengindikasikan inspirasi paru-paru, dan frekuensi merupakan jumlah *compliance* dan *recoil* paru-paru dalam satu menit.

2.2.1 Volume dan Kapasitas Paru

Pada gambar di bawah ditunjukkan empat jenis volume paru, bila semuanya dijumlahkan, sama dengan volume maksimal paru yang mengembang. Volume ini disebut pula sebagai volume statis. Arti dari masing-masing volume ini adalah sebagai berikut (Guyton, 2008 dan Graber et.al, 2006):

1. **TV.** Volume tidal (*tidal volume*) adalah volume udara yang diinspirasi atau diekspirasi setiap kali bernapas normal. Besarnya kira-kira 500 mililiter pada laki-laki dewasa.

2. **IRV.** Volume cadangan inspirasi (*inspiratory reserve volume*) adalah volume tambahan yang dapat diinspirasi dengan usaha maksimum setelah inspirasi normal. Biasanya mencapai 3000 mililiter. (Kapasitas inspirasi-volume tidal).
3. **IC.** Kapasitas inspirasi (*inspiratory capacity*) adalah volume udara ekstra maksimal yang dapat diekspirasi melalui ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi tidal normalnya adalah sekitar 1100 mililiter. (IRV + TV).
4. **RV.** Volume Residu (*residual volume*) adalah volume yang tertinggal dalam paru-paru setelah ekspirasi maksimal. Volume ini besarnya kira-kira 1200 mililiter.



Gambar 2.5. Peristiwa pernapasan selama bernapas normal, inspirasi maksimal, dan ekspirasi maksimal (Guyton, 2008)

Selain itu ada pula volume cadangan ekspirasi (*expiratory reserve volume-ERV*). **ERV** adalah volume tambahan yang dapat diekspirasikan dengan usaha maksimum setelah eskpirasi normal (kira-kira 25% VC) (Graber et. al, 2006).

Untuk menguraikan peristiwa-peristiwa dalam siklus paru, kadang-kadang perlu menyatukan dua atau lebih volume diatas. Kombinasi ini disebut sebagai kapasitas paru. (Guyton, 2008 dan Graber et.al, 2006):

1. **FRC.** Kapasitas residu fungsional/KR (*functional residual capacity*) sama dengan volume cadangan ekspirasi ditambah volume residu. Ini adalah cadangan jumlah udara yang tersisa dalam paru pada akhir respirasi normal (kira-kira 2300 mililiter).
2. **IC.** Kapasitas inspirasi/KI (*inspiratory capacity*) sama dengan volume tidal ditambah volume cadangan inspirasi. Ini adalah jumlah udara (kira-kira 3500 mililiter) yang dapat dihirup seseorang, dimulai pada tingkat ekspirasi normal dan pengembangan paru sampai jumlah maksimum.
3. **VC.** Kapasitas vital/KV (*vital capacity*) sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya (kira-kira 4600 mililiter)
4. **TLC.** Kapasitas paru total/KPT (*total lung capacity*) adalah volume maksimum yang dapat mengembangkan paru sebesar mungkin dengan inspirasi sekuat mungkin (kira-kira 5800 mililiter). Jumlah ini sama dengan kapasitas vital ditambah volume residu.

Volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 20 sampai 25 persen lebih kecil daripada pria, dan lebih besar lagi pada atletis dan bertubuh besar. Selain volume statis, terdapat pula volume dinamis yang penting dalam menentukan ada/tidaknya gangguan fungsi paru. Volume dinamis antara lain (Ikawati, 2009 dan Graber, et. al, 2006):

1. **FVC.** Kapasitas vital paksa (*forced vital capacity*) adalah volume udara maksimum yang dapat diekspirasikan dengan paksa setelah inspirasi maksimum. Umumnya dicapai dalam 3 detik dengan volume 4 liter.
2. **FEV₁.** Volume ekspirasi maksimum (*forced expired volume*) adalah volume udara yang diekspirasikan selama detik pertama manuver FVC. Volume normal adalah 3,2 liter.

3. **FEF 25%-75%**. Aliran ekspirasi paksa (*forced expiratory flow*) kurang tergantung pada usaha. Lebih tergantung pada daya kembang jalan napas. Normal = 2 sampai 4 L/detik. FEF lebih cepat menjadi abnormal pada penyakit destruktif dibanding FEV₁.

2.3 Gangguan Fungsi Paru

Dalam waktu 24 jam, paru-paru memberikan oksigen kepada lebih dari 6000 liter darah dengan lebih dari 12000 liter udara di dalam paru-paru (Swartz, 1995). Penyakit paru timbul apabila paru-paru tidak dapat memberikan oksigenasi atau mengeluarkan karbon dioksida secara memadai. Setiap gangguan fungsi ini menunjukkan fungsi respirasi abnormal.

Ada tidaknya gangguan pada fungsi paru dapat dinilai dengan uji fungsi paru yang dapat melihat adakah gambaran restriktif, obstruktif, atau campuran keduanya. Baik restriktif atau obstruktif, sebagian besar bentuk penyakit pernapasan menyebabkan perubahan pada volume paru dan bagian-bagiannya. Penyakit restriktif secara khas menurunkan kapasitas paru (KPT) begitu pula dengan kapasitas vital (KV). Sedangkan penyakit obstruktif menyebabkan gas terperangkap dan dengan demikian menaikkan volume residu dan fungsi kapasitas residu (KR, volume yang terkandung di dalam paru-paru pada akhir ekspirasi tidal) (Behrman et.al, 2000).

Penyakit paru obstruktif kronik (COPD) dan penyakit paru restriktif adalah dua kategori utama dari penyakit saluran pernapasan bawah. COPD disebabkan oleh obstruksi saluran napas karena meningkatnya tahanan aliran udara ke jaringan paru. COPD utama antara lain, asma, bronkitis kronik, emfisema, dan bronkiectasis. Sedangkan edema pulmonar, fibrosis pulmonar, pneumotitis, tumor paru, kelainan vertebra toraks (skoliosis), dan gangguan yang menyerang otot dinding toraks seperti miastenia gravis adalah tipe dan penyebab dari penyakit pulmonar restriktif (Kee dan Hayes, 1996).

2.3.1 Mekanisme Terjadinya Gangguan Fungsi Paru oleh PM_{2.5}

Mekanisme berikut menjelaskan bagaimana PM_{2.5} dapat mempengaruhi kesehatan manusia (Brunekreef dan Holgate, 2002; COMEAP, 2006 dalam Lazaridis dan Colbeck, 2010; Fortoul, dkk., 2011):

1. Partikulat terdeposit pada dinding saluran pernapasan dan berinteraksi pada sel-sel epitel di dinding saluran pernapasan.
2. Respon ini membebaskan beragam faktor pro-inflamatory, pro-fibrotic, dan mitogenic yakni TGF β , IL β -1, IL3, IL4, IL5, IL6, dan IL8.
3. Ketiga faktor diatas merangsang terjadinya pro-inflamasi pada sel-sel epitel paru-paru dan meningkatkan permeabilitas sel endothel oleh karena pengaktifan makrofag, CD8+ Limfosit, dan neutofil.
4. Pada saat yang sama, terjadi peningkatan aktivitas sel goblet (mukus metaplasia) dan hiperplasia pada kelenjar submukosa. Produksi mukus yang meningkat ini memperlemah pembersihan partikulat (*mucociliary clearance*) dari paru.
5. Pro-inflamasi kemudian menyebabkan kerusakan akut pada jaringan dan respon perbaikan organ. Siklus kerusakan dan perbaikan jaringan yang terjadi terus-menerus menyebabkan terjadinya inflamasi pada saluran pernapasan.
6. Meningkatnya permeabilitas endothel oleh karena efek makrofag, CD8+ limfosit, dan neutrofil, mengakibatkan dibebaskannya *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan faktor inflamasi yang lebih banyak lagi, sehingga pada pajanan kronis, inflamasi yang terjadi terus-menerus akan menyebabkan remodeling pada saluran pernapasan.
7. Perubahan bentuk pada saluran pernapasan akan menyebabkan perubahan kemampuan *compliance* (menarik) dan *recoil* (membuang) udara pada paru-paru yang sangat berhubungan dengan penurunan kapasitas paru.
8. Penurunan kapasitas paru dapat menyebabkan udara terjebak atau terperangkap pada alveoli sehingga menyebabkan destruksi atau gangguan fungsi paru.

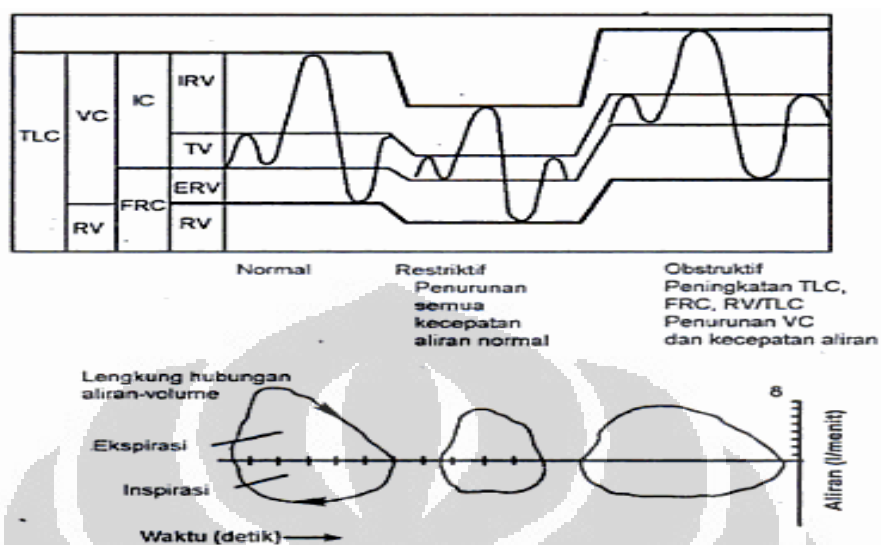
2.3.2 Diagnosis dan Pemeriksaan Fungsi Paru (Spirometri)

Uji fungsi paru atau *Lung Function test* atau disebut juga *Pulmonary function test*, digunakan untuk mengevaluasi kemampuan paru. Pemeriksaan fungsi paru berguna untuk menentukan adanya gangguan dan derajat gangguan fungsi paru. Yang digolongkan sebagai uji faal paru salah satunya adalah uji spirometri. Pemerikasannya sederhana, tidak rumit, tidak bersifat invasif, dan dilakukan dengan indikasi (Djojodibroto, 2009): Pemeriksaan kesehatan berkala (*occupational health*, penyakit paru obstruktif, penyakit paru restriktif, *follow up* penyakit, pada perokok, mengevaluasi *disability*, evaluasi pembedah, penyakit paru pekerja (*occupational surveys*), dan mengevaluasi respon saluran pernapasan terhadap bronkodilator dan kortikosteroid.

Spirometer merekam secara grafis atau volume digital ekspresi kuat dan kapasitas vital kuat. Spirometri standar harus bisa memeriksa kemampuan aliran udara VC, TV, FVC, FEV1, dan volume ventilasi maksimal (MVV). FVC hampir mirip dengan kapasitas vital tetapi pada obstruksi jalan napas FVC dapat berkurang karena adanya perangkap udara (*air trapping*) yang diakibatkan penutupan jalan napas yang prematur. Biasanya diambil yang terbaik dari tiga kali rekaman dan dihitung rasio dari FEV1 atau FVC dalam persentase. Pada dewasa muda yang sehat nilai normalnya adalah 80% tetapi nilai ini dapat menuru sampai 60% pada orang tua. Nilai normal juga bervariasi bergantung pada jenis kelamin (Muttaqin, 2008).

Ada beberapa macam spirometer, antara lain *water sealed spirometer*, *bellow spirometer*, dan *electronic spirometer*. Hasil pemeriksaan spirometri berupa gambar langsung dari pena pada *kymograph* disebut *spirogram*, sedangkan gambar yang diperoleh dari *office-spirometer* sebagai hasil dari *pneumotach* disebut diagram. Hasil dari nilai spirogram dan diagram ekspiratori tergantung upaya pasien yang diperiksa (*effort dependent*) sehingga diperlukan latihan yang benar bagi pasien agar didapat hasil pemeriksaan yang akurat. Hasilnya harus dapat diulang (*repeatable*) dengan akurasi tidak kurang dari 3%. Ventilatory performance untuk setiap individu sangat bervariasi nilainya tergantung pada

ukuran tubuh (tinggi dan berat badan), umur serta jenis kelamin. (Djojodibroto, 2009).



Gambar 2.6. Uji fungsi paru (Graber et.al, 2006)

1. Normal

Nilai volume dan kapasitas paru pada orang normal sekitar 20% dari yang diramalkan. Nilai akan berubah sesuai posisi, usia, jenis kelamin, tinggi badan, kerja, dan ketinggian (Graber et. al, 2006). Nilai FVC atau FEV1 sebesar 80% atau melebihi nilai yang diperkirakan biasanya dianggap normal. Rasio normal FEV1 terhadap FVC yakni antara 70-75% (Jeyaratnam dan Koh, 2009).

2. Obstruktif

Pada orang yang mengalami obstruktif pernapasan, jalan napas yang menyempit akan mengurangi volume udara yang dapat dihembuskan pada satu detik pertama ekspirasi. FVC hanya dapat dicapai setelah ekshalasi yang panjang. Rasio FEV1/FVC berkurang secara nyata. Ekspirasi diperlama dengan peningkatan perlahan pada kurva, dan plateau tidak tercapai sampai waktu 15 detik (Ikawati, 2009). FVC pada orang yang mengalami obstruktif, lebih kecil dibandingkan VC (Djojodibroto, 2009). Penyakit obstruktif pernapasan antara lain, emfisema, bronkitis kronik, dan asma. (Graber et.al, 2006).

3. Restriktif

FEV1 dan FVC menurun. Karena jalan napas tetap terbuka. Ekspirasi bisa cepat dan selesai dalam waktu 2-3 detik. Rasio FEV1/FVC tetap normal atau malah meningkat, tetapi volume udara yang terhirup dan terhembus lebih kecil dibandingkan normal (Ikawati, 2009). Penyakit restriktif antara lain, penyakit paru interstisial seperti sarkoidosis, penyakit lingkungan, pneumonia interstisial, gangguan jaringan penyangga, penyakit pembuluh darah paru serta gangguan mekanika ventilasi (gangguan penghambatan) antar lain akibat obesitas, kifoskoliosis, status pasca bedah, paralisis, asites, pleuritis dan efusi pleura. (Graber et.al, 2006)

4. *Mixed*

Ekspirasi diperlama dengan peningkatan kurva perlahan mencapai plateau. Kapasitas vital berkurang signifikan dibandingkan gangguan obstruktif. Pola campuran ini, jika tidak terlalu parah, sulit dibedakan dengan pola obstruktif (Ikawati, 2009).

Tabel 2.3. Nilai FEV1, FVC, dan rasio FEV1/FVC pada pola normal, obstruktif, dan restriktif (Waldron, 2007)

	Normal	Obstruktif	Restriktif
FVC	>80% (<i>predicted</i>)	>80% (<i>predicted</i>)	<80% (<i>predicted</i>)
FEV1	>80% (<i>predicted</i>)	<80% (<i>predicted</i>)	<80% (<i>predicted</i>)
FEV1/FVC	>70%	<70%	>70% (<i>or high</i>)

2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Paru

Nilai kapasitas paru pada manusia dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor dibawah ini yakni:

1. Usia

Perkembangan sistem pernapasan dimulai pada minggu ke-4 kehamilan. Pada akhir minggu ke-7 kehamilan, paru-paru sudah selesai berkembang namun kematangannya berlanjut selama pra dan postnatal. 80% jaringan alveolar

mengakhiri perkembangannya sampai masa remaja akhir, usia 18 tahun pada perempuan dan 20 tahun pada laki-laki (Fortoul, 2011; Gauderman, dkk., 2004). Dalam waktu yang begitu panjang ini paru-paru kerap mengalami kerusakan dan memodifikasi perkembangannya, yang kemudian meningkatkan risiko berkembangnya penyakit paru saat memasuki masa dewasa, misalnya restriksi atau penurunan fungsi paru (Rojas-Martinez, dkk., 2007). Bertambahnya umur seseorang kemudian mengakibatkan frekuensi pernapasan menjadi semakin lambat. Pada usia lanjut yakni 60 tahun ke atas, energi yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan pada saat usia pertumbuhan, sehingga oksigen yang diperlukan relatif sedikit (Aryulina, dkk., 2006). Di usia lanjut terjadi beberapa perubahan struktural dan fungsional pada toraks dan paru-paru. Pada usia tersebut, ditemukan alveoli menjadi kurang elastis dan lebih berserabut serta berisi kapiler-kapiler yang kurang berfungsi, sehingga kapasitas penggunaan menurun karena kapasitas difusi paru-paru untuk oksigen tidak dapat memenuhi permintaan tubuh (Maryam, 2008). Usia lanjut berhubungan dengan pengurangan volume paru-paru, volume ekspirasi paksa (FEV), dan kecepatan aliran, serta elastisitas paru-paru (Sabiston, 1995).

2. Jenis kelamin : Pada umumnya, laki-laki banyak membutuhkan energi lebih besar. Oleh karena itu, laki-laki memerlukan oksigen yang lebih banyak daripada perempuan (Aryulina, dkk., 2006). Pada seorang laki-laki, kebutuhan oksigen normal sebesar 4-5 liter dan pada seorang perempuan, 3-4 liter (Pearce, 2009). Arus ekspirasi lebih besar pada laki-laki dan sebanding dengan kapasitas total paru-parunya (Hibbert, dkk., 1995).
3. Kebiasaan merokok : Merokok sangat mempengaruhi pembersihan mukosiliaris saluran pernapasan serta membentuk sekresi yang lebih kental dan lengket (Sabiston, 1995). Merokok menyebabkan lebih dari 4000 zat kimia berefek langsung pada sistem pernapasan sehingga perokok akan mengalami batuk kronis, peningkatan produksi sputum, dispnea, dan penurunan kapasitas paru (Andrew, 1998 dalam Carpenito, 2009).

4. Lama dan Masa Kerja : Gangguan fungsi paru akibat penurunan kapasitas paru yang timbul pada pekerja sangat bergantung pada lamanya pajanan dan banyaknya debu yang terhirup. Hal ini bergantung pada tiga hal yakni, kadar debu di dalam udara, jumlah kadar di udara dengan lamanya paparan berlangsung/dosis kumulatif, dan waktu tinggal (retensi) lamanya debu dalam paru-paru (WHO,1995).Penelitian pada penjaga pantai di Amerika menyebutkan bahwa dalam pajanan rendah $PM_{2.5}$ harian, ditemukan adanya hubungan dengan penurunan volume paru (Thaller, 2008). Di Denmark, Pajanan jangka panjang pada partikulat terhadap pekerja cat dapat mempercepat penurunan fungsi paru terkait usia seseorang (Christensen, 2008). Sedangkan penelitian lain di Indonesia yakni di lingkungan terminal Bus Induk Jawa Tengah menyebutkan 52,2% dari seluruh jumlah responden yang mengalami gangguan fungsi paru ternyata memiliki jam kerja diatas waktu standar 8jam dan 93,5% dari mereka memiliki masa kerja lebih dari 3 tahun, meskipun tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut (Soedjono, 2002).
5. Kehamilan (Henderson dan Jones, 2005): Volume cadangan ekspirasi menurun 8-40% dan volume residual menurun 7-22% selama masa kehamilan. Akibatnya, FRC (kapasitas residu fungsional) menurun 10-25% setelah bulan kelima atau keenam kehamilan. Karena iga-iga bawah mengembang, rangka iga melebar dan terjadi perubahan otot, kapasitas inspirasi meningkat. Kapasitas vital dan kapasitas paru total tidak banyak berubah. Volume tidal meningkat secara bermakna, dari 450 menjadi 600ml dan sebagian besar akibat peningkatan dorongan pernapasan dan pergeseran volume rangka iga. Meskipun demikian, kapasitas vital, kapasitas vital yang dipaksa, frekuensi aliran puncak, frekuensi aliran maksimal, dan indeks kecepatan juga tidak berubah selama masa kehamilan.
6. Status Gizi : Nutrisi yang kurang menyebabkan berat badan yang rendah. Berat badan rendah berhubungan dengan penurunan kekuatan otot respirasi dan peningkatan mortalitas (Brashers, 2007). Sedangkan obesitas atau berat badan

berlebih telah banyak dikaitkan dengan disfungsi paru. Menurut penelitian, lingkaran pinggang berhubungan negatif dengan FVC dan FEV₁. Hubungan ini konsisten sepanjang rentang umur >18 tahun, jenis kelamin, dan kategori BMI (Chen, dkk., 2007). Obesitas berhubungan dengan pengurangan kapasitas vital yang dapat menyebabkan penyakit paru restriktif (Sabiston, 1995). Obesitas memberikan beban tambahan pada thoraks dan abdomen berupa peregangan berlebihan. Otot-otot pernapasan bekerja lebih keras. Beban kerja pernapasan merupakan jumlah energi yang dibutuhkan dalam proses pernapasan. Jumlah energi diukur dengan banyaknya oksigen yang dikonsumsi oleh otot-otot pernapasan untuk tiap liter ventilasi. Semakin besar nilai indeks masa tubuh, kian berat kerja pernapasan yakni meningkat 60% dan pada obesitas berat 250%.

7. Tingkat pendidikan: Secara tidak langsung tingkat pendidikan mempengaruhi kapasitas paru lewat kualitas hidup. Menurut penelitian, kapasitas paru terendah didapatkan dari sampel dengan pendidikan primer (8 tahun). Pada usia dewasa muda dengan status sosial ekonomi yang rendah pada masa kecil, berdasarkan level pendidikan orangtuanya, tidak mencapai volume dan kapasitas paru mereka dengan status sosioekonomi yang lebih tinggi (Pavlica, dkk., 2010).

BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka Teori

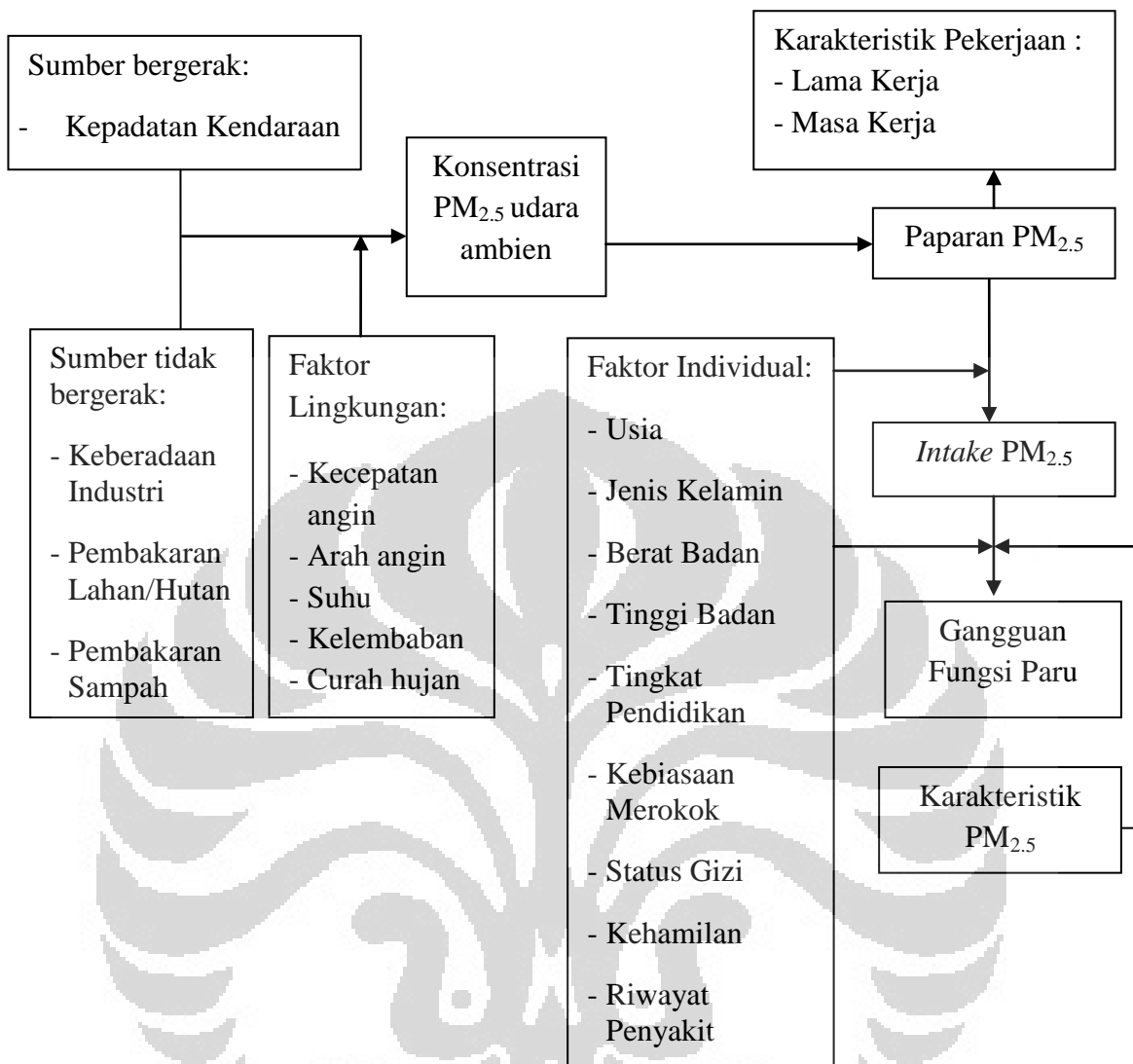
Konsentrasi $PM_{2.5}$ pada udara ambien dipengaruhi oleh keberadaan sumber-sumber pencemar baik sumber bergerak seperti kepadatan kendaraan maupun sumber tidak bergerak yakni keberadaan industri, pembakaran lahan atau hutan, dan pembakaran sampah (EPA, 2008). Adapun tinggi rendahnya konsentrasi $PM_{2.5}$ udara ambien di suatu wilayah kemudian ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan seperti curah hujan, suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin (Lestari, 2009).

Pengaruh $PM_{2.5}$ terhadap kesehatan kemudian ditentukan dari konsentrasi paparan $PM_{2.5}$ pada tiap-tiap individu dalam populasi. Tinggi rendahnya konsentrasi $PM_{2.5}$ yang terpapar pada tiap individu sangat dipengaruhi oleh aktivitas yang dilakukannya seperti jenis pekerjaan, jam, serta tahun yang dihabiskan seseorang di wilayah tersebut (WHO, 1995). Beberapa jenis pekerjaan membuka ruang yang besar bagi pekerja untuk terpapar $PM_{2.5}$. Semakin dekat seseorang dengan sumber-sumber pencemar serta semakin lama waktu yang dihabiskannya pada area tersebut, maka semakin besar pula kemungkinannya untuk terpapar partikulat ($PM_{2.5}$) dalam konsentrasi yang tinggi (Thaller, 2008; Christensen, 2008). Dalam hal ini, jenis pekerjaan biasanya juga berhubungan dengan tingkat pendidikan (Pavlica, dkk., 2010).

Konsentrasi $PM_{2.5}$ yang terpapar kemudian masuk melalui mekanisme pernafasan ke paru-paru manusia. Jumlah *intake* $PM_{2.5}$ yang diperoleh seseorang berhubungan erat dengan faktor individu seperti umur, jenis kelamin, berat badan, waktu yang dihabiskan seseorang di daerah tersebut (jam/hari dan tahun), dan kehamilan. Umur dan jenis kelamin berhubungan dengan laju asupan udara (*air intake-rate*) per hari dimana laki-laki memiliki kemampuan menghirup udara lebih

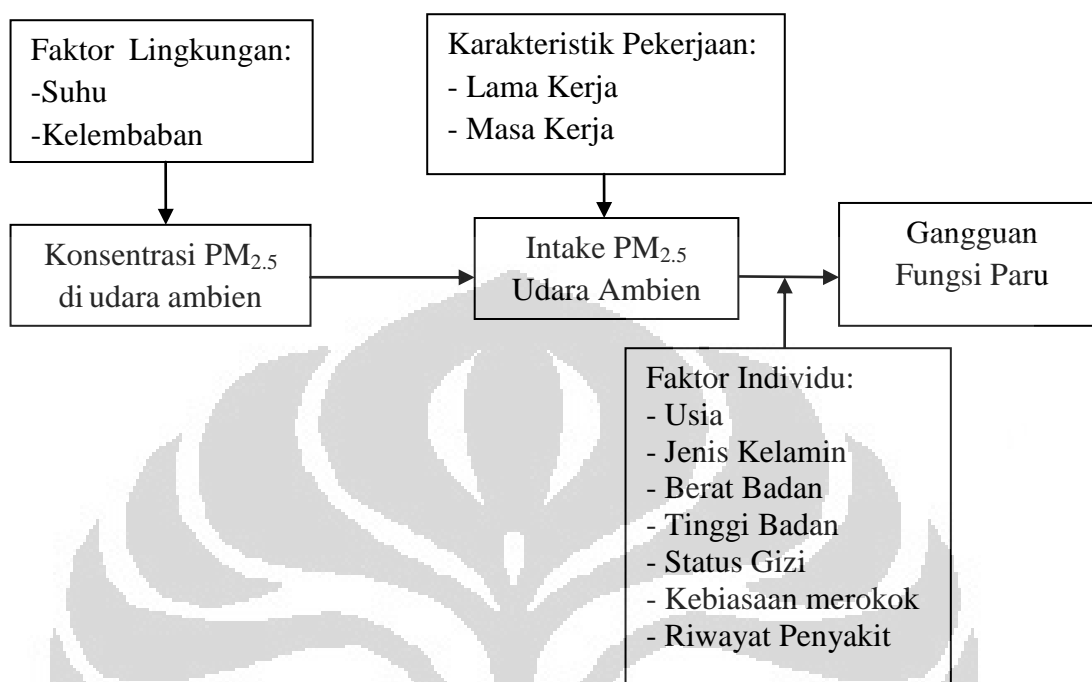
banyak daripada perempuan (CDC, 2005; Aryulina, dkk., 2006) sedangkan kehamilan dapat meningkatkan kapasitas inspirasi (Henderson dan Jones, 2005).

PM_{2.5} yang terhirup kemudian berinteraksi dengan dinding-dinding saluran pernafasan sehingga memberikan respon inflamasi, menurunkan permeabilitas sel-sel endothel, serta produksi mukus berlebih. Jika proses ini terjadi terus-menerus maka model saluran pernafasan akan berubah, menyebabkan kapasitas paru berkurang, udara terjebak di alveoli, dan mengakibatkan destruksi/gangguan fungsi paru (Fortoul, dkk., 2001). Seberapa jauh mekanisme ini terjadi, tergantung pada karakteristik partikulat (PM_{2.5}) yakni komposisi kimia yang dikandungnya. Status gizi, kebiasaan merokok, dan riwayat penyakit menjadi variabel perancu terhadap kejadian gangguan fungsi paru akibat PM_{2.5} udara ambien. Hal ini dikarenakan, status gizi kurang atau berlebih secara biologis dapat langsung memperberat kerja paru (Sabiston, 1995; Brashers, 2007), pembakaran rokok dapat menghasilkan PM_{2.5} sekaligus memasukkan zat-zat kimia berbahaya ke dalam paru-paru (Sabiston 1995), sedangkan riwayat penyakit seperti TBC, bronkitis, asma, alergi, emfisema juga menandakan sudah adanya penurunan fungsi paru akibat genetik maupun pajanan agen-agen lain selain PM_{2.5}.



(EPA, 2008; WHO, 1995; CDC, 2005; Maryam, 2008; Sabiston, 1995; Aryulina, dkk., 2006; Brashers, 2007; Thaller, 2008; Christensen, 2008; Henderson dan Jones, 2005; Sabiston, 1995; Pavlica dkk, 2010; Fortoul, 2011; Lestari, 2009)

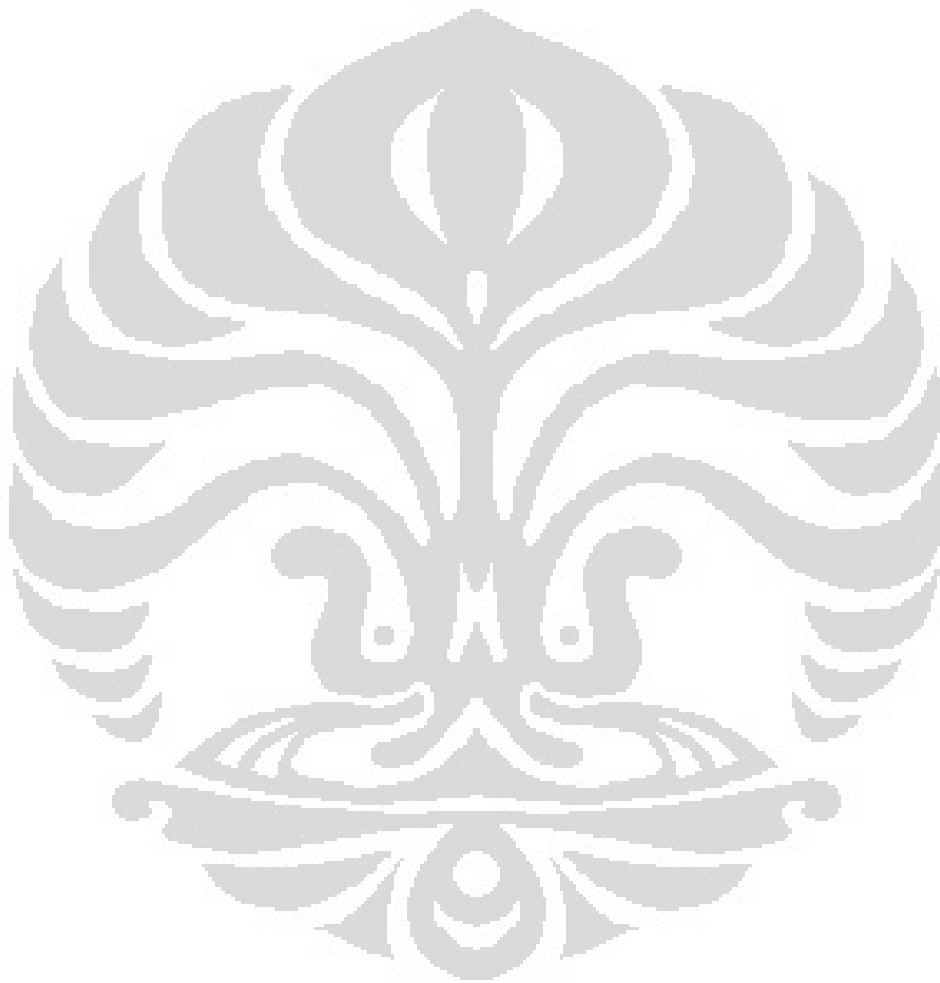
3.2 Kerangka Konsep



Berdasarkan kerangka teoritis diatas, untuk penelitian ini dibuat kerangka konsep penelitian yang dibatasi hanya pada beberapa faktor seperti yang tampak pada diagram diatas. Beberapa variabel yang tidak diteliti seperti sumber tetap (pembakaran lahan, pembakaran sampah, dan keberadaan industri), dikarenakan sangat jarang ditemui aktivitas demikian di sekitar wilayah terminal. Sedangkan untuk variabel *intake* PM_{2.5}, ditentukan dari konsentrasi PM_{2.5} ambien diterminal. Hal ini dikarenakan biaya, waktu, dan jumlah alat yakni *personal sampler* yang dibutuhkan untuk mengukur variabel *intake* cukup besar.

Pada penelitian ini, peneliti mengambil PM_{2.5} terhirup dari udara ambien sebagai variabel independen utama. Alasan peneliti mengambil variabel PM_{2.5} ambien dikarenakan potensi tercemarnya udara terminal oleh PM_{2.5} yang tinggi oleh proses bahan bakar kendaraan dan karena sifat PM_{2.5} yang dapat melayang dalam waktu lama serta dampaknya yang mampu masuk ke bagian paling dalam di saluran pernafasan (alveolus) (Lestari, 2009; NYDH, 2011; WHO, 2004). Variabel lain meliputi variabel karakteristik individu (usia, jenis kelamin, tinggi badan, status gizi,

kebiasaan merokok, riwayat penyakit); dan variabel karakteristik pekerjaan (lama kerja dan masa kerja). Adapun variabel dependen atau terikat pada penelitian ini adalah gangguan fungsi paru.



3.3 Definisi Operasional

Untuk memudahkan pengukuran variabel-variabel dan kerangka konsep, maka ditetapkan definisi operasional :

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Satuan	Skala Ukur
Konsentrasi PM _{2.5} udara ambien	Jumlah PM _{2.5} yang terdapat pada udara bebas lingkungan terminal	Uji PM _{2.5} ambien	Dustrak II Aerosol Monitor Model 8350	Rata-rata konsentrasi PM _{2.5} udara bebas (24 jam)	µg/Nm ³	Rasio
<i>Intake</i> PM _{2.5}	Konsentrasi debu PM _{2.5} yang terhirup	<i>Exposure Assessment</i>	Persamaan <i>Intake</i>	Data asupan PM _{2.5} perseorangan (µg/Nm ³) = $Intake = \frac{CxRxt_{Ex}f_{Ex}D_t}{W_{Bxt_{avg}}}$ (Louvar dan Louvar, 1998) ≤ RfC (0,009mg/kg/hari) (0) >RfC (0,009mg/kg/hari) (1)	mg/kg/hari	Rasio & Ordinal
Gangguan Fungsi Paru	Kondisi dimana paru-paru tidak dapat memberikan oksigenasi atau mengeluarkan karbon dioksida	Uji Kapasitas Paru / Spirometri	Spirometer Portable (<i>Spiro Analyzer AS-505 Minato</i>)	Nilai kapasitas fungsi paru kaitannya dengan gangguan fungsi paru: Tidak ada gangguan : normal (0) FVC >80% dan FEV ₁ >80% dengan FEV ₁ /FVC >70%	-	Ordinal

	secara memadai dengan gambaran paru restriktif, obstruktif, atau campuran keduanya (Swartz, 1995; Kliegman, et.al., 2000)		<i>Japan)</i>	Ada gangguan fungsi paru (1) FEV ₁ /FVC <70% atau FVC <80% dengan FEV ₁ /FVC >70% (Waldron, 2007; Lam, 2010)		
Riwayat Penyakit	Kondisi pernah atau sedang mengalami satu atau lebih dari penyakit berikut antara lain, asma, alergi, TBC, bronkitis, dan emfisema.	Wawancara	Kuesioner	Tidak Ada (0) Ada (1)	-	Ordinal
Perubahan Bernafas	Penilaian subjektif oleh responden mengenai ada tidaknya perubahan dalam pola bernafas	Wawancara	Kuesioner	Tidak Ada (0) Ada (0)	-	

	yang dirasakan responden sebelum dan sesudah bekerja di terminal					
Umur	Umur responden pada saat wawancara dibuktikan dengan Kartu Tanda Penduduk dalam satuan tahun	Wawancara	Kuesioner	Umur responden yang dinyatakan dalam tahun dan dibuat numerik	tahun	Rasio
Status Gizi	Keadaan tubuh sebagai akibat kecukupan konsumsi zat gizi yang dilihat dari Indeks Masa Tubuh	Perhitungan $IMT = \frac{\text{Berat badan (Kg)}}{(\text{Tinggi Badan (m)})^2}$	Timbangan dan Metline	a. $<18,5$ = gizi kurang b. $18,5-24,99$ = gizi baik c. $\geq 25,0$ = gizi lebih (WHO) Normal = b (0) Tidak Normal = a dan c (1)	-	Ordinal
Lama Kerja	Lama berdagang yang dinyatakan dalam jam di Terminal Depok	Wawancara	Kuesioner	Lama Kerja yang dinyatakan dalam jam dan dibuat numerik	Jam	Rasio

	dalam satu hari					
Masa Kerja	Lamanya responden telah bekerja sebagai pedagang di Terminal Depok dalam tahun	Wawancara	Kuesioner	Masa kerja yang dinyatakan dalam satuan tahun dan dibuat numerik	Tahun	Rasio
Berat badan	Berat badan responden yang terukur pada saat penelitian	Pengukuran antropometri	Timbangan Berat Badan	Berat badan yang dinyatakan dalam satuan kilogram dan dibuat numerik	kg	Rasio
Tinggi badan	Tinggi badan responden yang terukur pada saat penelitian	Pengukuran antropometri	Microtoise	Tinggi badan yang dinyatakan dalam satuan centimeter dan dibuat numerik	cm	Rasio
Jenis kelamin	Jenis kelamin responden yang dibuktikan dengan kartu identitas (KTP)	Wawancara	Kuesioner	Perempuan Laki-laki	-	Nominal
Kebiasaan	Kebiasaan merokok	Wawancara	Kuesioner	Tidak Merokok (0)	-	Ordinal

merokok	pada responden			Merokok (1)		
Jumlah Rokok yang dihisap	Rata-rata jumlah rokok yang biasanya dihisap dalam satu hari	Wawancara	Kuesioner	Jumlah rokok yang dihisap, dinyatakan dalam satuan batang, dan dibuat numerik	Batang	Rasio
Dosis Inhalasi PM _{2.5} Rokok	Jumlah estimasi PM _{2.5} yang dihirup oleh pedagang yaitu sebesar 12mg dikali jumlah batang rokok per hari yang dihisap (Pope, dkk., 2002)	Perhitungan	Kalkulator	Dosis inhalasi PM _{2.5} bersumber rokok yang dinyatakan dalam satuan miligram per hari dan dibuat numerik	mg/hari	Rasio

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian analitik observasional dengan pendekatan *cross sectional*. Pada desain penelitian *cross sectional* baik variabel bebas dan variabel terikat yakni gangguan fungsi paru diukur secara bersamaan. Alasan pemilihan jenis studi ini yaitu untuk melihat hubungan PM_{2.5} dengan gangguan fungsi paru pada pedagang terminal kota Depok. Desain penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan atau asosiasi tanpa melihat hubungan sebab-akibat.

4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Terminal Terpadu Kota Depok, Jl. Margonda Raya, Depok-Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Maret-Mei 2012.

4.3 Populasi dan Sampel

4.3.1 Populasi Penelitian

Populasi target dalam penelitian ini adalah seluruh pedagang di Terminal Terpadu Kota Depok. Definisi dari pedagang terminal adalah orang yang pekerjaan utamanya sebagai pedagang di terminal baik yang memiliki kios permanen, semi-permanen, lapak, dan gerobak dan pedagang dengan mobilitas tinggi maupun rendah. Populasi studi pada penelitian ini adalah seluruh pedagang tetap Terminal Depok yang memiliki kios permanen maupun semi permanen. Sedangkan sampel pada penelitian ini adalah sebagian dari populasi studi yang memenuhi kriteria inklusi.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah pedagang tetap terminal dengan kios permanen atau semi permanen, menetap, ketika berdagang di terminal tidak berpindah-pindah/ bergerak/memiliki mobilitas yang tinggi, serta

termasuk dalam kategori dewasa yakni berusia diatas 18-65 tahun. Hal ini diperlukan untuk menyesuaikan hasil spirometri dengan orang Asia menurut *Hong Kong Thoracic Society*. Sedangkan kriteria eksklusi antara lain, pada saat penelitian (uji spirometri) sedang menderita sakit pada saluran pernafasan dan menolak berpartisipasi dalam penelitian.

4.3.2 Perhitungan Sampel

Sampel adalah bagian dari populasi yang dianggap mewakili keadaan populasi yang sebenarnya. Sampel diambil dengan menggunakan estimasi proporsi simpangan mutlak.

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

$$n = \frac{3.84 * 0.829(0,171)}{0.01}$$

$$n = 54,43 = 55$$

Keterangan:

- P = estimasi proporsi (prevalensi) penyakit pada populasi dari penelitian terdahulu yakni 82,9% (Simaela, 2000)
- d = simpangan mutlak/nilai presisi absolut yang diinginkan (0.1)
- $Z_{1-\alpha/2}^2$ = nilai derajat kepercayaan $1-\alpha/2$ (1.96)

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai $n=55$ sampel. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *snowball-sampling* pada area yang ditentukan di setiap titik pengukuran pajanan $PM_{2.5}$. Alasan pemilihan teknik sampling ini dikarenakan belum adanya pencatatan secara keseluruhan terhadap seluruh pedagang tetap di kawasan terminal. Untuk mengatasi kehilangan sampel penelitian maka ditambahkan 15% dari sampel menjadi 71 responden.

4.4 Pengumpulan Data

4.4.1 Pengumpulan Data Pajanan

PM_{2.5} diukur menggunakan DUSTTRAK II Aerosol Monitor 8530 yang merupakan metode referensi yang disarankan oleh US EPA. Alat ini menggunakan baterai, memunculkan data dalam bentuk log, menggunakan laser fotometer dengan prinsip hamburan cahaya sehingga dapat memberikan pembacaan massa aerosol secara *real-time* namun juga harus terlindung dari sinar cahaya matahari secara langsung. Minimal waktu pengukuran pada Dusttrak adalah 15 menit untuk melihat konsentrasi dalam waktu 8 jam.



Gambar 4.1 DUSTTRAK II Aerosol Monitor 8530

(sumber: www.fieldenvironmental.com, diakses 21 April 2012)

Langkah-langkah pengambilan sampel PM_{2.5} di Terminal Depok adalah sebagai berikut:

1. Penentuan lokasi dan penempatan peralatan pengambil contoh uji
Disesuaikan dengan SNI 19-7119.6-2005 Udara Ambien Bagian 6 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien:
 - a. Menentukan 5 titik yang merupakan area terbuka. *Sampling point* untuk PM_{2.5} harus dekat dengan lokasi pedagang sebagai unit analisis penelitian ini agar didapatkan *intake* PM_{2.5} yang mewakili setiap individu (sesuai dengan gambar 4.2).

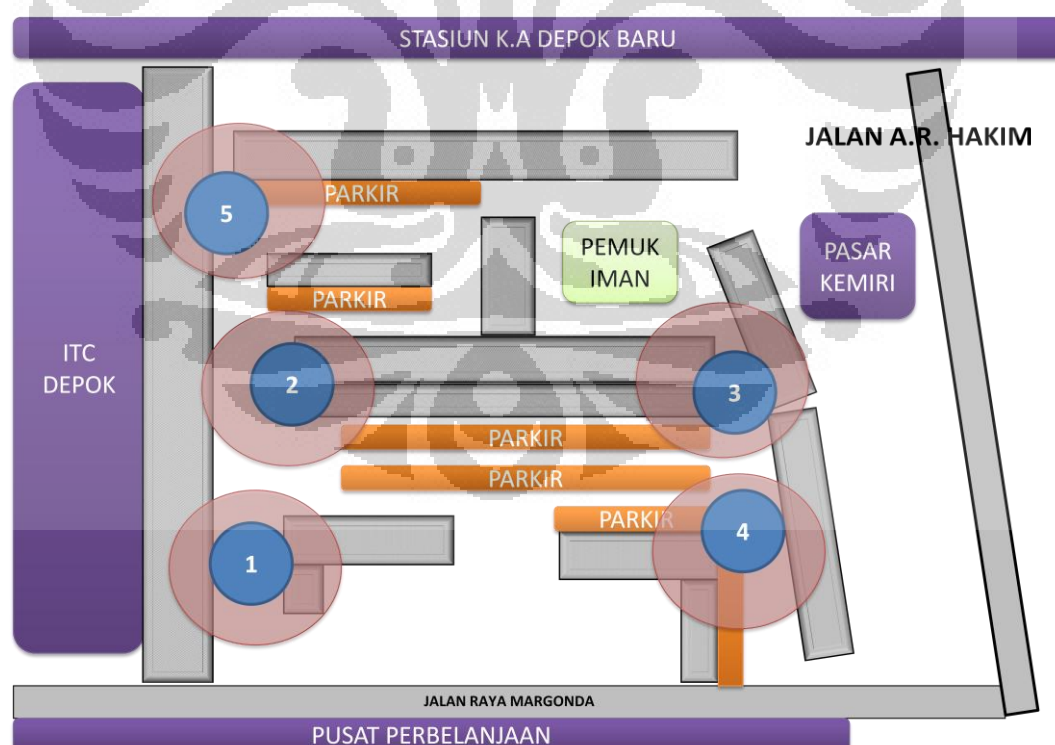
- b. Menempatkan peralatan sampling pada daerah yang aman
- c. Menempatkan Dusttrak berjarak 1 m sampai 5 m dari tepi jalur kendaraan di dalam terminal dengan ketinggian *probe* atau tempat masuk contoh uji udara secara manual 1,5 m – 2 m dari permukaan tanah.

2. Metode Sampling dengan Dusttrak II

Pengukuran $PM_{2.5}$ pada udara ambien di Terminal Terpadu Depok dilakukan pada 3 periode waktu (pagi, siang, dan sore) di 5 titik terminal, masing-masing periode selama 30 menit.pada pembagian periode waktu yaitu pagi (06.00-12.00), siang (13.00-17.00), sore (18.00-24.00). Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran pada malam hari karena mayoritas responden yang diteliti sudah meninggalkan area terminal pada pukul 21.00/22.00.

- a. Prosedur umum: Sampel diperoleh dengan penarikan udara dengan volume tertentu melalui inlet Dusttrak II. Hasil pengukuran langsung dapat dilihat pada monitor dan tersimpan di dalam memori Dusttrak II.
- b. Volume udara: Sebanyak 60 liter volume udara dikumpulkan selama 30 menit/titik/periode dengan flow rate 2 liter per menit. sehingga dalam tiga periode pengukuran volume udara yang diukur sebanyak 900 liter.
- c. Peralatan sampling: Peralatan sampling adalah Dusttrak II dengan inlet untuk $PM_{2.5}$ yang telah dikaliberasi dengan Rotameter.
- d. Pengukuran:
 - Teknik: *Direct Reading*
 - Kontaminan yang diukur: $PM_{2.5}$ untuk area
 - Volume pengukuran: 60 liter/titik/periode
 - Durasi pengukuran: 30 menit/titik/periode
 - Flow rate pengukuran: 2 liter per menit.
- b. Cara sampling :
 - Melakukan kaliberasi Dusttrak II dengan rotameter sebelum digunakan.

- Memperhatikan indikator baterai dengan memastikan indikator baterai menunjukkan kondisi baterai diatas 90% sebelum mulai melakukan pengukuran dan mengantisipasi kekurangan daya dengan membawa charger ke tempat pengukuran.
- Sesampainya di lokasi, memberitahu petugas terminal dan kemudian meletakkan Dusttrak II di tempat yang akan diukur dan menyalakan alat.
- Menunggu sampai Dusttrak II mencatat konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara sesuai pengaturan yang telah dilakukan.
- Menetralkan kembali Dusttrak dari debu pengukuran dengan melakukan Zero Cal selama 1 menit sebelum melakukan pengukuran.
- Melakukan kaliberasi dilakukan dengan rotameter.
- Setelah selesai, melihat file yang ada menggunakan *software* TRAKPRO™ di komputer dan grafik yang ditampilkan.



Gambar 4.2 Denah Terminal dan Titik Pengukuran $PM_{2.5}$

4.4.2 Perhitungan Nilai *Intake* PM_{2.5} Udara Ambien

Data dosis acuan yaitu *Reference Dose Concentration* (RfC) yang diambil dari nilai yang diturunkan dari *National Ambient Air Quality Standar* (NAAQS) EPA oleh karena dosis acuan untuk debu PM_{2.5} belum tersedia baik di dalam daftar IRIS EPA maupun tabel MLR ATSDR. Baku mutu nasional udara ambien menurut Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 tidak dapat digunakan karena nilai default faktor-faktor pemajannya tidak diketahui (Rahman, dkk., 2008). Oleh karena itu dengan konsentrasi aman, maka $I = RfC$, berlaku persamaan di bawah ini:

$$RfC = \frac{C \times R \times t_E \times f_E}{W_b \times t_{avg}}$$

Kemudian, dilakukan substitusi nilai *default* EPA, $R=0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$, $t_E = 24 \text{ jam/hari}$, $f_E = 350 \text{ hari/tahun}$, $t_{avg} = 365 \text{ hari/tahun}$ dan nilai $C = \text{Standar NAAQS} = 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, didapatkan:

$$RfC_{PM_{2.5}} = \frac{35 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \times 0,83 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 350 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}}{70\text{kg} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}}$$

$$RfC_{PM_{2.5}} = 0,009 \text{ mg/kg/hari}$$

Untuk Analisis pemajanan individual, konsentrasi PM_{2.5}, karakteristik antropometri, dan pola aktivitas yang telah didapatkan dari hasil pengukuran dan kuesioner dimasukkan ke dalam persamaan di bawah ini untuk mengetahui besarnya asupan PM_{2.5} oleh pedagang.

$$ADD = LADD = Intake = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

- I = intake (asupan), jumlah agen risiko yang diterima individu per berat badan per hari (mg/kg/hari)
- C = konsentrasi risk agent, mg/m³ (udara)
- R = laju asupan (intake rate), US-EPA default: 0,83 m³/jam (udara)
- tE = waktu pajanan harian, jam/hari
- fE = frekuensi pajanan tahunan, hari/tahun
- Dt = durasi pajanan, *real time*, atau 30 tahun (default proyeksi *life span*) atau 70 tahun (US-EPA *life expectancy default*)
- Wb = berat badan, kg
- tavg = perioda waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun (*realtime*)

4.4.3 Pengumpulan Data *Outcome*

Pengumpulan data *outcome* dilakukan dengan mengukur kapasitas fungsi paru menggunakan spirometer merk spiro analyzer AS-505 Minato Japan. Prosedur pemeriksaan fungsi paru sebagai berikut:

1. Mempersiapkan responden dengan syarat:
 - a. Bebas rokok minimal 2 jam sebelum pemeriksaan
 - b. Tidak makan terlalu kenyang sebelum pemeriksaan
 - c. Berpakaian tidak terlalu ketat
2. Menyiapkan spirometer lengkap yang telah dikalibrasi, form, dan mouthpiece
 - a. Menghidupkan alat, membiarkan selama 10 menit
 - b. Menekan tombol ID
 - c. Memasukkan data pasien : ID, umur, tinggi badan, berat badan, dan jenis kelamin.
3. Responden dalam posisi berdiri dan melonggarkan pakaian
4. Mengukur *Force Vital Capacity* dan *Forced Expiratory Volume in 1 second*)
 - a. Memasang mouthpiece ke mulut, dengan posisi bibir rapat pada mouthpiece

- b. Melakukan pernafasan biasa melalui alat (pernafasan melalui mulut)
- c. Menekan tombol FVC, tekan start
- d. Responden bernapas biasa, setelah \pm 3-4 detik akan terdengar bunyi TIT, responden mengambil napas sedalam-dalamnya dan kemudian membuang napas secara cepat dan dihentakkan.
- e. Tekan tombol stop untuk mengakhiri pemeriksaan.
- f. Tekan tombol display, catat data: FVC, FEV₁.

Kemudian, data dianalisis dengan menggunakan formula yang telah disesuaikan perhitungannya dengan orang Asia dengan membandingkannya dengan FVC% *predicted*, FEV₁% *predicted*, FEV₁/FVC.

4.4.4 Pengorganisasian

Pengumpulan data PM_{2.5} dilakukan oleh 2 orang tenaga yakni peneliti dan 1 orang operator dari Laboratorium Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) FKM UI. Pengambilan data PM_{2.5} dilakukan pada hari kerja dengan memperhatikan cuaca dan dilakukan 3 kali/titik yaitu pada pagi hari, siang hari, dan sore hari dengan lama masing-masing 30 menit setiap pengambilan. Sedangkan untuk data kapasitas paru, dilakukan oleh 2 orang tenaga yakni peneliti dan 1 operator dari Balai Higiene Perusahaan Kesehatan (Hiperkes) Jakarta. Wawancara dilakukan pada saat uji spirometri dilaksanakan.

4.5 Pengolahan Data

4.5.1 Manajemen Data

a. *Editing*

Data yang telah terkumpul diperiksa kelengkapannya dan disusun berdasarkan urutannya serta dilihat kembali apakah terdapat kesalahan dalam pengisian atau tidak.

b. *Coding*

Kegiatan ini dilakukan untuk mengkode pertanyaan yang diajukan kepada responden. Adanya pengkodean dalam penelitian bertujuan agar lebih mudah dalam melakukan *entry data*.

c. *Processing*

Data yang sudah dikumpulkan selanjutnya akan diolah dengan perangkat statistik yang sebelumnya akan dibuat terlebih dahulu *data structure* dan *data file*, kemudian dilakukanlah *entry data* dengan menggunakan SPSS 13.0.

d. *Cleaning*

Setelah data masuk, selanjutnya dilakukan pengecekan apakah data yang ada sudah benar atau ada yang salah.

4.5.2 Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dianalisis dengan tahapan sebagai berikut:

a. Analisis Univariat

Analisis univariat digunakan untuk menghitung distribusi frekuensi terhadap data variabel independen dan dependen. Pada analisis ini, dibedakan antara univariat variabel numerik dengan univariat variabel kategorik.

b. Analisis Bivariat

Analisis bivariat digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen. Oleh karena hasil ukur terdiri dari variabel numerik dan variabel kategorik maka penelitian ini menggunakan uji perbedaan mean antar 2 kelompok yakni uji t sebagai uji statistiknya. Keputusan statistik dalam uji t adalah, bila $p\text{-value} < 0,05$ maka keputusan uji statistik signifikan, yaitu adanya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen. Sedangkan bila $p\text{-value} > 0,05$, berarti tidak ada hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

Selanjutnya, untuk analisis variabel kategorik-kategorik digunakan uji *chi-square* dengan rumus :

$$X^2 = \frac{\sum(O - E)}{E}$$

$$Df = (b - 1) (k - 1)$$

Keputusan uji statistik dalam uji chi-square adalah bila $p\text{-value} < 0,05$ maka keputusan uji statistik signifikan, yaitu adanya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen. Sedangkan bila $p\text{-value} > 0,05$, berarti tidak ada hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen. Kemudian besar risiko dinilai dengan OR (*Odds Ratio*)

c. Analisis Multivariat

Analisis multivariat adalah analisis multi variabel dalam satu atau lebih hubungan. Analisis ini berhubungan dengan semua teknik statistik yang secara simultan menganalisis sejumlah pengukuran pada individu atau objek (Santoso, 2010). Dalam penelitian ini, variabel dependen merupakan variabel kategorik sehingga analisis multivariat dilakukan dengan regresi logistik. Langkah-langkah analisis multivariat regresi logistik adalah sebagai berikut:

1. Menyeleksi variabel yang akan dimasukkan dalam analisis multivariat. Variabel yang dimasukkan dalam analisis multivariat adalah variabel yang pada analisis bivariat mempunyai $p < 0,25$.
2. Melakukan analisis multivariat dengan metode enter, yakni dilakukan secara manual pada spss. Dengan metode enter, variabel-variabel tersebut dimasukkan dan kemudian dilakukan analisis.
3. Variabel-variabel dikeluarkan satu per satu dengan melihat $p\text{value} > 0,05$ dan dimulai dari variabel yang paling tidak bermakna atau memiliki $p\text{value}$ terbesar.
4. Hasil akhir berupa satu atau lebih variabel dengan $p\text{value} < 0,05$. Variabel yang berpengaruh terhadap variabel terikat diketahui dari nilai p masing-masing variabel. Sedangkan urutan kekuatan hubungan diketahui dari besarnya nilai OR.

BAB 5

HASIL PENELITIAN

5.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

5.1.1 Gambaran Umum Terminal Terpadu Depok

Terminal Terpadu Kota Depok berdiri di atas lahan seluas ± 25 Ha (25.825 m²) dan diresmikan penggunaannya oleh Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat pada tanggal 10 Maret 1992. Luas Lahan Terminal terdiri dari, Luas Bangunan 2.879 m² (11,15%), Luas Jalan/Parkir 15.845 m² (61,36%), dan Luas Taman/Penghijauan 7.100 m² (27,49%). Adapun Luas Pelataran Terminal Bis yakni 4.000 m² dan Luas Pelataran Terminal Angkot 5.040 m². Terminal terdiri dari Terminal Angkutan Dalam Kota, Antar Kota Dalam Propinsi, dan Terminal Angkutan Kota Antar Propinsi dan beroperasi mulai pukul 05.00-21.00 WIB.

Menurut data dari Pusat Informasi Terminal Terpadu Kota Depok, Terminal Kotip Depok ditetapkan sebagai Terminal Tipe B. Namun berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No.31 Tahun 1995 tentang Terminal dan Transportasi Jalan, Terminal Depok yang memiliki pelayanan Angkutan Kota Antar Propinsi seharusnya menjadikan Terminal Depok tergolong tipe A.

Tipe B ini diberikan sesuai dengan Fasilitas Pelayanan yang diberikan terhadap Operator Angkutan, disamping telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan juga Rencana Kebutuhan Lokasi Simpul yang merupakan bagian dari Rencana Umum Jaringan Transportasi yaitu Rencana Umum Tata Ruang, Kepadatan Lalulintas dan kepadatan jalan disekitar Terminal, Kepadatan Moda Transportasi baik Mitra maupun antar Moda, Kondisi topografi lokasi terminal, dan Kelestarian lingkungan.

Fasilitas yang dimiliki terminal terdiri dari fasilitas utama dan fasilitas penunjang antara lain sebagai berikut,

- A. Fasilitas Utama :
- Jalur pemberangkatan kendaraan umum
 - Bangunan kantor terminal
 - Tempat tunggu penumpang dan atau pengantar
 - Menara pengawas
 - Kelestarian lingkungan
- B. Fasilitas Penunjang :
- Kamar Kecil / Toilet
 - Mushola
 - Kios
 - Telepon Umum
 - Tempat Penitipan Barang
 - Taman

5.1.2 Gambaran Angkutan Umum di Terminal Terpadu Kota Depok

Terminal Terpadu Kota Depok melayani rute keberangkatan untuk Angkutan Dalam Kota, Angkutan Kota Dalam Propinsi (AKDP), dan Angkutan Kota Antar Propinsi (AKAP). Berikut merupakan data Kode Trayek, Trayek, dan Jumlah Kendaraan yang tercatat di Pusat Informasi Terminal Depok .

Tabel 5.1 Data Kendaraan Angkutan Dalam Kota yang Masuk dan Keluar Terminal Terpadu Kota Depok Tahun 2011

No.	Kode Trayek	Trayek (PP)	Jumlah Kendaraan
1.	D. 01	Terminal Depok – Depok Dalam	161
2.	D. 02	Terminal Depok – Depok II Tengah	582
3.	D. 03	Terminal Depok – Sawangan	533
4.	D. 04	Terminal Depok – Beji – Kukusan	170
5.	D. 05	Terminal Depok – Citayam	326
6.	D. 06	Terminal Depok – Pasar Cisalak	344
7.	D. 07	Terminal Depok – Rawa Denok	34
8.	D. 07 A	Terminal Depok – Pitara	74
9.	D. 09	Terminal Depok – Studio Alam – Kalimulya	10
10.	D. 10	Terminal Depok – Parung Serab – Kalimulya	51
11.	D. 11	Terminal Depok – Kelapa Dua – Palsigunung	144
12.	D. 105	Terminal Depok – Tanah Baru – Lebak Bulus	226
13.	D. 110	Terminal Depok – Mampang – Cinere – Ciputat	46
14.	D. 112	Terminal Depok – Kampung Rambutan	199
15.	D. 128	Terminal Depok – Jagakarsa – Lebak Bulus	33

16.	M. 03	Terminal Depok – Pasar Minggu	26
17.	D. 08	Terminal Depok – Cilodong	25
18.	D. 115	Terminal Depok – Tanah Baru – Ciputat	50
19.	S. 16	Terminal Depok – Pondok Cabe	50
20.	S. 19	Terminal Depok – Pasar Rebo/Taman Mini	150
21.	M. 04	Terminal Depok – Depok Timur – Pasar Minggu	94
Jumlah			3328

Kendaraan penumpang dalam kota yang menggunakan fasilitas Terminal Terpadu Kota Depok terhitung sebesar 3.328 angkutan umum aktif. Adapun beberapa trayek dari angkutan kota tersebut melayani lintas batas propinsi antara Jawa Barat dan DKI Jakarta.

Tabel 5.2 Data Kendaraan Bus Angkutan Kota Dalam Propinsi (AKDP)
Terminal Kota Depok Tahun 2011

BUS SEDANG					
No.	Nama PO	Seat (Bh.)	Trayek	Jumlah Kendaraan	Keterangan
1.	Budiman	30	Depok-Sukabumi	10	Aktif
2.	Karya Jaya	24	Depok-Bogor	22	Aktif
3.	Medal Jaya	24	Depok-Sukabumi	26	Aktif
4.	Medal Sekarwangi	30	Depok-Sumedang	4	Aktif
5.	Miniarta, KAD	24	Depok-Citeurup	2	Aktif
6.	Miniarta, KAD	24	Depok-Sukabumi	6	Aktif
7.	P3AU MKGR	24	Depok-Bogor	2	Aktif
8.	Transitas	24	Depok-Bekasi	32	Aktif
9.	Agra Mas	55	Depok-Cikarang	6	Tidak Aktif
10.	MGI	55	Depok-Sukabumi	10	Aktif
BUS BESAR					
1.	Budiman	45	Depok-Pangandaran	6	Aktif
2.	Budiman	45	Depok-Ciamis	6	Aktif
3.	Budiman	45	Depok-Tasikmalaya	6	Aktif
4.	Cahaya Bakti Utama	55	Depok-Sumedang	2	Tidak Aktif
5.	Do'a Ibu	45	Depok-Tasikmalaya	11	Aktif
6.	Gapuraning Rahayu	44	Depok-Banjar	4	Tidak Aktif
7.	Karunia Bakti	60	Depok-Tasikmalaya	10	Tidak Aktif
8.	Laju Utama	56	Depok-Bekasi	9	Brk.Cibinong
9.	Luragung Jaya	54	Depok-CW.Gebang	9	Aktif
10.	Maya Graha Indah	40	Depok-Bandung	14	Aktif
11.	Merdeka Utama	54	Depok-Ciamis	5	Tidak Aktif
12.	Perkasa Jaya	44	Depok-Pangandaran	3	Tidak aktif
Jumlah				205	

Kendaraan umum Antar Kota Dalam Propinsi (AKDP) yang beroperasi di terminal berjumlah total 205 kendaraan dengan beberapa PO diantaranya tidak aktif lagi sejak tahun 2011. Angkutan ini melayani penumpang menuju daerah-daerah di dalam propinsi Jawa Barat, termasuk di dalamnya Kota Bandung, Pangandaran, dan sekitarnya.

Tabel 5.3 Data Kendaraan Bus Angkutan Kota Antar Propinsi (AKAP) Terminal Kota Depok Tahun 2011

BUS SEDANG					
No.	Nama PO	Seat (Bh.)	Trayek	Jumlah Kendaraan	Keterangan
1.	Budiman	24	Depok-Lebak Bulus	*	Aktif
2.	Kopaja S63	24	Depok-Term Blok M	*	Aktif
3.	Kowan Bisata	24	Depok-Jakarta(Pulo)	*	Aktif
4.	Miniarta	24	Depok-Pasar Minggu	*	Aktif
5.	Serasi	24	Depok-Pasar Minggu	*	*
6.	Sukmajaya	24	Depok-Pasar Minggu	*	*
Jumlah				-	-
BUS BESAR					
1.	Biaglala P.AC.102	54	Depok-Tanah Abang	17	Aktif
2.	Deborah	60	Depok-Kalideres	17	Aktif
3.	Dewi Sri	55	Depok-Pekalongan	5	Aktif
4.	Dedy Jaya	55	Depok-Pekalongan	5	Aktif
5.	Mayasari BaktiAC.134	54	Depok-Term. Senen	12	Aktif
6.	Mayasari BaktiAC.81	54	Depok-Kalideres	11	Aktif
7.	Mayasari BaktiAC.82	54	Depok-TanjungPriok	7	Aktif
8.	Mayasari BaktiAC.84	54	Depok-Pulo Gadung	6	Aktif
9.	Mayasari BaktiAC.71	54	Depok-Term. Senen	10	Aktif
10.	PPD AC. 15	54	Depok-Kota/BNI46	5	Tidak Aktif
11.	PPD P. 43	54	Depok-BantengBarat	5	Tidak Aktif
12.	PPD P. 52	54	Depok-Pulo Gadung	5	Tidak aktif
13.	PPD P. 54	54	Depok-Term.Grogol	5	Aktif
14.	Steady Safe AC. 46	54	Depok-Tanah Abang	2	Tidak Aktif
15.	Steady Safe AC. 48	54	Depok-Term. Grogol	2	Aktif
16.	Steady Safe AC. 60	54	Depok-Term.Senen	4	Tidak Aktif
17.	Steady Safe AC. 86	54	Depok-Term.Kota	6	Tidak Aktif
18.	Steady Safe AC. 87	54	Depok-Kalideres	13	Tidak Aktif
19.	Biaglala P. AC	54	Depok-Grogol	6	Aktif
Jumlah				136	

*tidak ada catatan di pusat informasi terminal

5.2 Analisis Univariat

5.2.1 Karakteristik Pedagang

5.2.1.1 Jenis Kelamin

Distribusi jenis kelamin pedagang terlihat didominasi oleh pedagang laki-laki daripada perempuan. Pedagang dengan jenis kelamin laki-laki berjumlah 43 orang (60,6%), sedangkan untuk jenis kelamin perempuan 28 orang (39,4%).

Tabel 5.4 Distribusi Responden Menurut Jenis Kelamin di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Jenis Kelamin	Jumlah	Persentase
Perempuan	28	39,4
Laki-laki	43	60,6
Total	71	100,0

5.2.1.2 Umur

Hasil analisis didapatkan umur termuda 18 tahun dan umur tertua 61 tahun. Rata-rata umur pedagang adalah 38,59 tahun (95% CI: 35,59-41,60) dengan standar deviasi 12,69 tahun. Dari hasil estimasi interval dapat disimpulkan bahwa 95% diyakini bahwa rata-rata umur pedagang adalah diantara 35,59 sampai dengan 41,60 tahun. Sedangkan nilai tengah dan umur responden yang paling banyak muncul masing-masing 39 tahun dan 26 tahun.

5.2.1.3 Tingkat Pendidikan

Distribusi tingkat pendidikan berbeda untuk masing-masing kelompok. Sebagian besar responden memiliki tingkat pendidikan Sekolah Menengah Atas/Kejuruan (SMA/K) yaitu 33 orang (46,5%). Sedangkan untuk responden yang tidak bersekolah (TS), Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), dan Perguruan Tinggi (D3/PT) masing-masing 4 orang (5,6%), 11 (15,5%), 21 (29,6%), dan 2 orang (2,8%).

Tabel 5.5 Distribusi Responden Menurut Tingkat Pendidikan di Terminal Depok Tahun 2012

Tingkat Pendidikan	Jumlah	Persentase
TS	4	5,6
SD	11	15,5
SMP	21	29,6
SMA/SMK	33	46,5
D3/PT	2	2,8
Total	71	100,0

5.2.1.4 Tinggi Badan

Hasil analisis didapatkan tinggi badan terendah adalah 143 cm dan tertinggi 174,3 cm. Rata-rata tinggi badan pedagang adalah 158,3 cm (95% CI: 156,6-159,9) dengan standar deviasi 7,13 cm. Dari hasil estimasi interval dapat disimpulkan bahwa 95% diyakini bahwa rata-rata tinggi badan pedagang adalah diantara 156,6 cm sampai dengan 159,9 cm. Nilai tengah dan tinggi badan responden yang paling banyak muncul masing-masing 158 cm dan 154 cm.

5.2.1.5 Berat Badan

Hasil analisis didapatkan berat badan terendah adalah 39 kg dan tertinggi 86,4 kg. Rata-rata berat badan pedagang adalah 60,59 kg (95% CI: 58,03-63,16) dengan standar deviasi 10,83 cm. Dari hasil estimasi interval dapat disimpulkan bahwa 95% diyakini bahwa rata-rata berat badan pedagang adalah diantara 58,03 cm sampai dengan 63,16 kg. Nilai tengah didapatkan 60 kg dengan berat badan yang paling banyak muncul yakni 59,3 kg.

5.2.1.6 Status Gizi

Distribusi status gizi pedagang berbeda untuk masing-masing kelompok. Sebagian besar responden memiliki gizi normal yaitu 36 orang (50,7%), sedangkan untuk pedagang yang memiliki status lebih dan kurang masing-masing 31 orang (43,7%) dan 4 orang (5,6%).

Tabel 5.6 Distribusi Responden Menurut Status Gizi di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Status Gizi	Jumlah	Persentase
Gizi Kurang <18,5	4	5,6
Gizi Normal 18,5-24,99	36	50,7
Gizi Lebih \geq 25	31	43,7
Total	71	100,0

5.2.1.7 Kebiasaan Merokok

Distribusi kebiasaan merokok pada pedagang terlihat hampir merata untuk masing-masing kelompok. Responden yang memiliki kebiasaan merokok sebanyak 36 orang (50,7%) dan yang tidak merokok sebanyak 35 orang (49,3%).

Tabel 5.7 Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Merokok di Terminal Depok Tahun 2012

Kebiasaan Merokok	Jumlah	Persentase
Merokok	36	50,7
Tidak Merokok	35	49,3
Total	71	100,0

Menurut Pope, dkk. (2002), dosis inhalasi PM_{2.5} untuk setiap batang rokok diestimasi sebesar 12mg. Hasil analisis untuk pedagang tetap dengan status perokok aktif, didapatkan rata-rata jumlah rokok yang dihisap dan estimasi dosis inhalasi PM_{2.5} rokok masing-masing 15,67 batang (95% CI: 11,95-19,38) dengan standar deviasi 10,98 batang dan 188 mg/hari (95%CI: 143,39-232,61) dengan standar deviasi 131,86 mg/hari.

Tabel 5.8 Distribusi Responden Perokok Aktif Menurut Jumlah Rokok yang Dihisap dan Dosis Inhalasi PM_{2.5} Rokok di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Variabel	Mean	Median	Modus	SD	Minimal-Maksimal	95%CI
Jumlah Rokok	15,67	13,5	12	10,98	1-50	(11,95-19,38)
Dosis Inhalasi Rokok	188	162	144	131,86	12-600	(143,39-232,61)

Dari hasil estimasi interval dapat disimpulkan bahwa 95% diyakini bahwa rata-rata jumlah rokok yang dihisap dan estimasi dosis inhalasi PM_{2.5} pada pedagang di Terminal Terpadu Kota Depok masing-masing diantara 11,95 batang sampai dengan 19,38 batang dan 143,39 mg/hari atau 232,61 mg/hari.

5.2.2 Karakteristik Pekerjaan

5.2.2.1 Lama Kerja

Hasil analisis didapatkan lama kerja per hari terpendek adalah 4 jam dan terpanjang 24 jam. Sedangkan lama kerja per minggu terpendek adalah 24 jam dan terpanjang 168 jam. Rata-rata lama kerja pedagang setiap hari dan setiap minggunya masing-masing 13,03 jam (95% CI: 12,09-13,97) dengan standar deviasi 3,98 jam dan 87,67 jam dengan standar deviasi 84 jam. Dari hasil estimasi interval dapat disimpulkan bahwa 95% diyakini bahwa lama kerja per hari dan per minggu para pedagang masing-masing diantara 12,09 jam sampai 13,97 jam dan 80,68 jam sampai 94,67 jam. Nilai tengah lama kerja per hari dan per minggu didapatkan masing-masing 12,5 jam dan 84 jam. Sedangkan jam kerja per hari dan per minggu yang paling sering muncul diantara responden masing-masing 12 jam dan 84 jam.

5.2.2.2 Masa Kerja

Hasil analisis didapatkan masa kerja terpendek adalah 0,25 tahun dan terpanjang adalah 20 tahun. Rata-rata masa kerja pedagang adalah 7,9 tahun (95%CI: 6,43-9,54) dengan standar deviasi 6,56 tahun. Dari hasil estimasi interval dapat disimpulkan bahwa 95% diyakini bahwa masa kerja pedagang diantara 6,34 tahun sampai dengan 9,54 tahun. Nilai tengah didapatkan 6 tahun dengan masa kerja yang paling banyak muncul adalah 1 tahun.

Tabel 5.9 Distribusi Responden Menurut Lama Kerja dan Masa Kerja di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Variabel	Mean	Median	Modus	SD	Minimal- Maksimal	95% CI
Lama Kerja per hari	13,03	12,5	12	3,98	4-24	12,09-13,97
Lama Kerja per minggu	87,67	84	84	29,54	24-168	80,68-94,67
Masa Kerja	7,9	6	1	6,56	0,25-20	6,43-9,54

5.2.3 Riwayat Penyakit

5.2.3.1 Riwayat Penyakit yang berhubungan dengan Fungsi Paru

Distribusi riwayat penyakit asma, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi, terlihat lebih besar pada kelompok yang pernah menderita dibandingkan dengan kelompok. Sebagian besar responden berada pada kelompok tidak pernah menderita penyakit-penyakit tersebut yaitu 54 orang (76,1%). Sedangkan responden yang pernah menderita penyakit-penyakit tersebut 17 orang (23,9%)

Tabel 5.10 Distribusi Responden Menurut Riwayat Asma, Bronkitis, Emfisema, TBC, dan Alergi di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Riwayat Penyakit	Jumlah	Persentase
Pernah Menderita	17	23,9
Tidak Pernah Menderita	54	76,1
Total	71	100,0

5.2.3.2 Perubahan Bernafas

Distribusi ada tidaknya perubahan pola nafas pada kedua kelompok terlihat hampir sama pada kedua kelompok. Responden yang mengalami perubahan bernafas dan yang tidak masing-masing, 36 orang (50,7%) dan 35 orang (49,3%).

Tabel 5.11 Distribusi Responden Menurut Perubahan Bernafas di Terminal Depok Tahun 2012

Perubahan Bernafas	Jumlah	Persentase
Ada Perubahan	36	50,7
Tidak Ada Perubahan	35	49,3
Total	71	100,0

5.2.4 PM_{2.5} pada Udara Terminal

Hasil pengukuran konsentrasi PM_{2.5} di udara terminal digambarkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.12 Konsentrasi PM_{2.5} Ambien di 5 Titik Pengukuran Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Titik	Konsentrasi Rata-Rata PM _{2.5} (mg/m ³)			Rata-Rata (mg/m ³)
	Pagi	Siang	Sore`	
1	0,200	0,145	0,267	0,200
2	0,125	0,163	0,391	0,230
3	0,234	0,262	0,372	0,290
4	0,180	0,290	0,224	0,230
5	0,143	0,209	0,250	0,200
	0,176	0,230	0,301	0,230

Rata-rata konsentrasi PM_{2.5} di terminal berdasarkan tiga periode pengukuran didapatkan sebesar 0,230 mg/m³. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa perubahan konsentrasi sejalan dengan perubahan aktivitas dimana semakin menuju sore hari, aktivitas kendaraan terminal semakin tinggi dan konsentrasi PM_{2.5} juga semakin tinggi.

5.2.5 Suhu dan Kelembaban

Berdasarkan hasil pengukuran pada lima titik terminal, terlihat bahwa suhu dan kelembaban pada pagi, siang, dan sore hari mengikuti perubahan suhu.

Tabel 5.13 Suhu dan Kelembaban pada Pagi, Siang, dan Sore Hari di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Waktu Pengukuran	Suhu (Min-Maks)	Kelembaban (Min-Maks)
Pagi	32,9 °C - 33,6 °C	60,2 % - 66,4 %
Siang	33,6 °C - 33,8 °C	57 % - 61,8 %
Sore	31,3 °C - 31,8 °C	67,2 % - 73,4 %

Suhu semakin rendah maka kelembaban semakin tinggi di Terminal Terpadu Depok. Rentang suhu tertinggi dan kelembaban terendah dari tiga periode waktu adalah siang hari (33,6 °C - 33,8 °C ; 57 % - 61,8 %) sementara rentang suhu terendah dan kelembaban tertinggi dari tiga periode waktu adalah malam hari (31,3 °C - 31,8 °C; 67,2 % - 73,4 %).

5.2.6 *Intake* PM_{2.5} pada Pedagang Terminal

Hasil analisis didapatkan *Intake* PM_{2.5} terkecil sebesar 0,00022 mg/kg/hari dan terbesar 0,4263 mg/kg/hari. Rata-rata *Intake* PM_{2.5} responden adalah 0,0097 mg/kg/hari (95%CI: 0,0076-0,118) dengan standar deviasi 0,0088 mg/kg/hari. Dari hasil estimasi interval dapat disimpulkan bahwa 95% diyakini bahwa *Intake* PM_{2.5} diantara 0,0076 mg/kg/hari sampai dengan 0,118 mg/kg/hari. Nilai tengah didapatkan 0,0074 mg/kg/hari dengan *Intake* PM_{2.5} yang paling sering muncul adalah 0,00022 mg/kg/hari.

Selanjutnya, *Intake* PM_{2.5} dinyatakan secara kategorik melalui pembagian RfC (*Reference Concentration*). Hasil analisis didapatkan bahwa distribusi *Intake* PM_{2.5} hampir merata pada kedua kelompok. Pedagang yang memiliki *Intake* dibawah RfC yaitu 35 orang (49,3%) sedangkan pedagang yang berada diatas RfC juga hampir sama yaitu 36 orang (50,7%).

Tabel 5.14 Distribusi Responden Menurut *Intake* PM_{2.5} Udara Ambien di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Intake PM_{2.5}	Jumlah	Persentase
≤RfC 0,009 mg/kg/hari	35	49,3
>RfC 0.009 mg/kg/hari	36	50,7
Total	71	100,0

5.2.7 Gangguan Fungsi Paru

Distribusi fungsi paru pedagang berbeda pada masing-masing kelompok. Sebagian besar pedagang berada pada kelompok restriktif yaitu 53 orang (74,6%). Responden dengan fungsi paru normal dan obstruktif masing-masing 16 orang (22,5%) dan 2 orang (2,8%).

Tabel 5.15 Distribusi Responden Menurut Fungsi Paru di Terminal Terpadu Depok Tahun 2012

Fungsi Paru	Jumlah	Persentase
Normal	16	22,5
Restriktif	53	74,6
Obstruktif	2	2,8
Total	71	100,0

5.3 Analisis Bivariat

5.3.1 Hubungan Riwayat Penyakit dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.16 Gambaran Responden Menurut Riwayat Penyakit dan Gangguan Fungsi Paru

Riwayat Penyakit	Fungsi Paru		P value	OR (95%CI)
	Terganggu	Normal		
Tidak Ada	40 (74,1%)	14 (25,9%)	0,325	2,625 (0,53-12,95)
Ada	15 (88,2%)	2 (11,8%)		

Hasil analisis hubungan antara riwayat penyakit dengan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 40 pedagang (74,1%) yang tidak memiliki riwayat asma, emfisema, TBC, alergi, atau alergi dengan gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang yang memiliki riwayat penyakit tersebut, ada 15 orang (88,2%) dengan gangguan fungsi paru. Hasil uji statistik diperoleh nilai $p=0,325$ maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan proporsi kejadian gangguan fungsi paru antara pedagang yang memiliki riwayat penyakit tersebut dengan yang tidak (tidak ada hubungan yang signifikan antara riwayat penyakit dengan gangguan fungsi paru).

5.3.2 Hubungan *Intake* PM_{2.5} Udara Terminal dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.17 Gambaran Responden Menurut *Intake* PM_{2.5} dan Gangguan Fungsi Paru

<i>Intake</i> PM _{2.5}	Fungsi Paru		P value	OR (95%CI)
	Terganggu	Normal		
>RfC 0,0095	33 (91,7%)	3 (8,3%)	0,004	6,5 (1,65-25,48)
≤RfC 0,0095	22 (62,9%)	13 (37,1%)		

Hasil analisis hubungan antara *intake* PM_{2.5} dengan gangguan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 22 pedagang (62,9%) dengan *Intake* PM_{2.5} dibawah dosis yang masih diperbolehkan (RfC) memiliki gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang dengan *intake* PM_{2.5} diatas RfC ada 33 orang (91,7%) yang memiliki gangguan fungsi paru. Hasil uji statistik diperoleh nilai $p=0,004$ maka dapat disimpulkan ada perbedaan proporsi kejadian gangguan fungsi paru antara pedagang dengan *intake* PM_{2.5} dibawah RfC dengan diatas RfC (ada hubungan yang signifikan antara *intake* PM_{2.5} dengan gangguan fungsi paru). Dari hasil analisis diperoleh pula nilai OR= 6,5, artinya pedagang yang memiliki

intake PM_{2.5} diatas RfC mempunyai peluang 6,5 kali lebih tinggi untuk mendapat gangguan fungsi paru dibanding pedagang yang memiliki *intake* dibawah RfC.

Kemudian dilakukan uji t-test untuk melihat rata-rata *intake* PM_{2.5} yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru.

Tabel 5.18 Gambaran Rata-Rata *intake* PM_{2.5} Menurut Gangguan Fungsi Paru

Fungsi Paru	Mean	SD	SE	P value	N
Normal	0,005	0,006	0,0016	0,021	16
Terganggu	0,108	0,009	0,0012		55

Rata-rata *intake* PM_{2.5} yang memiliki fungsi paru normal adalah 0,005 mg/m³ dengan standar deviasi 0,006 mg/m³, sedangkan untuk pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru rata-rata *intake* PM_{2.5} adalah 0,108 mg/m³ dengan standar deviasi 0,009 mg/m³. Hasil uji statistik didapatkan nilai p=0,021, berarti pada alpha 5% terlihat ada perbedaan yang signifikan rata-rata *intake* PM_{2.5} antara pedagang yang memiliki fungsi paru normal dengan terganggu. Hasil analisis t-test ditemukan adanya hubungan antara *intake* PM_{2.5} responden dengan gangguan fungsi paru (*pvalue*=0,021).

5.3.3 Hubungan Jenis Kelamin dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.19 Gambaran Responden Menurut Jenis Kelamin dan Gangguan Fungsi Paru

Jenis Kelamin	Fungsi Paru		P value	OR (95%CI)
	Terganggu	Normal		
Perempuan	20 (71,4%)	8 (28,6%)	0,389	1,750 (0,56-5,38)
Laki-Laki	35 (81,4%)	8 (18,6%)		

Hasil analisis hubungan antara jenis kelamin dengan gangguan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 20 orang (71,4%) pedagang perempuan memiliki gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang laki-laki ada 35 orang (81,4%) yang memiliki gangguan fungsi paru. Hasil uji statistik diperoleh nilai p=0,389 maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan proporsi kejadian gangguan

fungsi paru antara pedagang perempuan dan laki-laki (tidak ada hubungan yang signifikan antara jenis kelamin dengan gangguan fungsi paru).

5.3.4 Hubungan Umur dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.20 Gambaran Rata-Rata Umur Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru

Fungsi Paru	Mean	SD	SE	P value	N
Normal	40,69	14,57	3,64	0,457	16
Terganggu	37,98	12,17	1,64		55

Rata-rata umur pedagang yang memiliki fungsi paru normal adalah 40,69 tahun dengan standar deviasi 14,57 tahun, sedangkan untuk pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru rata-rata umurnya adalah 37,98 tahun dengan standar deviasi 12,17 tahun. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p=0,457$, berarti pada alpha 5% terlihat tidak ada perbedaan yang signifikan rata-rata umur antara pedagang yang memiliki fungsi paru normal dengan terganggu.

5.3.5 Hubungan Kebiasaan Merokok dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.21 Gambaran Responden Menurut Status Merokok dan Gangguan Fungsi Paru

Merokok	Fungsi Paru		P value	OR (95%CI)
	Terganggu	Normal		
Iya	32 (88,9%)	4 (11,1%)	0,019	4,17 (1,19-14,59)
Tidak	23 (65,7%)	12 (34,3%)		

Hasil analisis hubungan antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 23 orang (65,7%) pedagang yang tidak memiliki kebiasaan merokok mengalami gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang yang memiliki kebiasaan merokok ada 32 orang (88,9%) yang mendapat gangguan fungsi paru. Hasil uji statistik diperoleh nilai $p=0,019$ maka dapat disimpulkan ada perbedaan proporsi kejadian gangguan fungsi paru antara pedagang yang tidak merokok dengan pedagang yang merokok (ada hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru). Dari

hasil analisis diperoleh pula nilai OR= 4,17, artinya pedagang yang memiliki kebiasaan merokok mempunyai peluang 4,17 kali lebih tinggi untuk mendapat gangguan fungsi paru dibanding pedagang yang tidak memiliki kebiasaan merokok.

5.3.5.1 Hubungan Jumlah Rokok yang Dihisap dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.22 Gambaran Rata-Rata Jumlah Rokok yang Dihisap Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru

Fungsi Paru	Mean	SD	SE	P value	N
Normal	2,38	5,27	1,31	0,001	16
Terganggu	9,56	11,8	1,59		55

Hasil analisis t-test ditemukan adanya hubungan antara jumlah batang rokok yang dihisap responden dengan gangguan fungsi paru ($pvalue=0,001$). Rata-rata jumlah rokok yang dihisap pada responden yang memiliki fungsi paru normal sebanyak 2 batang dan pada fungsi paru terganggu sebanyak 10 batang.

5.3.5.2 Hubungan Dosis Inhalasi PM_{2.5} Rokok dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.23 Gambaran Rata-Rata Dosis Inhalasi PM_{2.5} Rokok Menurut Gangguan Fungsi Paru

Fungsi Paru	Mean	SD	SE	P value	N
Normal	28,50	63,33	15,83	0,001	16
Terganggu	114,76	141,64	19,09		55

Hasil analisis t-test ditemukan adanya hubungan antara dosis inhalasi PM_{2.5} rokok responden dengan gangguan fungsi paru ($pvalue=0,001$). Rata-rata dosis inhalasi PM_{2.5} rokok pada responden yang memiliki fungsi paru normal sebesar 28,5 mg/hari dan pada fungsi paru terganggu sebesar 141,64 mg/hari.

5.3.6 Hubungan Status Gizi dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.24 Gambaran Responden Menurut Status Gizi dan Gangguan Fungsi Paru

Status Gizi	Fungsi Paru		P value	OR (95%CI)
	Terganggu	Normal		
Tidak Normal	27 (77,1%)	8 (22,9%)	0,949	0,964 (0,32-2,94)
Normal	28 (77,8%)	8 (22,6%)		

Hasil analisis hubungan antara status gizi dengan gangguan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 28 orang (77,8%) pedagang dengan status gizi normal memiliki gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang dengan status gizi tidak normal ada 27 orang (77,1%) yang memiliki gangguan fungsi paru. Hasil uji statistik diperoleh nilai $p=0,949$ maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan proporsi kejadian gangguan fungsi paru antara pedagang dengan status gizi normal dan tidak normal (tidak ada hubungan yang signifikan antara status gizi dengan gangguan fungsi paru).

5.3.7 Hubungan Masa Kerja dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.25 Gambaran Rata-Rata Masa Kerja Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru

Fungsi Paru	Mean	SD	SE	P value	N
Normal	6,18	6,74	1,68	0,213	16
Terganggu	8,52	6,48	0,87		55

Rata-rata masa kerja pedagang yang memiliki fungsi paru normal adalah 6,18 tahun dengan standar deviasi 6,74 tahun, sedangkan untuk pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru rata-rata masa kerjanya adalah 8,52 tahun dengan standar deviasi 6,48 tahun. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p=0,213$, berarti pada alpha 5% terlihat tidak ada perbedaan yang signifikan rata-rata masa kerja antara pedagang yang memiliki fungsi paru normal dengan terganggu.

5.3.8 Hubungan Lama Kerja dan Gangguan Fungsi Paru

Tabel 5.26 Gambaran Rata-Rata Lama Kerja Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru

Fungsi Paru	Mean	SD	SE	P value	N
Normal	12,72	4,34	1,08	0,712	16
Terganggu	13,13	3,91	0,53		55

Rata-rata lama kerja pedagang yang memiliki fungsi paru normal adalah 12,72 jam dengan standar deviasi 4,34 jam, sedangkan untuk pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru rata-rata lama kerjanya adalah 13,13 jam dengan standar deviasi 3,91 tahun. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p=0,712$, berarti pada alpha 5% terlihat tidak ada perbedaan yang signifikan rata-rata lama kerja antara pedagang yang memiliki fungsi paru normal dengan terganggu.

5.4 Analisis Multivariat

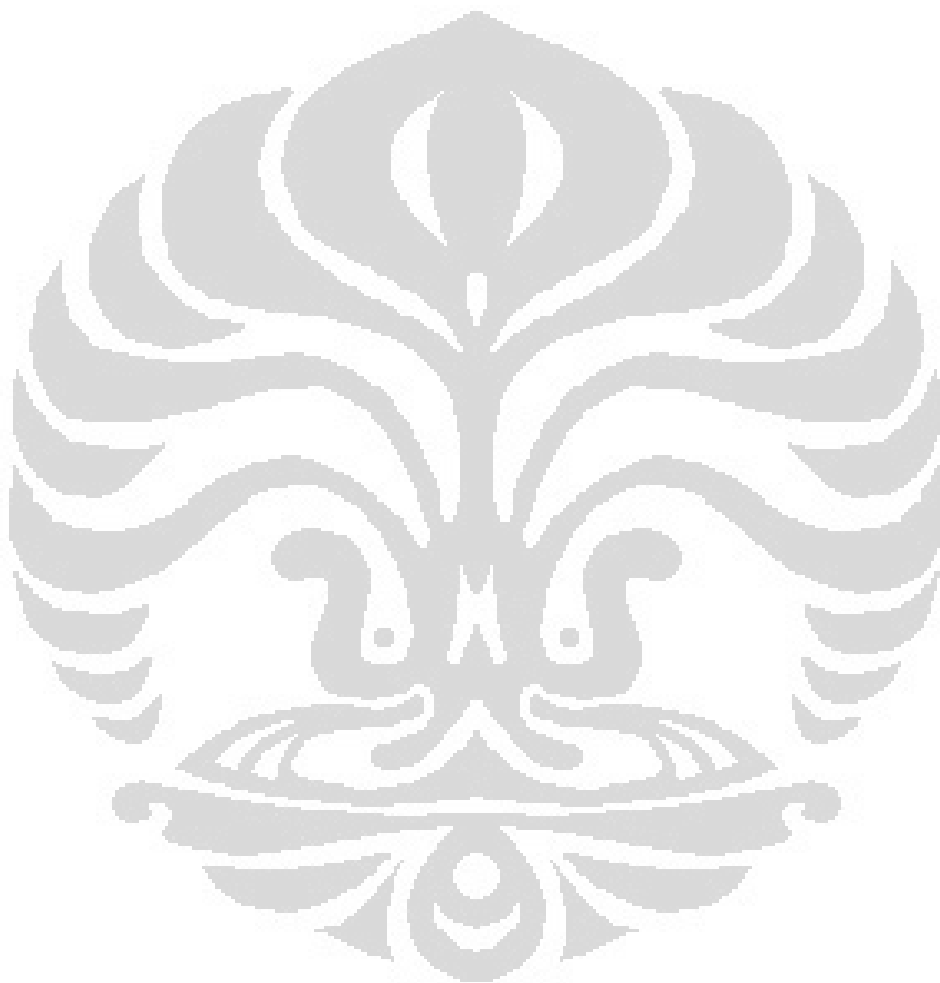
Analisis multivariat menggunakan regresi logistik untuk menganalisis satu atau beberapa variabel independen dengan sebuah variabel dependen, serta melihat variabel dependen yang mana paling berhubungan dengan variabel independen yaitu gangguan fungsi paru pada pedagang tetap Terminal Terpadu Depok Tahun 2012.

Kandidat variabel independen yang terpilih merupakan variabel yang dengan uji bivariat memiliki kemaknaan $p<0,25$, sehingga variabel yang masuk ada 3 yaitu variabel *intake* $PM_{2.5}$ individual ($p=0,004$), kebiasaan merokok ($p=0,019$), dan masa kerja ($p=0,213$). Selanjutnya variabel yang memiliki nilai $p>0,05$ dikeluarkan dari model satu per satu. Variabel pertama yang dikeluarkan adalah variabel yang memiliki nilai p terbesar.

Tabel 5.27 Hasil Analisis Regresi Logistik dengan Variabel Dependen Gangguan Fungsi Paru

Variabel	B	S.E	df	Wald	p	OR	95%CI
<i>Intake</i> $PM_{2.5}$	2,242	1,067	1	4,418	0,036	9,41	1,164-76,106
Kebiasaan merokok	1,106	0,674	1	2,698	0,1	3,02	0,807-11,323
Masa Kerja	-0,764	0,991	1	0,595	0,441	0,46	0,67-3,249
Masa Kerja ($p=0,441$) dikeluarkan							
<i>Intake</i> $PM_{2.5}$	1,654	0,714	1	5,364	0,210	5,23	1,289-21,184
Kebiasaan merokok	1,125	0,670	1	2,818	0,930	3,08	0,828-11,452
Kebiasaan Merokok ($p=0,93$) dikeluarkan							
<i>Intake</i> $PM_{2.5}$	1,872	0,697	1	7,209	0,007	6,5	1,658-25,487

Pada analisis multivariat ini tidak dilakukan uji interaksi karena hanya terdapat satu variabel yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru, yaitu *Intake* $PM_{2.5}$. Pada pedagang tetap yang memiliki *Intake* $PM_{2.5}$ diatas dosis referensi (RfC), berpeluang mendapat gangguan fungsi pernafasan 6,5 kali dibandingkan pedagang tetap yang memiliki *Intake* $PM_{2.5}$ dibawah dosis referensi (RfC).



BAB 6

PEMBAHASAN

6.1 Gangguan Fungsi Paru

Adanya gangguan fungsi paru dalam penelitian ini merupakan hasil dari interpretasi spirometri, dengan membandingkan FEV₁ (*Forced Expiratory Volume in one second*) dengan FVC (*Forced Vital Capacity*). Pemeriksaan fungsi paru dengan metode spirometri digolongkan sederhana, tidak rumit, tidak bersifat invasif, namun sudah cukup mampu menggambarkan adanya gangguan fungsi paru pada responden (Djojodibroto, 2009). Hasil didapatkan melalui formula yang dikembangkan oleh Dr. Lam WK untuk Hong Kong Thoracic Society (2006), British Thoracic Society (BTS) (2005), dan Balai Hiperkes Jakarta yang sudah disesuaikan dengan orang Asia.

Hasil pemeriksaan fungsi paru pada pedagang tetap, menunjukkan adanya kejadian penurunan fungsi paru pada 55 responden (77,4%) dengan fungsi paru restriktif 53 orang (74,6%) dan obstruktif 2 orang (2,8%). Data fungsi paru ini menggambarkan adanya penurunan fungsi paru yang cukup besar (>50%) dengan tipe restriktif pada pedagang tetap di kawasan terminal.

Pedagang yang mengalami gangguan paru restriktif berarti mengalami keterbatasan untuk menghirup oksigen karena menurunnya kemampuan paru-parunya untuk mengembang secara maksimal. Hal ini disebabkan oleh 2 hal yakni faktor intrinsik yang ditandai rusaknya sel/jaringan paru karena faktor lingkungan seperti pneumokoniosis, asbestosis, dan silikosis atau pada penyakit autoimun seperti lupus dan rheumatoid arthritis; selain itu diakibatkan pula dari faktor ekstrinsik seperti obesitas, skoliosis, dan polio. Gangguan paru restriktif tidak dapat disembuhkan namun dapat ditekan perkembangannya. (Tanpa Nama, <https://mywiserhealth.com/respiratory/restrictive-lung-disease/learn/>, diakses 31 Mei 2012)

Data profil kesehatan Kota Depok tahun 2008 menerangkan bahwa penyakit-penyakit yang berhubungan dengan pernafasan masih menempati 3 posisi teratas pada pola penyakit rawat jalan mulai dari usia 0 sampai lebih dari 66 tahun, baik di puskesmas maupun rumah sakit. Penyakit gangguan saluran pernafasan tersebut antara lain, pneumonia, faringitis akut, nasofaringitis akut, dan infeksi saluran pernafasan akut tidak spesifik lainnya. Selain itu, penyakit pernafasan yang ditandai dengan penurunan fungsi paru seperti asma dan bronkitis turut menempati peringkat 10 besar di Kota Depok.

6.2 Konsentrasi $PM_{2.5}$ Udara Ambien dan *Intake* $PM_{2.5}$ pada Pedagang

Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh $PM_{2.5}$ udara terminal terhadap gangguan fungsi paru pada pedagang tetap terminal. Pengaruh $PM_{2.5}$ ini dinyatakan dalam dosis pajanan harian (*Exposure Doses/Daily Intake*) yang didapatkan seorang pedagang setiap harinya. Oleh karena itu, jumlah yang didapatkan dari hasil pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ di terminal akan sangat mempengaruhi *Intake* $PM_{2.5}$ pada pedagang.

Hasil pengukuran di lapangan menemukan rata-rata konsentrasi $PM_{2.5}$ 0,230 $mg/m^3/24jam$.. Melalui perhitungan *Exposure-Doses*, ditemukan estimasi dosis referensi harian (RfC) per individu yang masih diperbolehkan sebesar 0,009 $mg/kg/hari$. Data hasil penelitian menemukan bahwa terdapat 50,7% pedagang yang terpajan $PM_{2.5}$ melampaui dosis referensi harian yang diperbolehkan.

Pengukuran $PM_{2.5}$ pada udara ambien di Terminal Terpadu Depok dilakukan pada 3 periode waktu (pagi, siang, dan sore) di 5 titik terminal, masing-masing periode selama 30 menit. Pengukuran dilakukan pada pembagian periode waktu yaitu pagi (06.00-12.00), siang (13.00-17.00), sore (18.00-24.00). Pengukuran ini belum dapat mewakili pengukuran rata-rata 24 jam sehingga harus melalui perhitungan menggunakan faktor konversi. Meskipun demikian konsentrasi $PM_{2.5}$ yang ditemukan sudah dapat digunakan untuk perhitungan *intake* $PM_{2.5}$ karena sebagian besar pedagang terminal sudah menutup dagangannya pukul 21.00 dan meninggalkan lokasi terminal sebelum pukul 24.00.

Pada saat pengukuran berlangsung, dilakukan pencatatan terhadap segala situasi yang berpotensi mempengaruhi konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan mengamati layar monitor DustTrack. Berdasarkan hasil observasi, sumber-sumber pencemar $PM_{2.5}$ yang ada di Terminal Terpadu Depok berasal dari, emisi transportasi baik solar maupun bensin, debu jalanan, asap rokok dari supir, pedagang, dan pengguna terminal lainnya, serta adanya satu rumah makan yang masih memasak menggunakan kayu bakar di luar lokasi dagang.

Pada umumnya, kegiatan yang dapat secara langsung meningkatkan dan menurunkan konsentrasi $PM_{2.5}$ pada monitor pengukur adalah asap transportasi bus, baik berukuran sedang, kecil, maupun besar dan angkutan kota yang “ngetem” dan menginjak pedal gas secara berulang-ulang. Kondisi lain yang turut mempengaruhi adalah aktivitas petugas penyapu jalan dan para pengguna terminal yang merokok pada saat dilakukan pengukuran.

Kendaraan bermotor banyak mengeluarkan zat-zat berbahaya ke udara bebas. Kendaraan bermotor menyumbang 13-44% *Suspended Particulate Matter* (SPM) (Suparmin, 2008). Di Malaysia, 82% dari total emisi penyebab pencemaran udara tahun 1996 berasal dari kendaraan umum (Afroz, et.al, 2003). Di Cina, ditemukan adanya kontribusi yang semakin meningkat dari sektor transportasi terhadap polusi udara pada skala lokal. 5 provinsi dengan jumlah kendaraan tinggi di Cina berkontribusi terhadap 40-45% konsentrasi parameter pencemar termasuk $PM_{2.5}$ pada tingkat nasional.

Studi yang dilakukan oleh Song, dkk (2006) di Beijing menyimpulkan bahwa hampir 20% $PM_{2.5}$ udara ambien berasal dari emisi kendaraan dan debu jalanan. Di Indonesia, kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor dan diperkirakan, pencemaran udara akan meningkat 10 kali pada tahun 2020 (Tanpa Nama, <http://www.depok.go.id/09/02/2011/01-berita-depok/udara-depok-makin-tercemar>, diakses 19 Desember 2011).

Di Kota Depok, tingkat level partikulat pada udara bebas diprediksi akan terus meningkat seiring dengan penambahan penduduk dan peningkatan mobilitas penduduk yang cukup tinggi pada beberapa tahun terakhir. Saat ini jumlah

kendaraan umum di Kota Depok tercatat mencapai ± 3000 armada ditambah meningkatnya volume kendaraan pribadi. Laporan tahun 2011 Kota Depok menegaskan bahwa pencemaran udara dari kegiatan transportasi di Depok diprediksikan dapat menghasilkan kualitas udara di Kota Depok serupa dengan di Kota Jakarta.

Total populasi di Jakarta diestimasikan akan meningkat dari 9.68 juta di 1998 menjadi 10.97 juta di 2005 dan 13.02 juta di 2015 (Syahril et al, 2002). Sebagian besar produksi PM_{10} di Jakarta berasal dari transportasi dan industri. Sampai pada tahun 2008, rata-rata tahunan level PM_{10} yang ada di udara bebas Jakarta masih berada di atas baku mutu WHO yakni $\geq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dari yang seharusnya $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CAMP, 2010).

Pengukuran $PM_{2.5}$ pada lingkungan terminal juga menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$ pada pagi, siang, dan sore hari. Konsentrasi paling tinggi di sore hari karena semakin padatnya kendaraan angkutan umum pada saat jam pulang kerja. Peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat dipengaruhi pula oleh kelembaban, suhu, arah angin, dan kecepatan angin sebagai faktor meteorologis. Pada penelitian ini, konsentrasi $PM_{2.5}$ tertinggi berada pada sore hari dimana periode tersebut merupakan letak rentang kelembaban tertinggi dan suhu terendah jika dibandingkan dengan kondisi pagi, siang, dan sore.

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran terhadap kecepatan angin, sehingga faktor ini merupakan salah satu keterbatasan penelitian oleh karena variabel ini dapat mempengaruhi keakuratan konsentrasi $PM_{2.5}$ yang sesungguhnya di terminal. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi $PM_{2.5}$ terminal rata-rata 24 jam sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tanpa menyelidiki pengaruh kecepatan angin. Jika kecepatan angin pada saat pengukuran lebih rendah, maka hasil pengukuran $PM_{2.5}$ dapat menjadi lebih besar dari angka diatas, sebaliknya jika kecepatan angin lebih tinggi maka hasil pengukuran $PM_{2.5}$ dapat menjadi lebih rendah.

6.3 Hubungan *Intake* PM_{2.5} Udara Terminal dan Gangguan Fungsi Paru

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel *intake* PM_{2.5} udara ambien terminal mempunyai hubungan yang bermakna secara statistik dengan kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang tetap terminal. Pedagang tetap yang memiliki *intake* PM_{2.5} diatas RfC ($\leq 0,009$ mg/kg/hari) mempunyai peluang 6,5 kali lebih tinggi untuk mendapat gangguan fungsi paru dibanding pedagang tetap yang memiliki *intake* dibawah RfC ($> 0,009$ mg/kg/hari). Analisis multivariat menunjukkan bahwa *intake* PM_{2.5} mempunyai pengaruh yang dominan terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang tetap Terminal Depok ($pvalue=0,007$; OR 6,5).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Seodjono (2002) yang dilakukan di seluruh terminal induk di Jawa Timur dan menyebutkan bahwa dalam konsentrasi debu yang sangat tinggi, pedagang tetap terminal mempunyai peluang 3,273 kali terkena gangguan fungsi paru. Dalam penelitian ini debu merupakan faktor risiko yang kuat untuk terjadinya gangguan fungsi paru. Penelitian di ruang terminal Yogyakarta yang dilakukan oleh BBTKL Yogyakarta (2007) juga menyatakan adanya hubungan antara konsentrasi debu ambien dengan risiko terkenanya gangguan fungsi paru dimana semakin tinggi konsentrasi debu ambien maka semakin tinggi risiko terkena gangguan fungsi paru. Dalam penelitian yang dilakukan oleh BBTKL tersebut, ditemukan bahwa PM_{2.5} lebih berpengaruh dari debu total (TSP). Begitu pula pada penelitian Hadi (2004) di Terminal Bus Umbulharjo yang menemukan hubungan yang sangat signifikan antara konsentrasi debu ambien di dalam terminal yang melebihi baku mutu dengan gangguan fungsi paru. Selain itu penelitian Andi (2011) menunjukkan secara statistik bahwa PM_{2.5} berisiko terhadap munculnya gangguan fungsi paru setelah mengontrol variabel rokok dan umur..

Laporan dari World Bank (2007) menyatakan bahwa penelitian di kota-kota besar Cina menunjukkan adanya pengaruh polusi udara terhadap insidens penyakit paru termasuk kanker dan problem saluran pernafasan. Studi kohort yang dilakukan pada populasi yang tidak merokok menunjukkan adanya 1.100

kematian akibat kanker paru dari 188.699 subjek yang diteliti dimana 15-27% dari kematian tersebut dikaitkan dengan peningkatan $PM_{2.5}$ (Turner, dkk., 2011).

Kondisi tempat dagang yang terbuka dengan jarak 0-2 meter ke jalur transportasi di dalam terminal dengan rata-rata lama kerja dan masa kerja di terminal masing-masing 13 jam dan 8 tahun, membuka ruang yang cukup besar bagi pedagang untuk terpajan $PM_{2.5}$. Data menyebutkan bahwa 50,7% pedagang yang diteliti memiliki *Intake* $PM_{2.5}$ udara ambien diatas dosis referensi yang diperbolehkan (RfC).

Penelitian di Bangkok yang dilakukan untuk membandingkan risiko pedagang yang berlokasi di tepi jalan (*road-side vendors*) dengan mereka yang berdagang di kawasan residensial, menemukan bahwa tempat dimana *road-side vendors* berdagang merupakan kawasan tinggi $PM_{2.5}$ (melebihi standar), mereka berisiko 3,62-7,82 kali mendapat gangguan saluran pernafasan bagian bawah dibanding mereka yang berada di kawasan residensial (Kongtip, dkk., 2008). Penelitian yang hampir serupa di Hongkong yang menunjukkan bahwa *road-side vendors* mengalami penurunan FVC yang cukup besar pada level partikulat yang melebihi ambang batas (Jones, dkk., 2008).

Konsentrasi $PM_{2.5}$ yang dihirup oleh pedagang dari udara ambien terminal kemungkinan besar berasal dari emisi kendaraan di dalam terminal, mengingat jumlah kendaraan yang cukup besar, lokasi terminal yang sangat dekat dengan jalan raya Margonda, minimnya areal hijau di areal terminal, serta luas terminal yang tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang difasilitasi terminal. Dugaan ini perlu dibuktikan melalui penelitian selanjutnya dengan melihat dominasi warna yang melekat pada filter pengukur. Jika warna yang mendominasi adalah hitam artinya sumber pencemar dominan berasal dari kendaraan, namun jika berwarna lain kemungkinan berasal dari permukaan tanah.

Kandungan pencemar lainnya yang ikut menempel pada debu $PM_{2.5}$ yang berasal dari emisi kendaraan, erat kaitannya dengan bahan bakar yang digunakan oleh ribuan kendaraan umum di lokasi tersebut antara lain, solar untuk bus ukuran sedang dan besar, serta bensin untuk angkutan kota yang berkapasitas ± 12 orang.

Berdasarkan hasil studi *Fuel Quality Monitoring* 2006 yang dilaksanakan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, solar Indonesia masih tergolong buruk di beberapa kota karena kandungan sulfur yang cukup tinggi. Pada tahun 2005 rata-rata kandungan belerang dalam solar di Kota Jakarta adalah 1000 ppm dan tahun 2006 rata-ratanya mencapai 2700 ppm dengan range minimum 700 ppm sampai dengan maximum 3300 ppm. Kandungan belerang dalam solar ini sangat terkait dengan konsentrasi partikulat di udara. Partikulat yang dihasilkan dari emisi solar telah diidentifikasi sebagai toksik dan telah dihubungkan dengan kanker paru (California Air Resources Board, 1998).

Emisi solar diperkirakan mengandung 450 zat dan sekitar 40 zat telah dicatat sebagai kontaminan yang bersifat toksik dan memiliki dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan (Mauderly, 1992). *Integrated Risk Information System* (IRIS) US EPA juga menggolongkan emisi solar yang disebut dengan Diesel Engine Exhaust (DE) sebagai bahan yang berpotensi karsinogenik untuk manusia (EPA, 1999). Peningkatan risiko kanker paru terhadap pajanan DE telah ditemukan pada 8 dari 10 studi kohort, dimana 5 diantaranya signifikan secara statistik (EPA, 2012).

Sedangkan untuk emisi bensin, *American Lung Association* menerangkan bahwa zat toksik yang dikandung dari hasil pembakaran bensin yakni *benzene*, *1,3-butadiene*, *formaldehyde*, dan *acetaldehyde*, dan MTBE semakin menjadi sorotan dunia kesehatan lingkungan dewasa ini yakni. Zat-zat tersebut dalam beberapa studi telah terbukti menyebabkan kanker pada manusia. Selain itu, senyawanya dari emisi bensin sangat sulit untuk dipecah di lingkungan dan dapat menjadi ancaman bagi manusia dari jalur pajanan lain, seperti kulit dan oral.

6.4 Hubungan Status Gizi dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru

Hasil analisis hubungan antara status gizi dengan gangguan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 28 orang (77,8%) pedagang dengan status gizi normal memiliki gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang dengan status gizi tidak normal ada 27 orang (77,1%) yang memiliki gangguan fungsi

paru. Hasil uji statistik diperoleh nilai $p=0,949$ maka dapat disimpulkan tidak ada hubungan yang signifikan antara status gizi dengan gangguan fungsi paru.

Hal ini tidak sejalan dengan penelitian Chen, dkk. (2007) dimana status gizi yang dinilai dengan IMT secara korelasi berhubungan negatif dengan FVC dan FEV₁. Hasil ini juga tidak sejalan dengan penelitian Jones dan Nzekwu (2006) yang menunjukkan adanya hubungan atau efek yang signifikan antara IMT dengan volume paru seseorang. Begitu pula dengan riset yang dilakukan oleh Jacobs, dkk (1992) dan Cotes, dkk (2001) dimana fungsi paru seseorang menurun seiring dengan peningkatan berat badan setelah variabel umur, tinggi, ras, jenis kelamin, status merokok, dan asma dikendalikan.

Menurut teori, nutrisi yang kurang menyebabkan berat badan yang rendah. Berat badan rendah berhubungan dengan penurunan kekuatan otot respirasi dan peningkatan mortalitas (Brashers, 2007). Sedangkan obesitas atau berat badan berlebih telah banyak dikaitkan dengan disfungsi paru. Obesitas berhubungan dengan pengurangan kapasitas vital yang dapat menyebabkan penyakit paru restriktif (Sabiston, 1995).

Obesitas memberikan beban tambahan pada thoraks dan abdomen berupa peregangan berlebihan. Otot-otot pernapasan bekerja lebih keras. Beban kerja pernapasan merupakan jumlah energi yang dibutuhkan dalam proses pernapasan. Jumlah energi diukur dengan banyaknya oksigen yang dikonsumsi oleh otot-otot pernapasan untuk tiap liter ventilasi. Semakin besar nilai Indeks Masa Tubuh (IMT), kian berat kerja pernapasan yakni meningkat 60% dan pada obesitas berat 250%.

6.5 Hubungan Jenis Kelamin dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru

Pada penelitian ini, distribusi jenis kelamin pedagang terlihat didominasi oleh pedagang laki-laki daripada perempuan. Pedagang dengan jenis kelamin laki-laki berjumlah 43 orang (60,6%), sedangkan untuk jenis kelamin perempuan 28 orang (39,4%). Hasil analisis hubungan antara jenis kelamin dengan gangguan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 20 orang (71,4%) pedagang perempuan memiliki gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang laki-

laki ada 35 orang (81,4%) yang memiliki gangguan fungsi paru. Hasil uji statistik diperoleh nilai $p=0,389$ maka dapat disimpulkan tidak ada hubungan yang signifikan antara jenis kelamin dengan gangguan fungsi paru.

Hubungan yang tidak signifikan pada faktor gender kemungkinan disebabkan oleh jumlah yang mendapat gangguan fungsi paru tidak terlalu berbeda satu dengan yang lainnya pada masing-masing kelompok, baik perempuan maupun laki-laki. Pada prinsipnya, laki-laki banyak membutuhkan energi lebih besar sehingga laki-laki memerlukan oksigen yang lebih banyak daripada perempuan (Aryulina, dkk., 2006). Pada seorang laki-laki, kebutuhan oksigen normal sebesar 4-5 liter dan pada seorang perempuan, 3-4 liter (Pearce, 2009).

Arus ekspirasi lebih besar pada laki-laki dan sebanding dengan kapasitas total paru-parunya (Hibbert, dkk., 1995). Oleh karena itu, US CDC mengeluarkan angka *default* laju respirasi untuk wanita dan laki-laki berumur 19-65+ tahun masing-masing 11,3 m³/hari dan 15,2 m³/hari (ATSDR, 2005). Hal ini menggambarkan bahwa laki-laki memiliki laju respirasi lebih besar dibanding perempuan dan lebih berisiko terhadap paparan lingkungan terutama yang berhubungan dengan agen penyakit dari media udara.

Pada penelitian Olafsdottir, dkk (2007) terhadap *C-reactive protein* (CRP) yang merupakan biomarker untuk mendeteksi adanya gangguan pada fungsi paru mengemukakan, bahwa semakin tinggi CRP semakin tinggi pula risiko gangguan fungsi paru. Hubungan antara CRP dan fungsi paru ini secara signifikan lebih besar pada laki-laki daripada perempuan dan tidak berhubungan signifikan dengan penurunan fungsi paru pada perempuan.

Hubungan yang lebih jelas antara jenis kelamin dengan gangguan fungsi paru masih harus membutuhkan banyak penelitian karena pengaruhnya yang kompleks. Card, dkk pada penelitiannya tahun 2006 dan 2007 menggunakan tikus dan masing-masing dikelompokkan dan diintervensi berdasarkan jenis kelamin. Mereka menemukan bahwa saluran pernafasan pada tikus jantan lebih sensitif terhadap *methacholine aerosol* (bahan kimia yang dipakai untuk melakukan tes

responsif pada saluran pernafasan) daripada pada tikus betina, disimpulkan pula bahwa hormon laki-laki berpengaruh terhadap peningkatan gangguan fungsi paru pada laki-laki.

6.6 Hubungan Umur dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru

Rata-rata umur pedagang yang memiliki fungsi paru normal adalah 40,69 tahun, sedangkan untuk pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru rata-rata umurnya adalah 37,98 tahun. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p=0,457$, berarti pada alpha 5% terlihat tidak ada perbedaan yang signifikan rata-rata umur antara pedagang yang memiliki fungsi paru normal dengan terganggu.

Perkembangan sistem pernapasan dimulai pada minggu ke-4 kehamilan. Pada akhir minggu ke-7 kehamilan, paru-paru sudah selesai berkembang namun kematangannya berlanjut selama pra dan postnatal. 80% jaringan alveolar mengakhiri perkembangannya sampai masa remaja akhir, usia 18 tahun pada perempuan dan 20 tahun pada laki-laki (Fortoul, 2011; Gauderman, dkk., 2004). Dalam waktu yang begitu panjang ini paru-paru kerap mengalami kerusakan dan memodifikasi perkembangannya, yang kemudian meningkatkan risiko berkembangnya penyakit paru saat memasuki masa dewasa, misalnya restriksi atau penurunan fungsi paru (Rojas-Martinez, dkk., 2007).

Menurut teori, bertambahnya umur seseorang kemudian mengakibatkan frekuensi pernapasan menjadi semakin lambat. Pada usia lanjut yakni 60 tahun ke atas, energi yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan pada saat usia pertumbuhan, sehingga oksigen yang diperlukan relatif sedikit (Aryulina, dkk., 2006). Di usia lanjut terjadi beberapa perubahan struktural dan fungsional pada toraks dan paru-paru. Pada usia tersebut, ditemukan alveoli menjadi kurang elastis dan lebih berserabut serta berisi kapiler-kapiler yang kurang berfungsi, sehingga kapasitas penggunaan menurun karena kapasitas difusi paru-paru untuk oksigen tidak dapat memenuhi permintaan tubuh (Maryam, 2008). Usia lanjut berhubungan dengan pengurangan volume paru-paru, volume ekspirasi paksa (FEV), dan kecepatan aliran, serta elastisitas paru-paru (Sabiston, 1995).

Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Simaela (2000), Seedjono (2002) Hubungan yang tidak signifikan antara umur dan gangguan fungsi paru pada populasi pedagang terminal diperkirakan karena rata-rata perbedaan umur pada masing-masing kelompok pedagang baik yang mengalami gangguan fungsi paru maupun sebaliknya, tidak terlalu mencolok atau dengan kata lain hampir sama pada kedua kelompok yakni masing-masing 37,98 tahun dan 40,69 tahun.

6.7 Hubungan Riwayat Penyakit dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru

Hasil analisis hubungan antara riwayat alamiah penyakit dengan fungsi paru diperoleh bahwa ada sebanyak 40 pedagang (74,1%) yang tidak memiliki riwayat asma, emfisema, TBC, alergi, sinusitis, bronkitis, atau alergi dengan gangguan fungsi paru. Sedangkan diantara pedagang yang memiliki riwayat penyakit tersebut, ada 15 orang (88,2%) dengan gangguan fungsi paru. OR didapatkan sebesar 2,625 artinya pedagang yang memiliki riwayat penyakit pernafasan mempunyai peluang 2,625 kali lebih besar untuk mendapat gangguan fungsi paru dibanding pedagang yang tidak memiliki riwayat penyakit pernafasan. Namun, hasil uji statistik diperoleh nilai $p=0,325$ yang menggambarkan hubungan yang tidak signifikan antara riwayat alamiah penyakit dengan gangguan fungsi paru.

Meskipun penelitian ini sejalan dengan penelitian Simaela (2000) yang tidak menemukan adanya hubungan antara kadar debu tinggi dengan gangguan fungsi paru pada pekerja, namun hasil ini tidak sejalan dengan penelitian Sudjono (2002) dimana riwayat penyakit paru dapat meningkatkan risiko hingga 2 kali lebih besar untuk mendapat gangguan fungsi paru pada pedagang tetap di Terminal Induk Jawa Tengah. Begitu pula dengan penelitian Trisnawati (2007) yang menemukan adanya hubungan antara riwayat penyakit dengan gangguan fungsi paru pada tukang ojek di Alun-alun Ungaran Kabupaten Semarang

Penelitian Budiono (2007) juga menemukan bahwa ada hubungan riwayat penyakit pernafasan terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil. Selain itu Guyton dan Hall (2008), menuliskan pula bahwa kondisi asma,

kanker paru, tuberculosis, dan penyakit paru lainnya dapat mempengaruhi kondisi fungsi paru.

Hasil penelitian ini diduga dikarenakan oleh adanya *bias recall* dimana responden lupa mengenai riwayat penyakitnya karena sudah begitu lama, menganggap penyakit paru yang dideritanya bukan sesuatu yang penting, atau malu untuk mengungkapkannya. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kebermaknaan hubungan antara riwayat penyakit dengan gangguan fungsi paru.

6.8 Hubungan Kebiasaan Merokok dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru

Data hasil penelitian mengemukakan adanya hubungan antara kebiasaan merokok ($pvalue= 0,019$), jumlah batang rokok yang dikonsumsi dengan gangguan fungsi paru ($pvalue=0,001$), dan dosis inhalasi $PM_{2.5}$ bersumber rokok ($pvalue=0,001$). Hasil analisis diperoleh nilai $OR= 4,17$, artinya pedagang yang memiliki kebiasaan merokok mempunyai peluang 4,17 kali lebih tinggi untuk mendapat gangguan fungsi paru dibanding pedagang yang tidak memiliki kebiasaan merokok. Rata-rata konsumsi rokok pada responden yang memiliki fungsi paru normal adalah sebanyak 2 batang dan pada fungsi paru terganggu sebanyak 10 batang.

Hal ini sejalan dengan penelitian Higgins, dkk (1993) dimana prevalensi gangguan fungsi paru tinggi pada perokok aktif dibandingkan mereka yang tidak merokok. Fungsi paru juga berhubungan erat dengan bungkus/tahun yang dihabiskan oleh masing-masing perokok. Penelitian post-mortem pada 130 kasus autopsi menemukan adanya kejadian gangguan fungsi paru yang lebih besar pada kelompok perokok aktif (Bostanci, dkk., 2005).

Merokok sangat mempengaruhi pembersihan mukosiliaris saluran pernapasan serta membentuk sekresi yang lebih kental dan lengket (Sabiston,1995). Merokok menyebabkan lebih dari 4000 zat kimia berefek langsung pada sistem pernapasan sehingga perokok akan mengalami batuk kronis,

peningkatan produksi sputum, dispnea, dan penurunan kapasitas paru (Andrew, 1998 dalam Carpenito, 2009).

Indonesia merupakan negara ke-empat di dunia dalam konsumsi rokok terbesar di dunia setelah Cina, Rusia, dan Amerika (Tanpa Nama, www.tobaccoatlas.org/products/cigarette_consumption/fig_c/, 12 Juni 2012). Menurut data Riset Kesehatan Dasar tahun 2010, dengan produksi 240 miliar batang setahun, setiap perokok di Indonesia diperkirakan menghisap 4000 batang rokok sepanjang tahun. Analisis deskriptif penelitian ini menyebutkan bahwa perokok aktif di terminal yang diteliti, mengonsumsi rokok dengan rata-rata 15,67 batang/hari. Jika 15,67 dikalikan dengan 365 hari maka didapatkan ± 5719 batang sepanjang tahun. Oleh karena itu, hasil ini sejalan dengan pernyataan sebelumnya pada Riskesdas 2010.

Penelitian Pope, dkk (2011) membuat standar bahwa rata-rata setiap batang rokok yang dikonsumsi oleh manusia berkontribusi merusak paru dengan dosis inhalasi sebesar 12mg PM_{2.5}. Hasil perhitungan menyebutkan, perokok aktif di terminal yang mendapat gangguan fungsi paru, mengonsumsi rokok dengan rata-rata 10 batang/hari (1 bungkus rokok = 12 batang). Dari sini didapatkan rata-rata dosis inhalasi PM_{2.5} yang dihirup mereka setiap harinya dari rokok diestimasikan mencapai 188 mg PM_{2.5} setiap harinya.

Studi yang dilakukan pada orang Asia dan Australia menemukan bahwa seseorang dapat menurunkan risiko untuk mendapatkan kanker paru sampai 70% apabila mereka berhenti merokok. Seseorang dengan umur 68 tahun dan memiliki riwayat 2 bungkus rokok setiap harinya memiliki risiko sampai 15% untuk mendapatkan gangguan fungsi paru pada 10 tahun berikutnya. Risiko ini dapat menurun sampai 10,8% jika ia berhenti merokok. (Eldridge, lungcancer.about.com/od/Lung-Cancer-And-Smoking/f/Smokers-Lung-Cancer.htm, diakses 12 Juni 2012).

Patogenesis gangguan fungsi paru melibatkan pelepasan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan faktor inflamasi oleh karena meningkatnya permeabilitas endothel. ROS merupakan toksik karena dapat merusak struktur enzim,

menghancurkan formasi ATP dan DNA. Meskipun ROS dikenal hanya terdapat pada makhluk hidup namun studi yang dilakukan di Taipei oleh Huang, dkk (2005) menemukan bahwa partikulat ROS ditemukan dominan pada PM_{2.5} yang dihasilkan rokok sehingga diduga bahwa ROS pada PM_{2.5} inilah yang menjadi salah satu sumber utama untuk insiden kanker paru yang tinggi pada perokok aktif.

6.9 Hubungan Lama dan Masa Kerja dan Kejadian Gangguan Fungsi Paru

Hasil analisis didapatkan rata-rata lama kerja pedagang setiap hari dan setiap minggunya masing-masing 13,03 jam. Rata-rata lama kerja pedagang yang memiliki fungsi paru normal adalah 12,72 jam, sedangkan untuk pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru rata-rata lama kerjanya adalah 13,13 jam. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p=0,712$, tidak ada perbedaan yang signifikan rata-rata lama kerja antara pedagang yang memiliki fungsi paru normal dengan terganggu.

Sedangkan untuk masa kerja, rata-rata masa kerja pedagang yang memiliki fungsi paru normal adalah 6,18 tahun, sedangkan untuk pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru rata-rata masa kerjanya adalah 8,52 tahun. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p=0,213$, tidak ada perbedaan yang signifikan rata-rata masa kerja antara pedagang yang memiliki fungsi paru normal dengan terganggu.

Menurut teori, gangguan fungsi paru akibat penurunan kapasitas paru yang timbul pada pekerja sangat bergantung pada lamanya pajanan dan banyaknya debu yang terhirup. Hal ini bergantung pada tiga hal yakni, kadar debu di dalam udara, jumlah kadar di udara dengan lamanya paparan berlangsung/dosis kumulatif, dan waktu tinggal (retensi) lamanya debu dalam paru-paru (WHO,1995). Bahkan penelitian pada penjaga pantai di Amerika menyebutkan bahwa dalam pajanan rendah PM_{2.5} harian, ditemukan adanya hubungan dengan penurunan volume paru (Thaller, 2008). Di Denmark, Pajanan jangka panjang pada partikulat terhadap pekerja cat dapat mempercepat penurunan fungsi paru terkait usia seseorang (Christensen, 2008).

Meskipun hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Sudjono (2002) yang memperlihatkan bahwa tidak terdapat hubungan antara lama kerja dan masa

kerja dengan kejadian gangguan fungsi paru pedagang Terminal Bus Induk Jawa Tengah. Namun hasil ini tidak sejalan dengan penelitian Selvia, dkk (2011) dan Hadi (2004) masing-masing di Terminal Bus Purwokerto dan Terminal Bus Umbulharjo Jojakarta yang menemukan bahwa masa kerja berhubungan signifikan dengan penurunan fungsi paru pada pedagang terminal.

Hasil ini juga tidak sejalan dengan penelien Budiono (2007) yang menunjukkan adanya hubungan antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru dimana responden yang bekeja lebih dari 10 tahun mempunyai risiko hampir 15 kali lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru dibanding dengan pekerja yang masa kerjanya kurang dari 10 tahun. Begitu pula dengan Simaela (2000) yang menunjukkan adanya hubungan bermakna dan risiko yang mencapai 13,66 kali lebih tinggi untuk mendapat gangguan fungsi pada pekerja dengan masa kerja diatas 5 tahun dibanding dengan pekerja dengan masa kerja dibawah 5 tahun.

Kemungkinan ketidakbermaknaan antara gangguan fungsi paru dengan lama kerja dan masa kerja diakibatkan rata-rata jam kerja dan tahun kerja pada masing-masing kelompok baik yang mengalami gangguan fungsi paru atau sebaliknya, hampir sama.

6.10 Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan penelitian ini antara lain:

1. Deteksi riwayat alamiah penyakit berupa manifestasi penyakit asma, alergi, TBC, sinusitis, emfisema, dan bronkitis kronik yang dapat mempengaruhi fungsi paru seseorang hanya dilakukan dengan proses wawancara. Tidak ada pemeriksaan lanjutan seperti foto toraks postero anterior (PA) maupun pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) yang diperlukan sebagai pemeriksaan penunjang untuk mendeteksi kelainan fungsi paru yang disebabkan penyakit-penyakit diatas. Hal ini dikarenakan keterbatasan biaya yang dimiliki oleh peneliti.

2. Estimasi Dosis Paparan per individu yang dipresentasikan melalui perhitungan *Intake*, mengacu pada konsentrasi rata-rata udara ambien dan pengukuran tidak menggunakan *Personal Dust Sampler* yang dapat menunjukkan paparan individual yang lebih akurat. Hal ini juga dikarenakan keterbatasan biaya yang dimiliki oleh peneliti.
3. Kemungkinan adanya bias observasi karena kesalahan manuver atau prosedur pada saat pengambilan data fungsi paru pada beberapa responden seperti belum bebas rokok selama 2 jam atau masih dalam kondisi kenyang, kebocoran nafas lewat hidung atau karena tidak dapat menutup mulut dengan rapat pada *mouthpiece*.
4. Pengukuran $PM_{2.5}$ dalam penelitian ini dilakukan dalam tiga periode waktu (pagi, siang, dan sore) dan belum dapat mewakili hasil pengukuran dalam 24 jam. Agar hasil dapat mewakili rata-rata 24 jam, data pengukuran dalam penelitian ini harus dikonversi menggunakan faktor konversi.
5. Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran terhadap kecepatan angin, sehingga faktor ini merupakan salah satu keterbatasan penelitian oleh karena variabel ini dapat mempengaruhi keakuratan konsentrasi $PM_{2.5}$ yang sesungguhnya di terminal.
6. Tidak adanya informasi yang valid mengenai data pedagang di terminal sehingga pengambilan sampel mengacu pada prevalensi gangguan fungsi paru pada penelitian dengan kondisi yang sama di Bogor, Jawa Barat. Sebanyak 71 orang sampel diteliti dan pengambilan dilakukan secara *snowball-sampling (non-probability)* sehingga dkuatirkan hasil kurang mewakili keadaan populasi yang sebenarnya.

BAB 7

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini pengaruh konsentrasi $PM_{2.5}$ terhirup (*intake* $PM_{2.5}$), riwayat penyakit pernafasan, jenis kelamin, umur, kebiasaan merokok, jumlah konsumsi rokok, status gizi, masa kerja, dan lama kerja responden terhadap gangguan fungsi paru pedagang tetap terminal, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konsentrasi $PM_{2.5}$ udara ambien di lingkungan terminal berdasarkan pengukuran pada tiga periode waktu (pagi-siang-sore) mencapai $0,230 \text{ mg/m}^3$.
2. Ditemukan 77,4% dari pedagang tetap di Terminal Terpadu Depok yang mengalami gangguan fungsi paru diantaranya 74,6% restriktif dan 2,8% obstruktif.
3. *Intake* $PM_{2.5}$ udara ambien terminal merupakan variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap kejadian gangguan fungsi paru pedagang tetap Terminal Terpadu Depok. Hasil analisis diperoleh nilai $OR= 6,5(pvalue= 0,004)$, artinya pedagang yang memiliki *intake* $PM_{2.5}$ diatas RfC mempunyai peluang 6,5 kali lebih tinggi untuk mendapat gangguan fungsi paru dibanding pedagang yang memiliki *intake* dibawah RfC. Melalui uji t-test diperoleh hubungan signifikan ($pvalue= 0,021$) dimana rata-rata *intake* $PM_{2.5}$ pada pedagang yang memiliki gangguan fungsi paru sebesar $0,108 \text{ mg/m}^3$ sementara yang tidak memiliki gangguan fungsi paru sebesar $0,005 \text{ mg/m}^3$.
4. Kebiasaan merokok dan jumlah rokok yang dikonsumsi mempunyai hubungan yang bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru pedagang tetap Terminal Terpadu Depok. Pedagang yang memiliki kebiasaan merokok mempunyai peluang 4,17 kali lebih tinggi untuk mendapat gangguan fungsi paru dibanding pedagang yang tidak memiliki

kebiasaan merokok ($pvalue=0,019$). Rata-rata konsumsi rokok pada responden yang memiliki fungsi paru normal adalah sebanyak 2 batang dan pada fungsi paru terganggu sebanyak 10 batang ($pvalue=0,001$). Disamping itu, rata-rata dosis inhalasi $PM_{2.5}$ dari rokok pada responden dengan fungsi paru normal sebesar 28,5 mg/hari dan pada fungsi paru terganggu sebesar 141,64 mg/hari ($pvalue=0,001$).

5. Karakteristik individu seperti umur ($pvalue=0,457$), jenis kelamin ($pvalue=0,389$), dan riwayat penyakit pernafasan ($pvalue=0,325$) tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang Tetap Terminal Depok.
6. Karakteristik pekerjaan yakni lama kerja ($pvalue=0,712$), dan masa kerja ($pvalue=0,213$), tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang Tetap Terminal Depok. Ditemukan rata-rata lama kerja dan tahun kerja yang hampir sama baik pada kelompok yang menderita gangguan fungsi paru maupun dengan fungsi paru normal yakni masing-masing, 13,03 jam dan 12,17 jam untuk lama kerja serta 8,52 tahun dan 6,18 tahun pada kedua kelompok.
7. Hasil analisis multivariat menunjukkan *Intake* $PM_{2.5}$ memiliki pengaruh yang dominan terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pedagang tetap di Terminal Depok ($pvalue=0,007$; OR=6,5).

7.2 Saran

Melalui hasil penelitian ini, terdapat dua variabel yang secara signifikan berhubungan terhadap kejadian gangguan fungsi paru di terminal yakni Kebiasaan Merokok dan *Intake* $PM_{2.5}$ udara ambien terminal. Namun, oleh karena *Intake* $PM_{2.5}$ memiliki pengaruh yang lebih besar dari variabel lainnya, prioritas intervensi diperlukan untuk menghasilkan perbaikan lingkungan disamping mendorong perubahan perilaku pada pedagang untuk berhenti merokok. Untuk mencapai hal tersebut beberapa saran yang dapat diberikan yakni:

1. Melakukan sosialisasi penggunaan masker pada pedagang terminal sebagai Alat Pelindung Diri (APD) yang paling sederhana, namun cukup

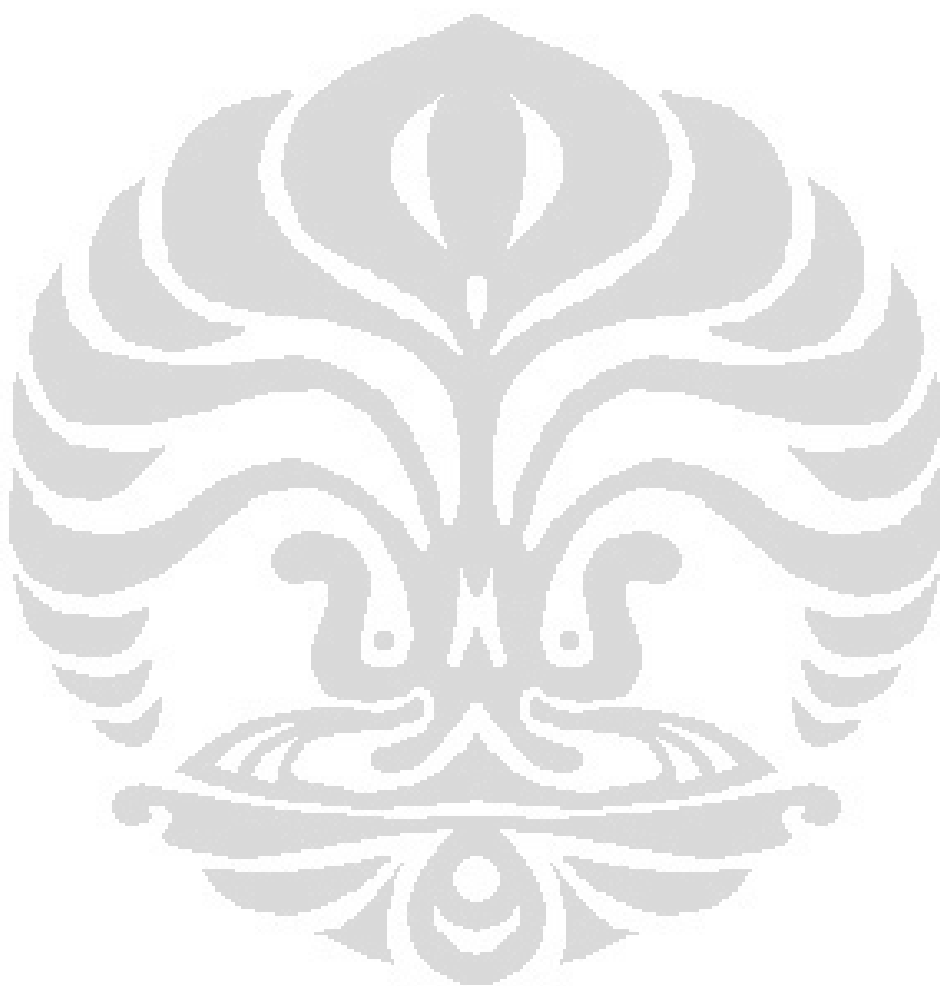
efektif jika digunakan dengan cara yang benar selama berdagang di Terminal.

2. Studi lanjutan dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk manajemen risiko di lingkungan terminal dengan menemukan batas aman lama kerja, masa kerja, dan berat badan yang berhubungan dengan status gizi pada pedagang tetap maupun pekerja tetap lain di area terminal depok. Hal ini dikarenakan dasar perhitungan *Intake* $PM_{2.5}$ sebagai variabel paling berpengaruh dalam kejadian gangguan fungsi paru, memuat ketiga variabel tersebut.
3. Penelitian selanjutnya untuk mengetahui gangguan fungsi paru spesifik pada pedagang terminal agar langkah-langkah intervensi yang selanjutnya dilakukan terhadap populasi pedagang terminal lebih tepat sasaran.
4. Pengukuran selanjutnya untuk melihat sumber utama emisi $PM_{2.5}$ di lingkungan terminal dengan melihat warna dominan pada filter pada alat pengukur. Warna hitam yang mendominasi filter menandakan bahwa sumber emisi $PM_{2.5}$ paling besar berasal dari kendaraan sedangkan jika warna filter tampak tidak hitam, maka sumber emisi $PM_{2.5}$ berasal dari permukaan tanah.
5. Kebijakan Pemerintah Kota Depok agar segera menyelesaikan pembangunan Terminal Jatijajar, yang semula direncanakan rampung pada tahun 2011. Hal ini diperlukan untuk mengalokasikan sejumlah rute kendaraan dalam rangka mengurangi emisi dari kendaraan bermotor di ruang terminal, dikarenakan sumber $PM_{2.5}$ di ruang terminal kemungkinan berasal dari ribuan kendaraan yang memanfaatkan ruang terminal yang cukup sempit dan debu jalanan baik dari dalam terminal maupun jalan raya margonda yang sangat dekat dengan kawasan terminal.
6. Pihak Terminal dalam hal ini Dinas Perhubungan yang khusus menangani terminal bekerjasama dengan Paguyuban Terminal, sebaiknya semakin hijaukan kawasan terminal dengan cara menambah tanaman-tanaman yang dapat mengurangi polusi udara di terminal.
7. Untuk mengurangi emisi kendaraan yang disebabkan seringnya kendaraan “*ngetem*” sambil menghidupkan mesin, maka Pihak Terminal dapat

menempelkan poster atau *sticker* dan mensosialisasikan gerakan untuk mematikan mesin ketika menunggu penumpang di dalam terminal. Poster dapat bertuliskan pesan singkat seperti “*Matikan Mesin Anda Ketika Sedang Mengisi Penumpang*”. Kegiatan ini selain dapat menurunkan polusi PM_{2.5}, juga sesuai dengan anjuran Presiden Republik Indonesia untuk bersama-sama membudayakan gerakan *Saving Energy*.

8. Pihak Terminal bekerjasama dengan komunitas supir terminal melakukan sosialisasi *Eco Driving*. Selain dapat menurunkan polusi, teknik *Eco Driving* sangat menguntungkan supir dan pihak pengelola bus dan angkutan umum. Misalnya, jika mesin menyala dan kendaraan tidak bergerak, atau mengendarai secara agresif maka konsumsi BBM dapat mencapai lebih dari 3 liter per jam dan merusak komponen mesin yang sama saja dengan melakukan pemborosan uang untuk perawatan mesin dan konsumsi BBM.
9. Sosialisasi kepada para pedagang untuk menurunkan kebiasaan merokok perlu dilakukan. Kondisi untuk melakukan penyuluhan secara massal mungkin akan mengalami kendala dikarenakan sulitnya pedagang meninggalkan dagangannya. Oleh karena jam kerja yang cukup padat yakni rata-rata lama kerja 13 jam/hari dan rata-rata lama kerja/minggu 6,7 hari. Solusinya, sosialisasi lewat media brosur mungkin lebih tepat apalagi mengingat tingkat pemahaman yang direpresentasikan oleh tingkat pendidikan pedagang (46,5% persen pedagang yang diteliti sudah menyelesaikan pendidikannya di bangku SMA) sudah cukup baik.
10. Penelitian ini dan penelitian lain yang serupa dapat menjadi salah satu pertimbangan kesehatan dalam mengaplikasikan kebijakan Peraturan Daerah Kota Depok No. 14/2001 Tentang Ketertiban Umum yakni pada Bab Tertib Usaha, pasal 7 dimana, “*Setiap orang atau badan dilarang melakukan usaha di jalan, trotoar, pinggir rel, jalur hijau, taman, bantaran sungai dan tempat umum lainnya kecuali yang di izinkan Walikota atau pejabat yang ditunjuk*”, bahwa terdapat risiko kesehatan bagi pedagang yang melakukan usaha-usaha di tempat umum yang padat polusi, disamping Pemerintah Kota Depok juga melakukan perbaikan pada

tata ruang kota agar pedagang tetap bisa berdagang dan memiliki tempat yang layak.



DAFTAR PUSTAKA

- Afroz, R., Hassan, M., dan Ibrahim, N.K. (2003). *Review of Air Pollution and Health Impacts in Malaysia*. Environmental Research. 92:71-77.
- Arjito, Bayu Adi (2003). *Hubungan Lama Kerja dengan Keadaan Fungsi Paru pada Petugas Pengantar Surat Sentral Pengolahan Pos Kota Semarang Tahun 2003*. (Skripsi). Fakultas Kesehatan Masyarakat : Universitas Diponegoro.
- Aryulina, Diah, dkk.. (2006). *Biologi*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- Asmadi. (2008). *Teknik Prosedural Keperawatan : Konsep dan Aplikasi Kebutuhan Dasar Klien*. Jakarta: Salemba Medika.
- Brashers, Valentina L. (2007). *Aplikasi Patofisiologi: Pemeriksaan dan Manajemen*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Behrman, Kliegman, dkk.. (2000). *Ilmu Kesehatan Anak*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Bonstancil, dkk.. (2005). *Bullous Lung Disease and Cigarette Smoking : A Postmortem Study*. Marmara Medical Journal. 18(3);123-128
- California Environmental Protection Agency (CEPA). (2002). *Long-term Health Effects of PM2.5: Recent Findings*. California : Air Resources Board CEPA.
- Carpenito, Lynda J. (2009). *Diagnosis Keperawatan: Aplikasi pada Praktik Klinis*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Card, dkk.. (2006). *Gender Differences in Murine Airway Responsiveness and Lipopolysaccharide-induced Inflammation*. Journal of Immunology. 177(1):621-30.
- Card, dkk.. (2007). *Male Sex Hormones Promote Vagally Mediated Reflex Airway Responsiveness to Cholinergic Stimulation*. American Journal of Physiology of Lung, Cell, and Molecular Physiology. 292(4):L908-14
- CDC. (2005). *Public Health Assessment Guidance Manual (2005 Update): Appendix G: Calculating Exposure Doses*. www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/appg.html. (Diakses, 5 Maret 2012)
- Christensen, SW., dkk.. (2008). *A Prospective Study of Decline in Lung Function in Relation to Welding Emissions*. Journal of Occupational Medicine and Toxicology. 26:3-6.

- Clean Air Initiative for Asian Cities (CAI-Asia). (2010). *Clean Air Management Profile (CAMP) Indonesia: 2010 Edition*. Philippines: CAI-Asia Center.
- Cohen, Aaron J., dkk.. (2005). *The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution*. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 68:1-7.
- Cotes, JE, dkk.. (2001). *Body Mass, Fat percentage, and Fat Free Mass as Reference Variables For Lung Function: Effects on Terms for Age and Sex*. *Thorax*. 56:839-844.
- Daud dan Sedionoto. (2010). *Analisis Risiko Konsentrasi SO₂ dan PM_{2.5} terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru Penduduk di Sekitar Kawasan Industri Makassar*.
- Djojodibroto, Darmanto. (2009). *Respirologi (respiratory medicine)*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Dominici, F., dkk.. (2006). *Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admission for Cardiovascular and Respiratory disease*. *JAMA*. 295:1127-34.
- Eldridge, Lynne. (2012). *What Percentage of Smokers Get Lung Cancer?.* lungcancer.about.com/od/Lung-Cancer-And-Smoking/f/Smokers-Lung-Cancer.htm. (Diakses 12 Juni 2012).
- Environmental Protection Agency (EPA). (2008). *Fact Sheet: PM_{2.5} Designations under the Clean Air Act*. United States: EPA.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2011). *Particulate Matter: Basic Information*. www.epa.gov/oar/particlepollution/basic.html. (Diakses 2 Desember 2011).
- Fierro, Marlan. (2000). *Particulate Matter*. www.airinonow.org/.../Particulate_Matter.pdf. (Diakses 2 Januari 2012).
- Fairbanks North Star Borough (FNSB). (2009). *Fairbanks Air Quality Symposium Summary*. Alaska: FNSB.
- Fortoul, TI., dkk.. (2011). *Air Pollution and Its Effects in the Respiratory System*. *Intech*. 41-68.
- Gauderman, dkk.. (2004). *The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age*. *The New England Journal of Medicine*. 351:11, 1057 – 1067.
- Gehr dan Heyder. (2000). *Particle-Lung Interaction*. New York: Marcel Dekker, Inc.

- Goss, Christopher, dkk.. (2004). *Effect of Ambient Air Pollution on Pulmonary Exacerbations and Lung Function in Cystic Fibrosis*. American Journal of Respiratory Critical Care Medicine. 169:816-821.
- Graber, Mark, dkk.. (2006). *Buku Saku Dokter Keluarga University of Iowa*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Grabow, Maggie, dkk.. (2011). *Air Quality and Exercise-Related Health Benefits from Reduced Car Travel in the Midwestern United States*. Environmental Health Perspectives. 120: 68-76.
- Guyton dan Hall. (2008). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Han, Xianghu. (2005). *A Review of Traffic-Related Air Pollution Exposure Assessment Studies in The Developing World*. Environment International. 32:106-120.
- Hadi, Bambang Supramono. (2004). *Pencemaran debu Ambien, gangguan fungsi paru masyarakat yang berada di dalam dan di sekitar Terminal Bus Umbulharjo Jogjakarta*. (Tesis). Jogjakarta : Ilmu Kesehatan Kerja. Program Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada.
- Henderson, Christine dan Kathleen Jones. (2005). *Buku Ajar Konsep Kebidanan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Higgins, dkk.. (1993). *Smoking and Lung Function in Elderly Men and Women The Cardiovascular Health Study*. JAMA. 269:2741-2748.
- Huang, dkk.. (2005). *A Study of Reactive Oxygen Species in Mainstream of Cigarette Indoor Air*. Blackwell Munksgaard. 15:135-140.
- Ikawati, Zullies. (2009). *Uji Fungsi Paru-paru*. Fakultas Farmasi Universitas Gajah Mada.
- Jacobs, dkk.. (1992) *Are Race and Sex Differences in Lung Function Explained by Frame Size? The CARDIA Study*. Am Rev Respir Dis. 146:644-649.
- Jeyaratnam, J. dan David Koh. (2009). *Buku Ajar Praktik Kedokteran Kerja*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Jones, dkk.. (2008). *Respiratory health of road-side vendors in a large industrialized city*. Environmental Science Pollution. 15(2):150-4.
- Kakiay, Agusthina Christina. (2009). *Relasi Kekuasaan dalam Pelayanan Publik : Studi tentang Hubungan Pelaku-pelaku dalam Pengelolaan Terminal Terpadu Kota Depok*. (Disertasi). Depok: Program Studi Ilmu

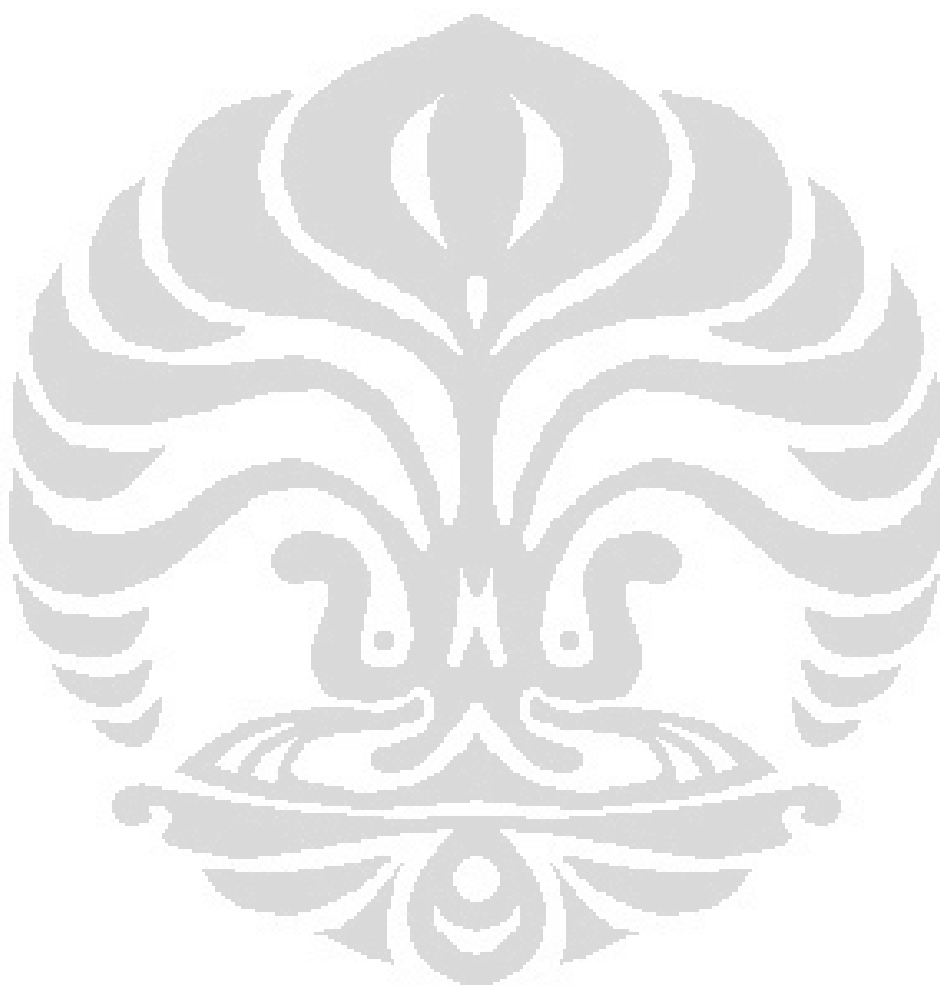
Antropologi. Program Doktor. Fakultas Ilmu Sosial Ilmu Politik: Universitas Indonesia.

- Kee, Joyce dan Evelyn Hayes. (1996). *Farmakologi: Pendekatan Proses Keperawatan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Kongtip, dkk.. (2008). *Health Effects of Air Pollution on Street Vendors: A Comparative Study in Bangkok*. Thai Journal of Toxicology. 23(1): 5-14.
- Lam, WK. (2010). *Spirometry Calculator Using the Hong Kong Lung Function Reference Equation*. North District Hospital: The Hong Kong Thoracic Society.
- Lazaridis dan Colbeck. (2010). *Human Exposure to Pollutants via Dermal Absorption and Inhalation*. Springer Science.
- Lestari, Fatma. (2009). *Bahaya Kimia : Sampling dan Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Lemeshow, S., dkk.. (1997). *Besar Sampel dalam Penelitian Kesehatan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Louvar, Joseph dan Diane Louvar. (1998). *Health and Environmental Risk Analysis: Fundamentals With Applications*. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR.
- Maryam, Siti, dkk.. (2008). *Mengenal Usia Lanjut dan Perawatannya*. Jakarta: Salemba Medika.
- Minnesota Department of Health. (2011). *Air Quality: Particles and Your Health*. www.health.state.mn.us/divs/eh/air/pm.htm. (Diakses 2 Desember 2011).
- Muttaqin, Arif.(2008). *Buku Ajar Asuhan Keperawatan Klien dengan Gangguan Sistem Pernapasan*. Jakarta: Salemba Medika.
- New York Department of Health. (2011). *Fine Particles (PM2.5) Questions and Answers*. www.health.ny.gov/environmental/indoors/air/pmq_a.htm. (Diakses 30 November 2011).
- Pavlica, Temples, dkk. (2010). *Correlation of Vital Lung Capacity with Body Weight, Longitudinal and Circumference Dimensions*. Department for Biology and Ecology: University of Novi Sad.
- Pearce, Evelyn. (2009). *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT. Gramedia.

- Pope, dkk.. (2002). *Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-Term Exposure to Fine Particulate Air Pollution*. *Journal of the American Medical Association*. 287: 1132-1141.
- Sabiston. (1995). *Buku Ajar Bedah Bagian 2*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Selvia, dkk.. (2011). *Hubungan Kadar HbCO dengan Kapasitas Vital Paru Pedagang di Terminal Bus Purwokerto*. *Mandala of Health*. 5: 2.
- Simaela, Steven L. (2000). *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kapasitas Maksimal Paru Pekerja Perusahaan Pemecah Batu pada PT.P di Daerah Bogor Jawa Barat Tahun 2000*. (Tesis). Depok: Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat. Program Pasca Sarjana. Fakultas Kesehatan Masyarakat: Universitas Indonesia.
- Soedjono. (2002). *Pengaruh Kualitas Udara (Debu, COx, NOx, SOx) Terminal terhadap Gangguan Fungsi Paru Pada Pedagang Tetap Terminal Bus Induk Jawa Tengah 2002*. (Tesis). Semarang: Program Studi Kesehatan Lingkungan. Program Pasca Sarjana. Fakultas Kesehatan Masyarakat: Universitas Diponegoro.
- Suparmin. (2008). *Pencemaran Udara oleh Timbal (Pb) Menurunkan Kecerdasan Anak The Lost Generation*. <http://hseindonesia.com/2008/10/pencemaran-udara-oleh-timbal-pb.html>. (Diakses 19 Desember 2011).
- Syahril, dkk. (2002). *Study on Air Quality in Jakarta: Future Trends, Health Impacts, Economic Value, and Policy Options*. Asian Development Bank.
- Swartz, Mark H. (1995). *Buku Ajar Diagnostik Fisik*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Tanpa Nama. (2008). *Profil Kesehatan Kota Depok Tahun 2008*. Depok: Dinas Kesehatan Kota Depok.
- Tanpa Nama. (2007). *Profil BBTKL Yogyakarta Tahun 2007*. Yogyakarta: BBTKL.
- Tanpa Nama. *Kementrian Kesehatan Republik Indonesia: Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. www.depkes.go.id/downloads/Udara.pdf. (Diakses 7 September 2011).
- Tanpa Nama. (2005). *Sepertiga Kematian di Jakarta Terkait Pencemaran Udara*. Suara Pembaruan.

- Tanpa Nama. (2011). *Udara Depok Makin Tercemar*. www.depok.go.id/09/02/2011/01-berita-depok/udara-depok-makin-tercemar. (Diakses 19 Desember 2011).
- Tanpa Nama. (2010). *Fasilitas Terminal*. http://terminaltipea.web.id/guest/fasilitas_terminal. (Diakses 20 Desember 2011).
- Tanpa Nama. (2011). *Restrictive Lung Disease*. <https://mywiserhealth.com/respiratory/restrictive-lung-disease/learn/>. (Diakses 31 Mei 2012).
- Thaller, Lawrence, dkk.. (2008). *Moderate Increases in Ambient PM2.5 and Ozone are Associated with Lung Function Decreases in Beach Lifeguards*. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 50(2):202-11.
- Trisnawati, Hanida (2007). *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kapasitas Vital Paru Tukang Ojek di Alun-alun Ungaran Kabupaten Semarang*. (Skripsi). Semarang: Program Studi Kesehatan Masyarakat. Fakultas Ilmu Keolahragaan : Universitas Negeri Semarang.
- Turner, dkk.. (2011). *Long-term Ambient Fine Particulate Matter Air Pollution and Lung Cancer in a Large Cohort of Never-Smokers*. *American Journal of Respiratory Crit. Care Med*. 184(12):1374-1381.
- Vallius, Marko. (2005). *Characteristics and Sources of Fine Particulate Matter in Urban Air*. Finland: National Public Health Institute, Department of Environmental Health.
- Voltz, dkk.. (2008). *Male Sex Hormones Exacerbate Lung Function Impairment after Bleomycin-Induced Pulmonary Fibrosis*. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*. 39(1):45-52.
- Waldron, Jill. (2007). *Asthma Care in the Community*. England: John Wiley & Sons, Ltd.
- World Health Organization (WHO). (2004). *Health Aspects of Air Pollution: Results from the WHO Project "Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe"*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization (WHO). (2005). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Switzerland: WHO Press.
- World Health Organization (WHO). (2005). *Air quality guidelines for europe*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

World Lung Foundation. *Cigarette Consumption*.
www.tobaccoatlas.org/products/cigarette_consumption/fig_c/. (Diakses 12 Juni 2012).



Lampiran Hasil SPSS

Analisis Univariat

1. Karakteristik Individu

a. Jenis Kelamin

jenis kelamin pedagang

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid P	28	39,4	39,4	39,4
L	43	60,6	60,6	100,0
Total	71	100,0	100,0	

b. Umur

Statistics

umur responden pedagang

N	Valid	71
	Missing	0
Mean		38,59
Std. Error of Mean		1,506
Median		39,00
Mode		26 ^a
Std. Deviation		12,694
Minimum		18
Maximum		61

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
umur responden pedagang	Mean	38,59	1,506	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	35,59	
		Upper Bound	41,60	
	5% Trimmed Mean	38,45		
	Median	39,00		
	Variance	161,131		
	Std. Deviation	12,694		
	Minimum	18		
	Maximum	61		
	Range	43		
	Interquartile Range	24		
	Skewness	,077	,285	
	Kurtosis	-1,272	,563	

c. Pendidikan Formal

pendidikan formal pedagang terminal

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid TS	4	5,6	5,6	5,6
SD	11	15,5	15,5	21,1
SMP	21	29,6	29,6	50,7
SMA	33	46,5	46,5	97,2
PT	2	2,8	2,8	100,0
Total	71	100,0	100,0	

d. Tinggi Badan

Statistics

Tinggi badan pedagang

N	Valid	71
	Missing	0
Mean		158,282
Std. Error of Mean		,8461
Median		158,000
Mode		154,0
Std. Deviation		7,1291
Minimum		143,0
Maximum		174,3

Descriptives

	Statistic	Std. Error
Tinggi badan pedagang Mean	158,282	,8461
95% Confidence Interval for Mean Lower Bound	156,594	
Upper Bound	159,969	
5% Trimmed Mean	158,313	
Median	158,000	
Variance	50,824	
Std. Deviation	7,1291	
Minimum	143,0	
Maximum	174,3	
Range	31,3	
Interquartile Range	9,7	
Skewness	-,116	,285
Kurtosis	-,418	,563

e. Berat Badan

Statistics

Berat badan pedagang

N	Valid	71
	Missing	0
Mean		60,597
Std. Error of Mean		1,2856
Median		60,000
Mode		59,3
Std. Deviation		10,8328
Minimum		39,0
Maximum		86,4

Descriptives

			Statistic	Std. Error
Berat badan pedagang	Mean		60,597	1,2856
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	58,033	
		Upper Bound	63,161	
	5% Trimmed Mean		60,262	
	Median		60,000	
	Variance		117,350	
	Std. Deviation		10,8328	
	Minimum		39,0	
	Maximum		86,4	
	Range		47,4	
	Interquartile Range		14,2	
	Skewness		,479	,285
	Kurtosis		,028	,563

f. Status Gizi

status gizi pedagang

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	<18,5	4	5,6	5,6	5,6
	18,5-24,99	36	50,7	50,7	56,3
	>=25	31	43,7	43,7	100,0
Total		71	100,0	100,0	

g. Riwayat Penyakit Pernafasan

riwayat asma, sinusitis, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulativ e Percent
Valid Tidak Ada	54	76,1	76,1	76,1
Ada	17	23,9	23,9	100,0
Total	71	100,0	100,0	

h. Perubahan Bernafas

responden merasa mengalami perubahan dalam bernafas

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulativ e Percent
Valid tidak berubah	35	49,3	49,3	49,3
berubah	36	50,7	50,7	100,0
Total	71	100,0	100,0	

i. Kebiasaan Merokok

Kebiasaan merokok

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulativ e Percent
Valid Tidak	35	49,3	49,3	49,3
ly a	36	50,7	50,7	100,0
Total	71	100,0	100,0	

j. Jumlah Konsumsi Rokok Perokok Aktif

Statistics

batang rokok per hari

N	Valid	36
	Missing	0
Mean		15,67
Std. Error of Mean		1,831
Median		13,50
Mode		12
Std. Deviation		10,988
Minimum		1
Maximum		50

Descriptives

			Statistic	Std. Error
batang rokok per hari	Mean		15,67	1,831
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	11,95	
		Upper Bound	19,38	
	5% Trimmed Mean		14,60	
	Median		13,50	
	Variance		120,743	
	Std. Deviation		10,988	
	Minimum		1	
	Maximum		50	
	Range		49	
	Interquartile Range		10	
	Skewness		1,504	,393
	Kurtosis		3,178	,768

k. Dosis Inhalasi pada Perokok Aktif

Statistics

dosis inhalasi rokok brdasarkan estimasi Pope, et. al 12mg/rokok

N	Valid	36
	Missing	0
Mean		188,00
Std. Error of Mean		21,977
Median		162,00
Mode		144
Std. Deviation		131,860
Minimum		12
Maximum		600

Descriptives

			Statistic	Std. Error
dosis inhalasi rokok brdasarkan estimasi Pope, et. al 12mg/rokok	Mean		188,00	21,977
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	143,39	
		Upper Bound	232,61	
	5% Trimmed Mean		175,19	
	Median		162,00	
	Variance		17386,971	
	Std. Deviation		131,860	
	Minimum		12	
	Maximum		600	
	Range		588	
	Interquartile Range		120	
	Skewness		1,504	,393
	Kurtosis		3,178	,768

2. Karakteristik Pekerjaan

a. Lama Kerja

Statistics

lama kerja setiap hari dalam jam

N	Valid	71
	Missing	0
Mean		13,0352
Median		12,5000
Mode		12,00
Std. Deviation		3,98777
Minimum		4,00
Maximum		24,00

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
lama kerja setiap hari dalam jam	Mean	13,0352	,47326	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	12,0913	
		Upper Bound	13,9791	
	5% Trimmed Mean	12,8779		
	Median	12,5000		
	Variance	15,902		
	Std. Deviation	3,98777		
	Minimum	4,00		
	Maximum	24,00		
	Range	20,00		
	Interquartile Range	4,00		
	Skewness	,759	,285	
	Kurtosis	2,022	,563	

Statistics

lama bekerja dalam satu minggu dalam jam

N	Valid	71
	Missing	0
Mean		87,676
Std. Error of Mean		3,5061
Median		84,000
Mode		84,0
Std. Deviation		29,5426
Minimum		24,0
Maximum		168,0

Descriptives

			Statistic	Std. Error
lama bekerja dalam satu minggu dalam jam	Mean		87,676	3,5061
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	80,683	
		Upper Bound	94,669	
	5% Trimmed Mean		86,606	
	Median		84,000	
	Variance		872,765	
	Std. Deviation		29,5426	
	Minimum		24,0	
	Maximum		168,0	
	Range		144,0	
	Interquartile Range		33,0	
	Skewness		,742	,285
	Kurtosis		1,858	,563

b. Masa Kerja

Statistics

masa kerja sampai pada penelitian dalam tahun

N	Valid	71
	Missing	0
Mean		7,9907
Median		6,0000
Mode		1,00 ^a
Std. Deviation		6,56297
Minimum		,25
Maximum		20,00

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Descriptives

			Statistic	Std. Error
masa kerja sampai pada penelitian dalam tahun	Mean		7,9907	,77888
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	6,4373	
		Upper Bound	9,5441	
	5% Trimmed Mean		7,7536	
	Median		6,0000	
	Variance		43,073	
	Std. Deviation		6,56297	
	Minimum		,25	
	Maximum		20,00	
	Range		19,75	
	Interquartile Range		11,00	
	Skewness		,500	,285
	Kurtosis		-1,032	,563

3. Intake $PM_{2.5}$

Statistics

Exposure dose		
N	Valid	71
	Missing	0
Mean		,0097317
Std. Error of Mean		,00104664
Median		,0074582
Mode		,00022 ^a
Std. Deviation		,00881917
Minimum		,00022
Maximum		,04263

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
Exposure dose	Mean	,0097317	,00104664	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,0076443	
		Upper Bound	,0118192	
	5% Trimmed Mean	,0090472		
	Median	,0074582		
	Variance	,000		
	Std. Deviation	,00881917		
	Minimum	,00022		
	Maximum	,04263		
	Range	,04240		
	Interquartile Range	,01315		
	Skewness	1,175	,285	
	Kurtosis	1,511	,563	

4. Intake $PM_{2.5}$ Kategorik

Intake $PM_{2.5}$ per orang

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	<=RfC EPA 0,009mg/kg/hari	35	49,3	49,3	49,3
	>RfC EPA 0,009mg/kg/hari	36	50,7	50,7	100,0
Total		71	100,0	100,0	

5. Gangguan Fungsi Paru

fungsi paru responden

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid N	16	22,5	22,5	22,5
R	53	74,6	74,6	97,2
O	2	2,8	2,8	100,0
Total	71	100,0	100,0	

Analisis Bivariat

1. Hubungan Riwayat Penyakit Pernafasan dan Gangguan Fungsi Paru

riwayat asma, sinusitis, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi * fungsi paru responden Crosstabulation

			fungsi paru responden		Total
			Normal	Gangguan	
riwayat asma, sinusitis, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi	Tidak Ada	Count % within riwayat asma, sinusitis, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi	14 25,9%	40 74,1%	54 100,0%
	Ada	Count % within riwayat asma, sinusitis, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi	2 11,8%	15 88,2%	17 100,0%
Total		Count % within riwayat asma, sinusitis, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi	16 22,5%	55 77,5%	71 100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,485 ^b	1	,223		
Continuity Correction ^a	,785	1	,376		
Likelihood Ratio	1,650	1	,199		
Fisher's Exact Test				,325	,190
Linear-by-Linear Association	1,464	1	,226		
N of Valid Cases	71				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 1 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,83.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for riwayat asma, sinusitis, bronkitis, emfisema, TBC, dan alergi (Tidak Ada / Ada)	2,625	,532	12,950
For cohort fungsi paru responden = Normal	2,204	,556	8,739
For cohort fungsi paru responden = Gangguan	,840	,664	1,061
N of Valid Cases	71		

2. Hubungan Status Gizi dan Gangguan Fungsi Paru

status gizi 0 dan 1 * fungsi paru responden Crosstabulation

			fungsi paru responden		Total
			Normal	Gangguan	
status gizi 0 dan 1	Normal	Count	8	28	36
		% within status gizi 0 dan 1	22,2%	77,8%	100,0%
	Tidak Normal	Count	8	27	35
		% within status gizi 0 dan 1	22,9%	77,1%	100,0%
Total		Count	16	55	71
		% within status gizi 0 dan 1	22,5%	77,5%	100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,004 ^b	1	,949		
Continuity Correction ^a	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,004	1	,949		
Fisher's Exact Test				1,000	,587
Linear-by-Linear Association	,004	1	,949		
N of Valid Cases	71				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 7,89.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for status gizi 0 dan 1 (Normal / Tidak Normal)	,964	,317	2,936
For cohort fungsi paru responden = Normal	,972	,410	2,303
For cohort fungsi paru responden = Gangguan	1,008	,784	1,296
N of Valid Cases	71		

3. Hubungan *Intake PM_{2.5}* dan Gangguan Fungsi Paru

Intake PM_{2.5} per orang * fungsi paru responden Crosstabulation

			fungsi paru responden		Total
			Normal	Gangguan	
Intake PM _{2.5} per orang	<=RfC EPA 0,009mg/kg/hari	Count	13	22	35
		% within Intake PM _{2.5} per orang	37,1%	62,9%	100,0%
	>RfC EPA 0,009mg/kg/hari	Count	3	33	36
		% within Intake PM _{2.5} per orang	8,3%	91,7%	100,0%
Total		Count	16	55	71
		% within Intake PM _{2.5} per orang	22,5%	77,5%	100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	8,438 ^b	1	,004		
Continuity Correction ^a	6,868	1	,009		
Likelihood Ratio	8,939	1	,003		
Fisher's Exact Test				,005	,004
Linear-by-Linear Association	8,319	1	,004		
N of Valid Cases	71				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 7,89.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for Intake PM2.5 per orang (\leq RfC EPA 0,009mg/kg/hari / $>$ RfC EPA 0,009mg/kg/hari)	6,500	1,658	25,487
For cohort fungsi paru responden = Normal	4,457	1,389	14,303
For cohort fungsi paru responden = Gangguan	,686	,522	,901
N of Valid Cases	71		

Group Statistics

fungsi paru responden		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Exposure dose	Normal	16	,0059563	,00634614	,00158653
	Gangguan	55	,0108300	,00917518	,00123718

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Exposure dose	Equal variances assumed	4,263	,043	-1,986	69	,051	-,00487372	,00245397	-,009769	,00002180
	Equal variances not assumed			-2,422	35,176	,021	-,00487372	,00201189	-,008957	-,000790

4. Hubungan Jenis Kelamin dan Gangguan Fungsi Paru

jenis kelamin pedagang * fungsi paru responden Crosstabulation

			fungsi paru responden		Total
			Normal	Gangguan	
jenis kelamin pedagang	P	Count	8	20	28
		% within jenis kelamin pedagang	28,6%	71,4%	100,0%
	L	Count	8	35	43
		% within jenis kelamin pedagang	18,6%	81,4%	100,0%
Total		Count	16	55	71
		% within jenis kelamin pedagang	22,5%	77,5%	100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,965 ^b	1	,326		
Continuity Correction ^a	,478	1	,489		
Likelihood Ratio	,950	1	,330		
Fisher's Exact Test				,389	,243
Linear-by-Linear Association	,951	1	,329		
N of Valid Cases	71				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 6,31.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for jenis kelamin pedagang (P / L)	1,750	,569	5,382
For cohort fungsi paru responden = Normal	1,536	,652	3,617
For cohort fungsi paru responden = Gangguan	,878	,667	1,155
N of Valid Cases	71		

5. Hubungan Kebiasaan Merokok dan Gangguan Fungsi Paru

Kebiasaan merokok * fungsi paru responden Crosstabulation

			fungsi paru responden		Total
			Normal	Gangguan	
Kebiasaan merokok	Tidak	Count	12	23	35
		% within Kebiasaan merokok	34,3%	65,7%	100,0%
	Iya	Count	4	32	36
		% within Kebiasaan merokok	11,1%	88,9%	100,0%
Total		Count	16	55	71
		% within Kebiasaan merokok	22,5%	77,5%	100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	5,460 ^b	1	,019		
Continuity Correction ^a	4,213	1	,040		
Likelihood Ratio	5,651	1	,017		
Fisher's Exact Test				,025	,019
Linear-by-Linear Association	5,383	1	,020		
N of Valid Cases	71				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 7,89.

Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for Kebiasaan merokok (Tidak / Iya)	4,174	1,193	14,598
For cohort fungsi paru responden = Normal	3,086	1,100	8,656
For cohort fungsi paru responden = Gangguan	,739	,567	,964
N of Valid Cases	71		

6. Hubungan Jumlah Konsumsi Rokok dan Gangguan Fungsi Paru

Group Statistics

fungsi paru responden		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
batang per hari	Normal	16	2,38	5,277	1,319
	Gangguan	55	9,56	11,804	1,592

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
batang per hari	Equal variances assumed	9,212	,003	-2,359	69	,021	-7,189	3,047	-13,268	-1,110
	Equal variances not assumed			-3,477	56,934	,001	-7,189	2,067	-11,328	-3,049

7. Hubungan Dosis Inhalasi PM2.5 Rokok dan Gangguan Fungsi Paru

Group Statistics

fungsi paru responden		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Inhaled dose	Normal	16	28,50	63,328	15,832
rokok per hari	Gangguan	55	114,76	141,643	19,099

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Inhaled dose rokok per hari	Equal variances assumed	9,212	,003	-2,359	69	,021	-86,264	36,567	-159,213	-13,314
	Equal variances not assumed			-3,477	56,934	,001	-86,264	24,808	-135,942	-36,586

8. Hubungan Masa Kerja dan Gangguan Fungsi Paru

Group Statistics

fungsi paru responden		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
masa kerja dalam tahun	Normal	16	,31	,479	,120
	Gangguan	55	,55	,503	,068

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
masa kerja dalam tahun	Equal variances assumed	6,284	,015	-1,649	69	,104	-,233	,141	-,515	,049
	Equal variances not assumed			-1,694	25,432	,103	-,233	,138	-,516	,050

9. Hubungan Lama Kerja dan gangguan Fungsi Paru

Group Statistics

fungsi paru responden		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
lama kerja per hari dalam jam	Normal	16	,50	,516	,129
	Gangguan	55	,47	,504	,068

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
lama kerja per hari dalam jam	Equal variances assumed	,046	,830	,190	69	,850	,027	,144	-,260	,314
	Equal variances not assumed			,187	23,949	,853	,027	,146	-,274	,328

Analisis Multivariat

Omnibus Tests of Model Coefficients

Step		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	12,583	3	,006
	Block	12,583	3	,006
	Model	12,583	3	,006

Classification Table^a

Observed			Predicted		Percentage Correct
			fungsi paru responden Normal	Gangguan	
Step 1	fungsi paru responden	Normal	1	15	6,3
		Gangguan	2	53	96,4
Overall Percentage					76,1

a. The cut v alue is ,500

Variables in the Equation

		B	S. E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	Iktgorik	2,242	1,067	4,418	1	,036	9,410
	Rokok	1,106	,674	2,698	1	,100	3,024
	mskrjaa	-,764	,991	,595	1	,441	,466
	Constant	,251	,431	,340	1	,560	1,286

a. Variable(s) entered on step 1: Iktgorik, Rokok, mskrjaa.

Masa Kerja : Removed

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	11,960	2	,003
	Block	11,960	2	,003
	Model	11,960	2	,003

Classification Table^a

Observed			Predicted		Percentage Correct
			fungsi paru responden		
			Normal	Gangguan	
Step 1	fungsi paru responden	Normal	0	16	,0
		Gangguan	0	55	100,0
Overall Percentage					77,5

a. The cut v alue is ,500

Variables in the Equation

		B	S. E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	Iktgorik	1,654	,714	5,364	1	,021	5,226
	Rokok	1,125	,670	2,818	1	,093	3,080
	Constant	,152	,409	,138	1	,710	1,164

a. Variable(s) entered on step 1: Iktgorik, Rokok.

Kebiasaan Merokok : Removed

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	8,939	1	,003
	Block	8,939	1	,003
	Model	8,939	1	,003

Classification Table

Observed			Predicted		
			fungsi paru responden		Percentage Correct
			Normal	Gangguan	
Step 1	fungsi paru responden	Normal Gangguan	0 0	16 55	,0 100,0
Overall Percentage					77,5

a. The cut v alue is ,500

Variables in the Equation

		B	S. E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	Iktgorik	1,872	,697	7,209	1	,007	6,500
	Constant	,526	,350	2,262	1	,133	1,692

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

Test 018

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	08:42:45
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	09:12:45
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

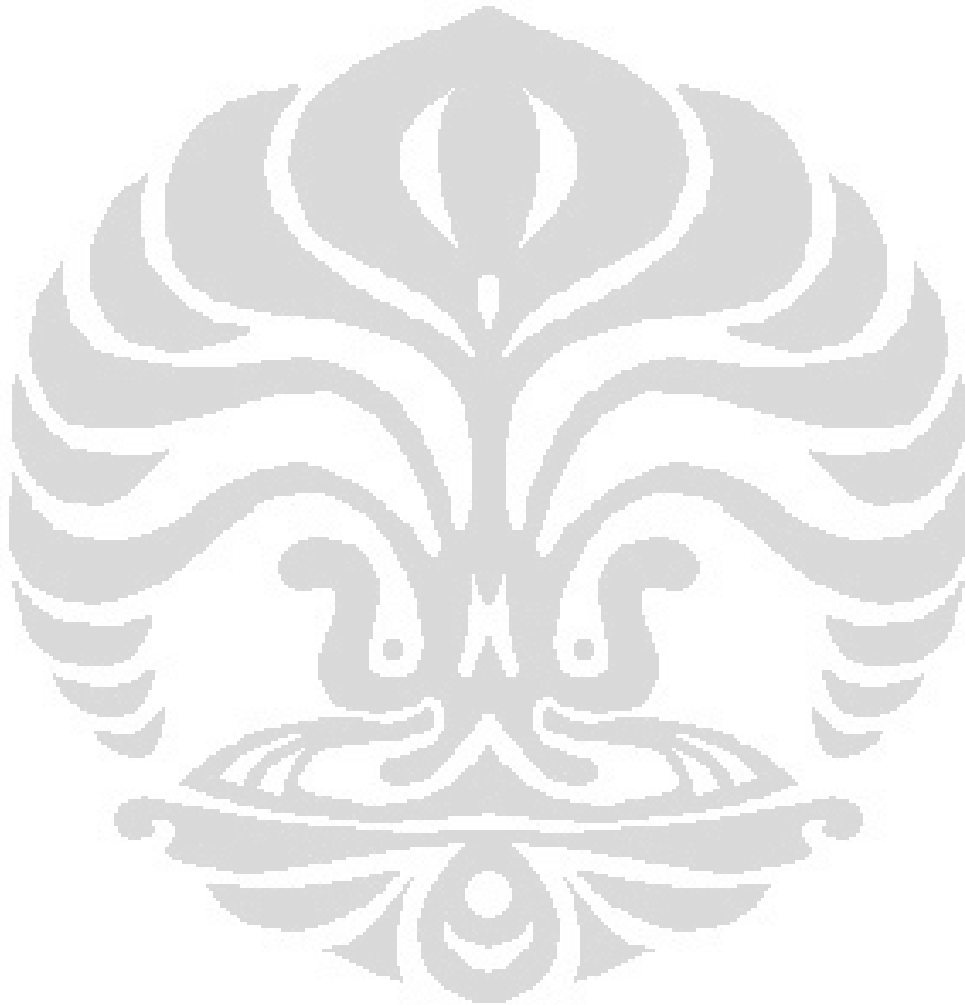
Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	08:43:45	0.169
2	04/16/2012	08:44:45	0.161
3	04/16/2012	08:45:45	0.175
4	04/16/2012	08:46:45	0.166
5	04/16/2012	08:47:45	0.415
6	04/16/2012	08:48:45	0.815
7	04/16/2012	08:49:45	0.264
8	04/16/2012	08:50:45	0.172
9	04/16/2012	08:51:45	0.172
10	04/16/2012	08:52:45	0.184
11	04/16/2012	08:53:45	0.166
12	04/16/2012	08:54:45	0.352
13	04/16/2012	08:55:45	0.231
14	04/16/2012	08:56:45	0.176
15	04/16/2012	08:57:45	0.166
16	04/16/2012	08:58:45	0.147
17	04/16/2012	08:59:45	0.155
18	04/16/2012	09:00:45	0.152
19	04/16/2012	09:01:45	0.158
20	04/16/2012	09:02:45	0.145
21	04/16/2012	09:03:45	0.198
22	04/16/2012	09:04:45	0.135
23	04/16/2012	09:05:45	0.151
24	04/16/2012	09:06:45	0.129
25	04/16/2012	09:07:45	0.124
26	04/16/2012	09:08:45	0.128
27	04/16/2012	09:09:45	0.144
28	04/16/2012	09:10:45	0.147
29	04/16/2012	09:11:45	0.166
30	04/16/2012	09:12:45	0.124

Test 019

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	09:21:40
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	09:57:40
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	09:22:40	0.143
2	04/16/2012	09:23:40	0.110
3	04/16/2012	09:24:40	0.140
4	04/16/2012	09:25:40	0.122
5	04/16/2012	09:26:40	0.123
6	04/16/2012	09:27:40	0.128
7	04/16/2012	09:28:40	0.172
8	04/16/2012	09:29:40	0.143
9	04/16/2012	09:30:40	0.131
10	04/16/2012	09:31:40	0.127
11	04/16/2012	09:32:40	0.111
12	04/16/2012	09:33:40	0.118
13	04/16/2012	09:34:40	0.115
14	04/16/2012	09:35:40	0.112
15	04/16/2012	09:36:40	0.116
16	04/16/2012	09:37:40	0.111
17	04/16/2012	09:38:40	0.120
18	04/16/2012	09:39:40	0.124
19	04/16/2012	09:40:40	0.119
20	04/16/2012	09:41:40	0.118
21	04/16/2012	09:42:40	0.119
22	04/16/2012	09:43:40	0.113
23	04/16/2012	09:44:40	0.124
24	04/16/2012	09:45:40	0.120
25	04/16/2012	09:46:40	0.147
26	04/16/2012	09:47:40	0.111
27	04/16/2012	09:48:40	0.120
28	04/16/2012	09:49:40	0.129
29	04/16/2012	09:50:40	0.125
30	04/16/2012	09:51:40	0.112
31	04/16/2012	09:52:40	0.120
32	04/16/2012	09:53:40	0.139
33	04/16/2012	09:54:40	0.127
34	04/16/2012	09:55:40	0.129
35	04/16/2012	09:56:40	0.114

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
36	04/16/2012	09:57:40	0.136

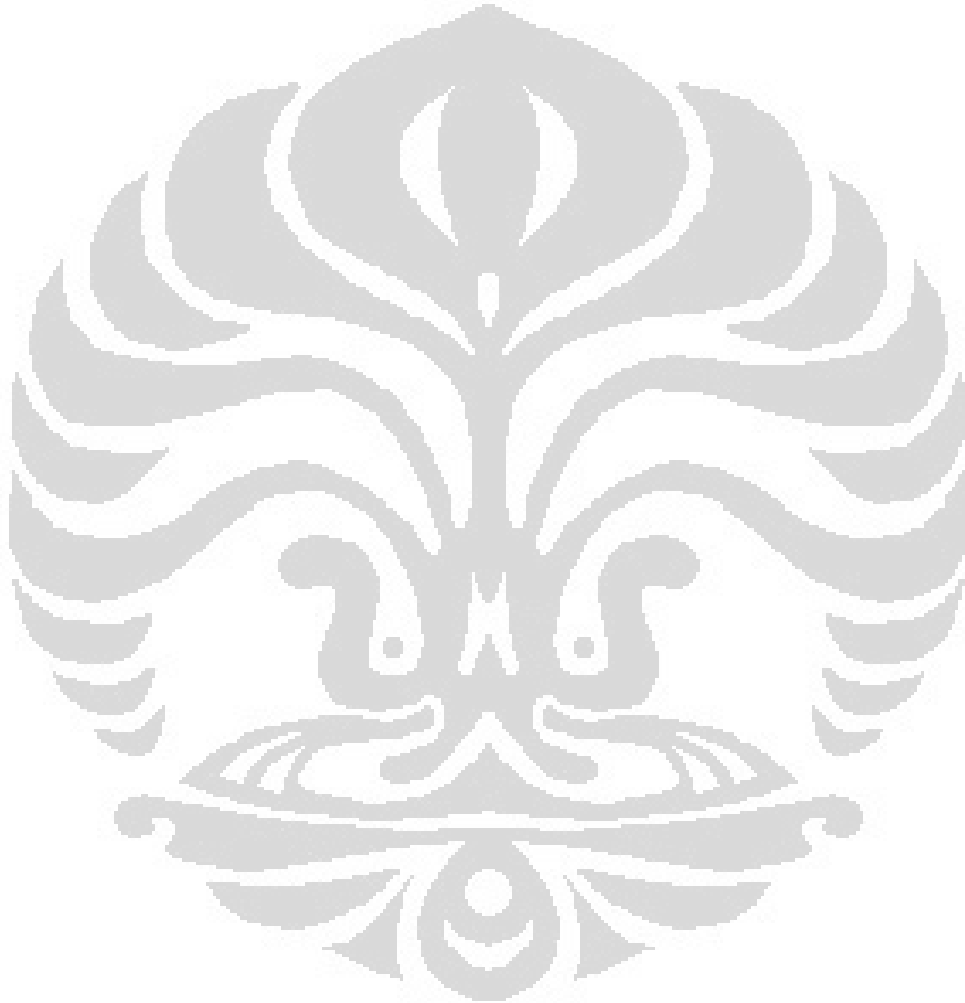


Test 020

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	10:11:10
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	10:47:10
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	10:12:10	0.253
2	04/16/2012	10:13:10	0.257
3	04/16/2012	10:14:10	0.335
4	04/16/2012	10:15:10	0.276
5	04/16/2012	10:16:10	0.298
6	04/16/2012	10:17:10	0.258
7	04/16/2012	10:18:10	0.307
8	04/16/2012	10:19:10	0.212
9	04/16/2012	10:20:10	0.223
10	04/16/2012	10:21:10	0.233
11	04/16/2012	10:22:10	0.249
12	04/16/2012	10:23:10	0.376
13	04/16/2012	10:24:10	0.374
14	04/16/2012	10:25:10	0.462
15	04/16/2012	10:26:10	0.249
16	04/16/2012	10:27:10	0.212
17	04/16/2012	10:28:10	0.271
18	04/16/2012	10:29:10	0.202
19	04/16/2012	10:30:10	0.172
20	04/16/2012	10:31:10	0.225
21	04/16/2012	10:32:10	0.200
22	04/16/2012	10:33:10	0.189
23	04/16/2012	10:34:10	0.193
24	04/16/2012	10:35:10	0.166
25	04/16/2012	10:36:10	0.142
26	04/16/2012	10:37:10	0.204
27	04/16/2012	10:38:10	0.157
28	04/16/2012	10:39:10	0.197
29	04/16/2012	10:40:10	0.255
30	04/16/2012	10:41:10	0.194
31	04/16/2012	10:42:10	0.157
32	04/16/2012	10:43:10	0.146
33	04/16/2012	10:44:10	0.187
34	04/16/2012	10:45:10	0.194
35	04/16/2012	10:46:10	0.144

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
36	04/16/2012	10:47:10	0.257

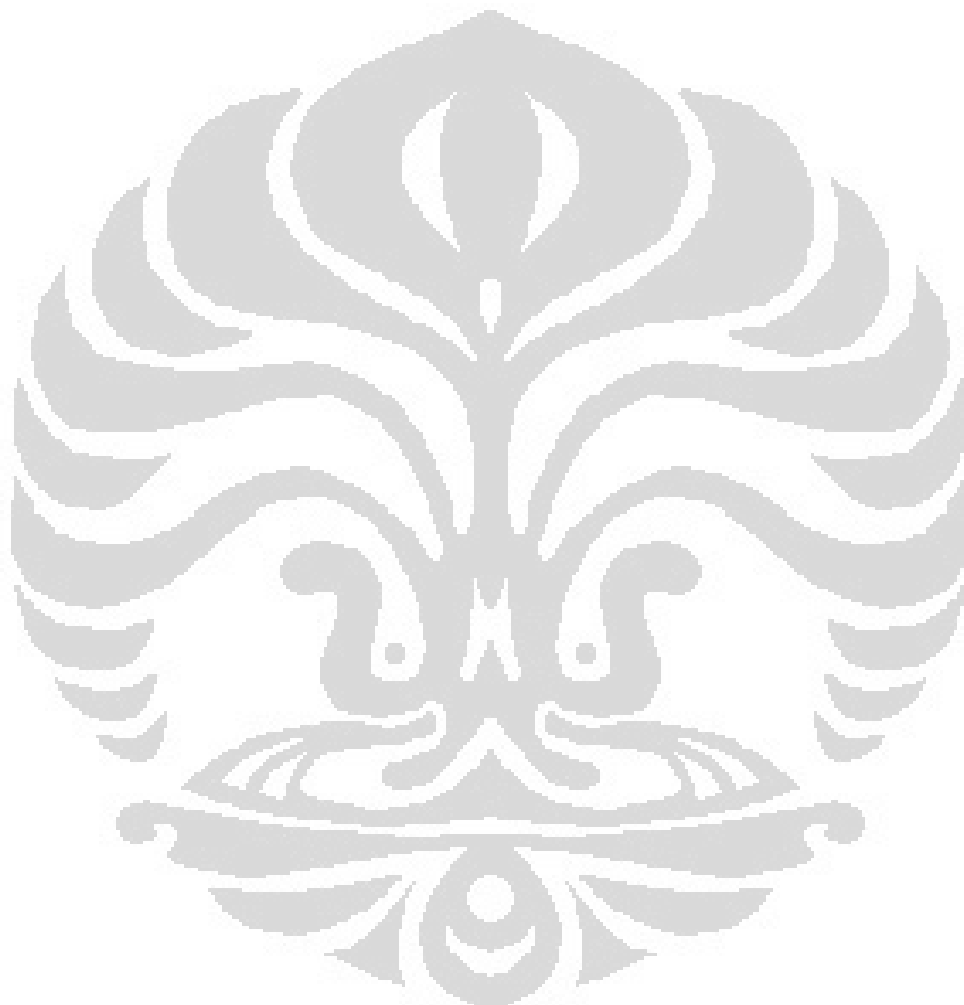


Test 021

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	11:02:24
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	11:38:24
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	11:03:24	0.476
2	04/16/2012	11:04:24	0.140
3	04/16/2012	11:05:24	0.155
4	04/16/2012	11:06:24	0.111
5	04/16/2012	11:07:24	0.132
6	04/16/2012	11:08:24	0.179
7	04/16/2012	11:09:24	0.168
8	04/16/2012	11:10:24	0.292
9	04/16/2012	11:11:24	0.238
10	04/16/2012	11:12:24	0.234
11	04/16/2012	11:13:24	0.333
12	04/16/2012	11:14:24	0.364
13	04/16/2012	11:15:24	0.116
14	04/16/2012	11:16:24	0.153
15	04/16/2012	11:17:24	0.113
16	04/16/2012	11:18:24	0.100
17	04/16/2012	11:19:24	0.186
18	04/16/2012	11:20:24	0.195
19	04/16/2012	11:21:24	0.192
20	04/16/2012	11:22:24	0.202
21	04/16/2012	11:23:24	0.130
22	04/16/2012	11:24:24	0.142
23	04/16/2012	11:25:24	0.115
24	04/16/2012	11:26:24	0.107
25	04/16/2012	11:27:24	0.192
26	04/16/2012	11:28:24	0.135
27	04/16/2012	11:29:24	0.113
28	04/16/2012	11:30:24	0.107
29	04/16/2012	11:31:24	0.280
30	04/16/2012	11:32:24	0.160
31	04/16/2012	11:33:24	0.121
32	04/16/2012	11:34:24	0.206
33	04/16/2012	11:35:24	0.159
34	04/16/2012	11:36:24	0.199
35	04/16/2012	11:37:24	0.117

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
36	04/16/2012	11:38:24	0.128

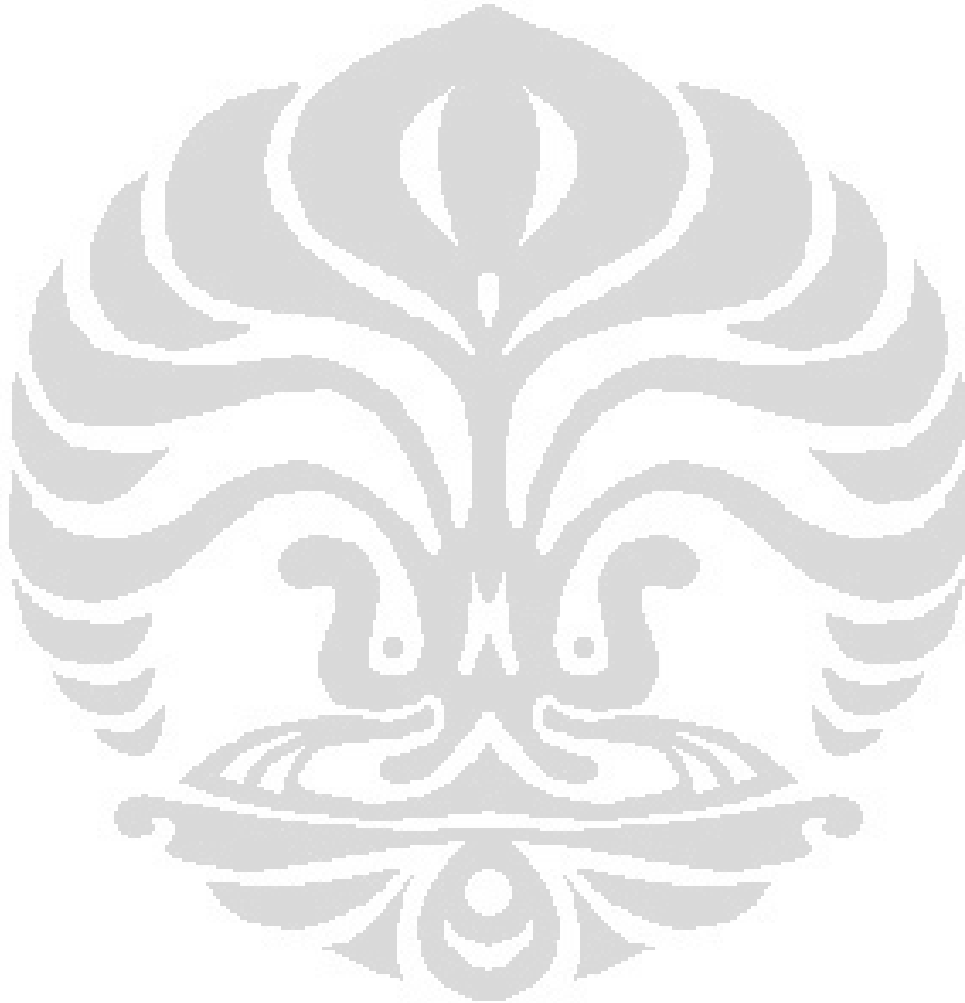


Test 022

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	11:49:37
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	12:25:37
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	11:50:37	0.105
2	04/16/2012	11:51:37	0.113
3	04/16/2012	11:52:37	0.109
4	04/16/2012	11:53:37	0.102
5	04/16/2012	11:54:37	0.107
6	04/16/2012	11:55:37	0.114
7	04/16/2012	11:56:37	0.117
8	04/16/2012	11:57:37	0.092
9	04/16/2012	11:58:37	0.095
10	04/16/2012	11:59:37	0.117
11	04/16/2012	12:00:37	0.093
12	04/16/2012	12:01:37	0.086
13	04/16/2012	12:02:37	0.094
14	04/16/2012	12:03:37	0.091
15	04/16/2012	12:04:37	0.090
16	04/16/2012	12:05:37	0.091
17	04/16/2012	12:06:37	0.095
18	04/16/2012	12:07:37	0.106
19	04/16/2012	12:08:37	0.116
20	04/16/2012	12:09:37	0.108
21	04/16/2012	12:10:37	0.122
22	04/16/2012	12:11:37	0.218
23	04/16/2012	12:12:37	0.188
24	04/16/2012	12:13:37	0.147
25	04/16/2012	12:14:37	0.226
26	04/16/2012	12:15:37	0.421
27	04/16/2012	12:16:37	0.364
28	04/16/2012	12:17:37	0.176
29	04/16/2012	12:18:37	0.120
30	04/16/2012	12:19:37	0.126
31	04/16/2012	12:20:37	0.119
32	04/16/2012	12:21:37	0.116
33	04/16/2012	12:22:37	0.206
34	04/16/2012	12:23:37	0.168
35	04/16/2012	12:24:37	0.244

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
36	04/16/2012	12:25:37	0.150



Test 023

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	13:35:39
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	14:05:39
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	13:36:39	0.157
2	04/16/2012	13:37:39	0.163
3	04/16/2012	13:38:39	0.146
4	04/16/2012	13:39:39	0.159
5	04/16/2012	13:40:39	0.142
6	04/16/2012	13:41:39	0.132
7	04/16/2012	13:42:39	0.168
8	04/16/2012	13:43:39	0.129
9	04/16/2012	13:44:39	0.139
10	04/16/2012	13:45:39	0.170
11	04/16/2012	13:46:39	0.132
12	04/16/2012	13:47:39	0.116
13	04/16/2012	13:48:39	0.233
14	04/16/2012	13:49:39	0.152
15	04/16/2012	13:50:39	0.142
16	04/16/2012	13:51:39	0.133
17	04/16/2012	13:52:39	0.158
18	04/16/2012	13:53:39	0.127
19	04/16/2012	13:54:39	0.144
20	04/16/2012	13:55:39	0.163
21	04/16/2012	13:56:39	0.184
22	04/16/2012	13:57:39	0.144
23	04/16/2012	13:58:39	0.119
24	04/16/2012	13:59:39	0.130
25	04/16/2012	14:00:39	0.134
26	04/16/2012	14:01:39	0.165
27	04/16/2012	14:02:39	0.128
28	04/16/2012	14:03:39	0.095
29	04/16/2012	14:04:39	0.123
30	04/16/2012	14:05:39	0.124

Test 024

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	14:11:11
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	14:41:11
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	14:12:11	0.164
2	04/16/2012	14:13:11	0.117
3	04/16/2012	14:14:11	0.110
4	04/16/2012	14:15:11	0.164
5	04/16/2012	14:16:11	0.188
6	04/16/2012	14:17:11	0.162
7	04/16/2012	14:18:11	0.137
8	04/16/2012	14:19:11	0.109
9	04/16/2012	14:20:11	0.127
10	04/16/2012	14:21:11	0.108
11	04/16/2012	14:22:11	0.102
12	04/16/2012	14:23:11	0.254
13	04/16/2012	14:24:11	0.433
14	04/16/2012	14:25:11	0.148
15	04/16/2012	14:26:11	0.130
16	04/16/2012	14:27:11	0.160
17	04/16/2012	14:28:11	0.139
18	04/16/2012	14:29:11	0.151
19	04/16/2012	14:30:11	0.133
20	04/16/2012	14:31:11	0.138
21	04/16/2012	14:32:11	0.120
22	04/16/2012	14:33:11	0.114
23	04/16/2012	14:34:11	0.107
24	04/16/2012	14:35:11	0.141
25	04/16/2012	14:36:11	0.147
26	04/16/2012	14:37:11	0.279
27	04/16/2012	14:38:11	0.269
28	04/16/2012	14:39:11	0.199
29	04/16/2012	14:40:11	0.207
30	04/16/2012	14:41:11	0.138

Test 025

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	14:48:09
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	15:18:09
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	14:49:09	0.599
2	04/16/2012	14:50:09	0.756
3	04/16/2012	14:51:09	0.176
4	04/16/2012	14:52:09	0.277
5	04/16/2012	14:53:09	0.308
6	04/16/2012	14:54:09	0.507
7	04/16/2012	14:55:09	0.128
8	04/16/2012	14:56:09	0.534
9	04/16/2012	14:57:09	0.343
10	04/16/2012	14:58:09	0.119
11	04/16/2012	14:59:09	0.130
12	04/16/2012	15:00:09	0.195
13	04/16/2012	15:01:09	0.158
14	04/16/2012	15:02:09	0.360
15	04/16/2012	15:03:09	0.174
16	04/16/2012	15:04:09	0.348
17	04/16/2012	15:05:09	0.346
18	04/16/2012	15:06:09	0.163
19	04/16/2012	15:07:09	0.235
20	04/16/2012	15:08:09	0.188
21	04/16/2012	15:09:09	0.184
22	04/16/2012	15:10:09	0.129
23	04/16/2012	15:11:09	0.111
24	04/16/2012	15:12:09	0.134
25	04/16/2012	15:13:09	0.171
26	04/16/2012	15:14:09	0.260
27	04/16/2012	15:15:09	0.175
28	04/16/2012	15:16:09	0.303
29	04/16/2012	15:17:09	0.159
30	04/16/2012	15:18:09	0.191

Test 026

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	15:25:05
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	15:55:05
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	15:26:05	0.157
2	04/16/2012	15:27:05	0.142
3	04/16/2012	15:28:05	0.164
4	04/16/2012	15:29:05	0.191
5	04/16/2012	15:30:05	0.176
6	04/16/2012	15:31:05	0.167
7	04/16/2012	15:32:05	0.189
8	04/16/2012	15:33:05	0.208
9	04/16/2012	15:34:05	0.217
10	04/16/2012	15:35:05	0.302
11	04/16/2012	15:36:05	0.231
12	04/16/2012	15:37:05	0.305
13	04/16/2012	15:38:05	0.362
14	04/16/2012	15:39:05	0.227
15	04/16/2012	15:40:05	0.383
16	04/16/2012	15:41:05	0.714
17	04/16/2012	15:42:05	0.372
18	04/16/2012	15:43:05	0.549
19	04/16/2012	15:44:05	0.466
20	04/16/2012	15:45:05	0.442
21	04/16/2012	15:46:05	0.305
22	04/16/2012	15:47:05	0.394
23	04/16/2012	15:48:05	0.227
24	04/16/2012	15:49:05	0.231
25	04/16/2012	15:50:05	0.217
26	04/16/2012	15:51:05	0.212
27	04/16/2012	15:52:05	0.190
28	04/16/2012	15:53:05	0.328
29	04/16/2012	15:54:05	0.350
30	04/16/2012	15:55:05	0.279

Test 027

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	16:02:43
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	16:32:43
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	16:03:43	0.235
2	04/16/2012	16:04:43	0.194
3	04/16/2012	16:05:43	0.237
4	04/16/2012	16:06:43	0.246
5	04/16/2012	16:07:43	0.203
6	04/16/2012	16:08:43	0.197
7	04/16/2012	16:09:43	0.175
8	04/16/2012	16:10:43	0.171
9	04/16/2012	16:11:43	0.175
10	04/16/2012	16:12:43	0.175
11	04/16/2012	16:13:43	0.191
12	04/16/2012	16:14:43	0.205
13	04/16/2012	16:15:43	0.194
14	04/16/2012	16:16:43	0.289
15	04/16/2012	16:17:43	0.214
16	04/16/2012	16:18:43	0.233
17	04/16/2012	16:19:43	0.258
18	04/16/2012	16:20:43	0.179
19	04/16/2012	16:21:43	0.213
20	04/16/2012	16:22:43	0.187
21	04/16/2012	16:23:43	0.196
22	04/16/2012	16:24:43	0.196
23	04/16/2012	16:25:43	0.222
24	04/16/2012	16:26:43	0.196
25	04/16/2012	16:27:43	0.186
26	04/16/2012	16:28:43	0.206
27	04/16/2012	16:29:43	0.213
28	04/16/2012	16:30:43	0.213
29	04/16/2012	16:31:43	0.227
30	04/16/2012	16:32:43	0.246

Test 028

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	16:41:12
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	17:11:12
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	16:42:12	0.273
2	04/16/2012	16:43:12	0.340
3	04/16/2012	16:44:12	0.257
4	04/16/2012	16:45:12	0.262
5	04/16/2012	16:46:12	0.243
6	04/16/2012	16:47:12	0.264
7	04/16/2012	16:48:12	0.281
8	04/16/2012	16:49:12	0.242
9	04/16/2012	16:50:12	0.229
10	04/16/2012	16:51:12	0.221
11	04/16/2012	16:52:12	0.236
12	04/16/2012	16:53:12	0.241
13	04/16/2012	16:54:12	0.252
14	04/16/2012	16:55:12	0.255
15	04/16/2012	16:56:12	0.248
16	04/16/2012	16:57:12	0.248
17	04/16/2012	16:58:12	0.250
18	04/16/2012	16:59:12	0.243
19	04/16/2012	17:00:12	0.235
20	04/16/2012	17:01:12	0.248
21	04/16/2012	17:02:12	0.241
22	04/16/2012	17:03:12	0.236
23	04/16/2012	17:04:12	0.273
24	04/16/2012	17:05:12	0.424
25	04/16/2012	17:06:12	0.279
26	04/16/2012	17:07:12	0.251
27	04/16/2012	17:08:12	0.384
28	04/16/2012	17:09:12	0.263
29	04/16/2012	17:10:12	0.257
30	04/16/2012	17:11:12	0.324

Test 029

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	17:15:57
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	17:45:57
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	17:16:57	0.427
2	04/16/2012	17:17:57	0.504
3	04/16/2012	17:18:57	0.286
4	04/16/2012	17:19:57	0.278
5	04/16/2012	17:20:57	0.270
6	04/16/2012	17:21:57	0.424
7	04/16/2012	17:22:57	0.390
8	04/16/2012	17:23:57	0.540
9	04/16/2012	17:24:57	0.653
10	04/16/2012	17:25:57	0.475
11	04/16/2012	17:26:57	0.371
12	04/16/2012	17:27:57	0.250
13	04/16/2012	17:28:57	0.265
14	04/16/2012	17:29:57	0.293
15	04/16/2012	17:30:57	0.370
16	04/16/2012	17:31:57	0.403
17	04/16/2012	17:32:57	0.466
18	04/16/2012	17:33:57	0.458
19	04/16/2012	17:34:57	0.428
20	04/16/2012	17:35:57	0.409
21	04/16/2012	17:36:57	0.402
22	04/16/2012	17:37:57	0.449
23	04/16/2012	17:38:57	0.414
24	04/16/2012	17:39:57	0.345
25	04/16/2012	17:40:57	0.320
26	04/16/2012	17:41:57	0.401
27	04/16/2012	17:42:57	0.409
28	04/16/2012	17:43:57	0.394
29	04/16/2012	17:44:57	0.358
30	04/16/2012	17:45:57	0.283

Test 030

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	17:50:46
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	18:20:46
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	17:51:46	0.262
2	04/16/2012	17:52:46	0.263
3	04/16/2012	17:53:46	0.284
4	04/16/2012	17:54:46	0.270
5	04/16/2012	17:55:46	0.284
6	04/16/2012	17:56:46	0.283
7	04/16/2012	17:57:46	0.265
8	04/16/2012	17:58:46	0.255
9	04/16/2012	17:59:46	0.248
10	04/16/2012	18:00:46	0.239
11	04/16/2012	18:01:46	0.256
12	04/16/2012	18:02:46	0.244
13	04/16/2012	18:03:46	0.267
14	04/16/2012	18:04:46	0.263
15	04/16/2012	18:05:46	0.271
16	04/16/2012	18:06:46	0.259
17	04/16/2012	18:07:46	0.269
18	04/16/2012	18:08:46	0.245
19	04/16/2012	18:09:46	0.281
20	04/16/2012	18:10:46	0.225
21	04/16/2012	18:11:46	0.223
22	04/16/2012	18:12:46	0.218
23	04/16/2012	18:13:46	0.265
24	04/16/2012	18:14:46	0.250
25	04/16/2012	18:15:46	0.242
26	04/16/2012	18:16:46	0.245
27	04/16/2012	18:17:46	0.206
28	04/16/2012	18:18:46	0.200
29	04/16/2012	18:19:46	0.222
30	04/16/2012	18:20:46	0.205

Test 031

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	18:28:30
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	18:58:30
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	18:29:30	0.401
2	04/16/2012	18:30:30	1.660
3	04/16/2012	18:31:30	0.331
4	04/16/2012	18:32:30	0.453
5	04/16/2012	18:33:30	0.354
6	04/16/2012	18:34:30	0.421
7	04/16/2012	18:35:30	0.320
8	04/16/2012	18:36:30	0.251
9	04/16/2012	18:37:30	0.486
10	04/16/2012	18:38:30	0.233
11	04/16/2012	18:39:30	0.246
12	04/16/2012	18:40:30	0.246
13	04/16/2012	18:41:30	0.332
14	04/16/2012	18:42:30	0.259
15	04/16/2012	18:43:30	0.212
16	04/16/2012	18:44:30	0.392
17	04/16/2012	18:45:30	0.509
18	04/16/2012	18:46:30	0.396
19	04/16/2012	18:47:30	0.311
20	04/16/2012	18:48:30	0.307
21	04/16/2012	18:49:30	0.350
22	04/16/2012	18:50:30	0.495
23	04/16/2012	18:51:30	0.394
24	04/16/2012	18:52:30	0.350
25	04/16/2012	18:53:30	0.243
26	04/16/2012	18:54:30	0.263
27	04/16/2012	18:55:30	0.349
28	04/16/2012	18:56:30	0.218
29	04/16/2012	18:57:30	0.191
30	04/16/2012	18:58:30	0.195

Test 032

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	19:06:11
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	19:36:11
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Test Data			
Data Point	Date	Time	AEROSOL mg/m ³
1	04/16/2012	19:07:11	0.184
2	04/16/2012	19:08:11	0.200
3	04/16/2012	19:09:11	0.252
4	04/16/2012	19:10:11	0.224
5	04/16/2012	19:11:11	0.268
6	04/16/2012	19:12:11	0.262
7	04/16/2012	19:13:11	0.206
8	04/16/2012	19:14:11	0.250
9	04/16/2012	19:15:11	0.206
10	04/16/2012	19:16:11	0.211
11	04/16/2012	19:17:11	0.254
12	04/16/2012	19:18:11	0.270
13	04/16/2012	19:19:11	0.301
14	04/16/2012	19:20:11	0.290
15	04/16/2012	19:21:11	0.261
16	04/16/2012	19:22:11	0.243
17	04/16/2012	19:23:11	0.204
18	04/16/2012	19:24:11	0.236
19	04/16/2012	19:25:11	0.206
20	04/16/2012	19:26:11	0.195
21	04/16/2012	19:27:11	0.233
22	04/16/2012	19:28:11	0.239
23	04/16/2012	19:29:11	0.213
24	04/16/2012	19:30:11	0.192
25	04/16/2012	19:31:11	0.156
26	04/16/2012	19:32:11	0.152
27	04/16/2012	19:33:11	0.207
28	04/16/2012	19:34:11	0.201
29	04/16/2012	19:35:11	0.178
30	04/16/2012	19:36:11	0.233

Test 018

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	08:42:45
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	09:12:45
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.200 mg/m ³
Max	0.815 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	08:48:45
Min	0.124 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	09:07:45
TWA (8 hr)	0.012
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	08:42:45
TWA End Time	09:12:45

Test 019

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	09:21:40
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	09:57:40
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.125 mg/m ³
Max	0.172 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	09:28:40
Min	0.110 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	09:23:40
TWA (8 hr)	0.009
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	09:21:40
TWA End Time	09:57:40

Test 020

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	10:11:10
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	10:47:10
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.234 mg/m ³
Max	0.462 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	10:25:10
Min	0.142 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	10:36:10
TWA (8 hr)	0.018
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	10:11:10
TWA End Time	10:47:10

Test 021

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	11:02:24
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	11:38:24
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.180 mg/m ³
Max	0.476 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	11:03:24
Min	0.100 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	11:18:24
TWA (8 hr)	0.014
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	11:02:24
TWA End Time	11:38:24

Test 022

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	11:49:37
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	12:25:37
		Total Time	0:00:36:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.143 mg/m ³
Max	0.421 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	12:15:37
Min	0.086 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	12:01:37
TWA (8 hr)	0.011
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	11:49:37
TWA End Time	12:25:37

Test 023

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	13:35:39
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	14:05:39
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.145 mg/m ³
Max	0.233 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	13:48:39
Min	0.095 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	14:03:39
TWA (8 hr)	0.009
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	13:35:39
TWA End Time	14:05:39

Test 024

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	14:11:11
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	14:41:11
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.163 mg/m ³
Max	0.433 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	14:24:11
Min	0.102 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	14:22:11
TWA (8 hr)	0.010
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	14:11:11
TWA End Time	14:41:11

Test 025

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	14:48:09
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	15:18:09
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.262 mg/m ³
Max	0.756 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	14:50:09
Min	0.111 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	15:11:09
TWA (8 hr)	0.016
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	14:48:09
TWA End Time	15:18:09

Test 026

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	15:25:05
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	15:55:05
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.290 mg/m ³
Max	0.714 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	15:41:05
Min	0.142 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	15:27:05
TWA (8 hr)	0.018
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	15:25:05
TWA End Time	15:55:05

Test 027

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	16:02:43
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	16:32:43
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.209 mg/m ³
Max	0.289 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	16:16:43
Min	0.171 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	16:10:43
TWA (8 hr)	0.013
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	16:02:43
TWA End Time	16:32:43

Test 028

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	16:41:12
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	17:11:12
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.267 mg/m ³
Max	0.424 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	17:05:12
Min	0.221 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	16:51:12
TWA (8 hr)	0.017
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	16:41:12
TWA End Time	17:11:12

Test 029

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	17:15:57
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	17:45:57
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.391 mg/m ³
Max	0.653 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	17:24:57
Min	0.250 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	17:27:57
TWA (8 hr)	0.024
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	17:15:57
TWA End Time	17:45:57

Test 030

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	17:50:46
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	18:20:46
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.250 mg/m ³
Max	0.284 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	17:53:46
Min	0.200 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	18:18:46
TWA (8 hr)	0.016
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	17:50:46
TWA End Time	18:20:46

Test 031

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	18:28:30
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	18:58:30
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.372 mg/m ³
Max	1.660 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	18:30:30
Min	0.191 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	18:57:30
TWA (8 hr)	0.023
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	18:28:30
TWA End Time	18:58:30

Test 032

Instrument		Data Properties	
Model	DustTrak II	Start Date	04/16/2012
Instrument S/N	8530104703	Start Time	19:06:11
		Stop Date	04/16/2012
		Stop Time	19:36:11
		Total Time	0:00:30:00
		Logging Interval	60 seconds

Statistics	
	AEROSOL
Avg	0.224 mg/m ³
Max	0.301 mg/m ³
Max Date	04/16/2012
Max Time	19:19:11
Min	0.152 mg/m ³
Min Date	04/16/2012
Min Time	19:32:11
TWA (8 hr)	0.014
TWA Start Date	04/16/2012
TWA Start Time	19:06:11
TWA End Time	19:36:11



PEMERINTAH KOTA DEPOK KANTOR KESBANGPOL DAN LINMAS

Jl. Pemuda No. 70B Pancoranmas - Depok 16431
Telp./Fax. (021) 77204704

SURAT REKOMENDASI

Nomor: 70 / 134 -Kesbang Pol & Linmas

Membaca : Universitas Indonesia Fakultas Kesehatan Masyarakat No. 2593/H.2.F10/PPM.00.00/2012 tanggal 8 Maret 2012 Perihal Permohonan Ijin Mencari Data..

Memperhatikan : 1. Peraturan Daerah Nomor 8 tahun 2008, tentang : Organisasi Perangkat Daerah (OPD)
2. Peraturan Walikota Depok Nomor 42 tahun 2008, tentang : Rincian tugas fungsi dan tata kerja Kantor Kesbang Pol & Linmas (Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat)

Mengingat : Kegiatan yang bersangkutan tersebut diatas maka;
Dengan ini kami tidak keberatan dilakukannya Permohonan Izin Penelitian oleh :

Nama (NPM) : Yosi Marin Marpaung (0806337283)
Alamat / Telp : Jl. Kerinci VI No. 7 Rt. 003/026 Kel. Abadi Jaya Kec. Sukmajaya Kota Depok
Telp. 05561966275

Jurusan : Kesehatan Lingkungan
Judul : "Hubungan Paparan Debu Rspirable PM2,5 terhadap Penurunan Kapasitas Paru pada Pedagang tetap di Area Terminal Terpadu Kota Depok Tahun 2012".

Lama Waktu : 15 Maret 2012 s/d 15 Mei 2012
Tempat : Terminal Terpadu Kota Depok

Dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Melakukan kegiatan PKL/ magang/ , riset/pengumpulan data/ observasi/ serta kerjasama dengan Perguruan Tinggi/ universitas, yang bersangkutan harus melaporkan kedatangannya kepada Kepala : Dinas/ Instansi/ Badan/ Lembaga/ Kantor/ Bagian yang dituju, dengan menunjukkan surat pemberitahuan ini;
2. Tidak dibenarkan melakukan kegiatan yang tidak sesuai/ tidak ada kaitannya dengan judul penelitian/ topik masalah/ tujuan akademik;
3. Apabila masa berlaku surat pemberitahuan ini berakhir sedangkan kegiatan dimaksud belum selesai, perpanjangan izin kegiatan harus diajukan oleh instansi pemohon;
4. Sesudah selesai melakukan kegiatan , yang bersangkutan wajib melaporkan hasilnya kepada Walikota Depok, Up. Kepala Kantor Kesbang Pol & Linmas - Kota Depok;
5. Surat ini akan dicabut dan dinyatakan tidak berlaku apabila ternyata yang bersangkutan tidak memenuhi ketentuan-ketentuan seperti tersebut diatas.

13 Maret 2012

a.n. KEPALA KANTOR KESBANG POL & LINMAS

KOTA DEPOK
Kasi Bina Ideologi dan Wasbang



Tembusan :

1. Walikota Depok Cq.Staf Ahli Bid.Pembangunan Setda Kota Depok (sebagai laporan)
2. Ka. Dinas Perhubungan Kota Depok
3. Ybs.

Tanggal Wawancara :/...../2012

Lokasi Responden di Titik Pengamatan: 1 / 2 / 3 / 4 / 5

KUESIONER



HUBUNGAN PAJANAN DEBU RESPIRABLE PM2.5 TERHADAP GANGGUAN FUNGSI PARU PEDAGANG AREA TERMINAL TERPADU KOTA DEPOK TAHUN 2012

A. Identitas Responden

1. Nama Responden :
2. Jenis Kelamin : Laki-Laki / Perempuan
3. Umur :tahun

B. Karakteristik Individu

4. Pendidikan Terakhir:
 1. Tidak/Belum Sekolah
 2. Belum/Tidak Tamat SD
 3. SD
 4. SMP
 5. SMA
 6. D3/S1 ke atas
 7. Lainnya, sebutkan :
5. Berat Badan (BB) :kg
6. Tinggi Badan (TB) :cm
7. Apakah Anda mempunyai kebiasaan merokok?
Iya_ / Tidak_
8. Berapa jumlah konsumsi rokok per hari :batang

C. Riwayat Penyakit

9. Apakah anda memiliki alergi terhadap obat-obatan, makanan, atau bahan-bahan kimia?
Iya_/Tidak_
Apa yang menyebabkan alergi tersebut?.....
10. Apakah anda pernah didiagnosa asma atau sinusitis?
Iya_/Tidak_
11. Apakah anda pernah didiagnosa emfisema, bronkitis, atau gangguan pernafasan berat lainnya?
Iya_/Tidak_
12. Apakah ada perubahan dalam bernafas sejak tahun lalu?
Iya_/Tidak_
Lebih Baik? _ / Lebih Buruk? _

D. Karakteristik Pekerjaan

13. Durasi bekerja sebagai pedagang di terminal ini : tahun
14. Lama bekerja setiap hari di terminal ini :jam (dari pukuls.d.)
15. Lama kerja dalam seminggu : hari
16. Lama meninggalkan tempat kerja/tidak berdagang (libur natal/tahun baru/lebaran/mudik/urusan pribadi): Sebulan : hari; Setahun : hari

E. Fungsi Paru (diisi petugas)

17. FVC = ; FEV1=.....

-Terima kasih-

HASIL INTERPRETASI SPIROMETRI

No.	Nama	Sex	Umur	TB	FEV	FVC	Interpretasi
1	Daroha	P	57	147,5	1,84	1,92	N
2	Lani	L	30	155,7	1,97	2,01	R
3	Zainab	P	38	143	2,14	2,16	N
4	Sodiah	P	39	154	1,45	1,58	R
5	Anwar	L	25	155	2,32	2,57	N
6	Andi	L	29	156,4	1,56	1,58	R
7	Karmila	P	42	153	1,11	1,32	R
8	Rinaldi	L	40	165,5	0,98	1,16	R
9	Lina	P	53	153,7	1,59	1,61	R
10	Gery	L	20	162	2,33	2,36	R
11	Unah	P	46	143,5	1,81	1,84	N
12	Tia	P	18	160	2,52	2,54	N
13	ling	L	50	154,3	1,48	1,53	R
14	Soleh	L	52	162,2	2,09	2,57	N
15	Ali	L	24	166	1,7	1,72	R
16	Rita	P	43	144,3	2,2	2,37	N
17	Berlin	L	30	165	2,75	2,8	R
18	Nurhamzah	L	22	163	2,38	2,41	R
19	Wahyuni	P	32	154	1,54	1,69	R
20	R.Panjaitan	P	53	158	0,55	0,83	O
21	Taufik H	L	28	170	2,74	2,87	R
22	Daryono	L	37	167,3	2,13	2,19	R
23	Yom	P	60	150	0,86	0,9	R
24	Eni	P	20	161,4	1,67	1,7	R
25	Andi	L	23	161,4	1,5	1,54	R
26	Heri	L	28	166,5	2,36	2,38	R
27	Gading	L	25	165,2	1,53	1,53	R
28	Junaedi	L	20	165	2,15	2,17	R
29	Ahmad	L	26	162	2,3	2,36	R
30	Yanti	P	42	163	0,93	0,95	R
31	Nana	P	37	152,3	1,84	1,77	R
32	Wahyu	L	26	165	1,61	2,06	O
33	Romdi	L	21	157,8	2,23	2,27	R
34	Yana	L	40	167	1,48	1,57	R
35	Kasnawi	L	23	161,3	0,56	0,6	R
36	Butar2	P	50	148	1,48	1,75	R
37	Sainah	P	45	153,7	1,74	2,06	N
38	Ros	P	48	157,5	1,61	1,73	R
39	Mila	P	26	151	1,92	2,1	N
40	ndang Tampu	P	48	156,5	1,49	1,52	R

41	R.Gultom	P	58	146	1,69	1,85	N
42	Situmorang	L	50	164,2	2,49	2,59	R
43	Yana	L	44	174,3	2,71	2,91	R
44	Manurung	L	54	159,2	1,56	1,58	R
45	Ani	P	37	152,7	1,34	1,45	R
46	Rini	P	56	148,5	1,23	1,46	R
47	Sulastri	P	49	145,5	1,5	1,52	R
48	Riswanto	L	48	159,5	1,65	1,89	R
49	Darsani	L	26	156,2	2,07	2,24	R
50	Eki	L	21	166,2	3,23	3,14	N
51	Esrion	L	50	172,6	2,47	2,72	R
52	Agus	L	35	170,6	2,23	2,26	R
53	Ono	L	55	163,5	1,4	1,5	R
54	Daniel	L	61	161,2	2,54	2,68	N
55	Bu Sari	P	42	159,7	1,42	1,53	R
56	Eppi	L	40	163,4	2,15	2,18	R
57	Rahmat	L	21	154	2,33	2,36	R
58	Firman	L	58	168,7	2,17	2,35	R
59	Ari	L	25	155	2,19	2,25	R
60	Dani	L	26	158	2,23	2,27	N
61	Rini	P	40	154,3	1,98	2,15	R
62	Ratna	P	46	152	1,6	1,71	R
63	Sahlan	L	54	157,2	1,74	1,87	R
64	Suratman	L	61	159,3	1,86	2,38	N
65	Ali	L	33	153,7	1,9	2,02	R
66	Kirana	P	49	148,7	1,58	1,77	R
67	Rosman	L	56	163,4	1,36	1,82	R
68	Samsidar	P	37	162	2,1	2,51	N
69	Megawati	P	30	154	1,56	1,8	R
70	B.Tambak	L	37	155,2	2,21	2,45	N
71	Agus	L	25	161,2	1,74	1,93	R