

**GANGGUAN FUNGSI PARU DAN FAKTOR-FAKTOR
YANG MEMPENGARUHINYA PADA KARYAWAN
PT. SEMEN TONASA PANGKEP
SULAWESI SELATAN**



**Tesis
Untuk memenuhi sebagian Persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-2**

**Magister Kesehatan Lingkungan
Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Industri**

**DORCE MENKIDI
E4B004071**

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2006**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya yang belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister kesehatan pada suatu perguruan tinggi ataupun lembaga pendidikan lainnya.

Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan manapun yang telah diterbitkan, sumbernya telah dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, November 2006

Dorce Mengkidi

E4B004071

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Dorce Mengkidi
Tempat/tanggal lahir : Tondon, 26 Desember 1978
Alamat : Perum. Murah K – 10, Jayapura - Papua
Pekerjaan : Mahasiswa

Riwayat Pendidikan

Tahun 1985 – 1991 : Penulis menuntut ilmu di SD N 97 Tondok Batu
Tahun 1991 – 1994 : Penulis menuntut ilmu di SMP N 1 Rantepao
Tahun 1994 – 1997 : Penulis menuntut ilmu di SMA N 1 Rantepao
Tahun 1998 – 2002 : Penulis menuntut ilmu di UKI Toraja
Tahun 2004 – sekarang : Penulis menuntut ilmu di Magister Kesehatan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala berkat dan kasih karuniaNYa sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul : "Gangguan Fungsi Paru Dan Faktor – faktor Yang Mempengaruhinya Pada Karyawan PT.Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan". Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S2 pada Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penulisan tesis ini penulis telah memperoleh banyak bantuan yang tak terhingga nilainya dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Prof. Dr. dr. Susilo Wibowo, Rektor Universitas Diponegoro.
2. Prof . Ir. Eko Budihardjo, MSc, mantan Rektor Universitas Diponegoro.
3. Prof. Dr. Dr. Suharyo, SPD, Ketua Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
4. dr. Onny Setiani, PhD, Ketua Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan.
5. dr. Suhartono, M.Kes, Sekretaris Program Studi Magister Kesehatan lingkungan.
6. Nurjazuli, SKM.M.Kes, selaku pembimbing I yang dengan tulus hati dan sabar mencurahkan perhatiannya sejak awal selalu mengarahkan agar konsisten dalam penulisan, memberi petunjuk, koreksi, perbaikan dan memacu penulis untuk segera menyelesaikan tesis ini.
7. Dra. Sulistiyani, M.kes, selaku pembimbing II yang dengan sabar, tulus hati dan penuh perhatian sejak awal selalu mengarahkan agar tetap konsiten dalam penulisan, memberi petunjuk, koreksi dan perbaikan.
8. Bapak pimpinan PT. Semen Tonasa yang telah memberi ijin kepada penulis untuk melakukan penelitian
9. Kisworo, ST, selaku Ka. Seksi Hiperkes PT.Semen Tonasa dan Ir. H. A. Amsir P. Makmur, selaku Ka. Seksi Perencanaan Evaluasi Dan Pembelajaran PT. Semen Tonasa yang sangat membantu peneliti dalam melaksanakan penelitian.

10. Karyawan PT. Semen Tonasa yang bersedia menjadi responden peneliti
11. Pimpinan Balai Hiperkes Makassar, yang membantu dalam pengumpulan data fungsi paru karyawan PT.Semen Tonasa.
12. Papa dan mama tercinta (Yusuf Rinda dan Martha Patono), yang telah mencurahkan kasih sayang, memberikan doa restu serta dorongan sebagai sumber motivasi.
13. Papa dan mama tercinta(Ir. Drs. Matius Babba, MM dan Dra. Martha Bangalino), telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan pada program Pascasarjana Universitas Diponegoro serta memberikan doa restu dan dorongan sebagai sumber motivasi.
14. Saudara – saudara tersayang, Luther, Semuel, Sandi, Jennie, Ikra, Trial, Yakob, Adil, Lim, Laba, Tirta dan Tirto yang telah memberikan doa restu
15. Kak Benyamin Tulu. T, yang mempunyai arti tersendiri bagi penulis yang selalu memberi motivasi dan dorongan kepada penulis untuk segera menyelesaikan tesis ini.
16. Rekan – rekan mahasiswa seperjuangan Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro, khususnya angkatan 2004.
17. Handai taulan yang tidak sempat penulis sebut satu persatu yang telah meluangkan waktu dan membantu penulis dalam penulisan tesis

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, bagaikan secercah bintang di langit yang hampir redup. Penulis berharap dengan segala kekurangannya, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa dan Maha Penyayang melimpahkan berkat dan kasihNya kepada kita semua. Amin

Semarang, November 2006

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Judul.....	i
Halaman Persetujuan	ii
Halaman Pernyataan	iii
Daftar Riwayat Hidup	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
Abstrak	xiii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	5
F. Keaslian Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara	7
B. Anatomi Dan Fisiologi Alat Pernapasan	12
C. Gangguan Fungsi Paru	21
1. Penyakit Paru Obstruktif Menahun	21
2. Emfisema	23
3. Penyakit Paru Interstitial (Restriktif)	24
D. Volume dan Kapasitas Paru	24
1. Volume paru	24
2. Kapasitas Fungsi Paru	25
3. Pengukuran Faal Paru.....	26
4. Nilai Faal Paru	28
5. Nilai Ambang Batas	29
6. Penurunan Fungsi Paru oleh Kualitas Udara.....	30
7. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Gejala Saluran Pernapasan Dan Gangguan Ventilasi Paru	37
E. Efek Debu Terhadap Kesehatan	42
F. Komposisi Semen	45
1. Sifat Kimia Semen.....	45
G. Kerangka Teori.....	50

BAB III METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep	51
B. Hipotesis	52
C. Variabel Penelitian	52
D. Jenis dan Rancangan Penelitian.....	53
E. Populasi dan Sampel Penelitian	53
F. Defenisi Operasional Variabel Penelitian dan Skala Pengukuran.....	55
G. Sumber Data Penelitian	58
H. Instrumen Penelitian Dan Cara Pengumpulan Data	58
I. Pengolahan Data dan Analisis Data	61

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Perusahaan	65
B. Karakteristik Responden	68
C. Kadar Debu Semen, Suhu dan Kelembaban di Area Kerja	72
D. Kapasitas Fungsi Paru Responden	73
E. Analisis Bivariat	74
1. Hubungan Antara Umur dengan Gangguan Fungsi Paru	75
2. Hubungan Antara Status Gizi dengan Gangguan Fungsi Paru	75
3. Hubungan Antara Masa Kerja dengan Gangguan Fungsi Paru	76
4. Hubungan Antara Lama Paparan dengan Gangguan Fungsi Paru	77
5. Hubungan Antara Penggunaan APD dengan Gangguan Fungsi Paru	77
6. Hubungan Antara Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi Paru	78
7. Hubungan Antara Kebiasaan Berolahraga dengan Gangguan Fungsi Paru	79
8. Hubungan Antara Kadar Debu dengan Gangguan Fungsi Paru	79
F. Analisis Multivariat	80

BAB V PEMBAHASAN

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	95
B. Saran	97

BAB VII RINGKASAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 : Jenis Debu yang Dapat Menimbulkan Penyakit Paru Pada Manusia	35
Tabel 2.2 : Aktifitas Fisik/ Kebiasaan Olahraga	39
Tabel 2.3 : Komposisi Limit Semet Portland.....	45
Tabel 2.4 : Susunan Senyawa-senyawa Portland.....	46
Tabel 3.1 : Cara Pengambilan Data	61
Tabel 4.1 : Nilai Rata-rata Hitung Karakteristik dan Keragaman Karakteristik Responden pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	69
Tabel 4.2 : Distribusi Karakteristik Responden pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006	71
Tabel 4.3 : Hasil Pengukuran Kadar Debu dan Distribusi Responden Di Area Kerja PT.Semen Tonasa	72
Tabel 4.4 : Distribusi Area Kerja berdasarkan Kadar Debu Semen PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006	72
Tabel 4.5 : Distribusi Data Suhu dan Kelembaban Pada PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	73
Tabel 4.6 : Distribusi Gangguan Fungsi Paru Responden berdasarkan Area Kerja Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	74
Tabel 4.7 : Hubungan Antara Umur dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	75
Tabel 4.8 : Hubungan Antara Status Gizi dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	76
Tabel 4.9 : Hubungan Antara Masa Kerja dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	76
Tabel 4.10 : Hubungan Antara Lama Paparan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006	77
Tabel 4.11 : Hubungan Antara Penggunaan APD dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	77
Tabel 4.12 : Hubungan Antara Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	78
Tabel 4.13 : Hubungan Antara Kebiasaan Berolahraga dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	79
Tabel 4.14 : Hubungan Antara Kadar Debu dengan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	80
Tabel 4.15 : Hasil Analisis Bivariat Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	81

Tabel 4.16	: Variabel Yang Berpengaruh Secara Bermakna Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	81
Tabel 4.17	: Hasil Analisis Multivariat Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006	82

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 : Saluran Pernapasan.....	12
Gambar 2.2 : Sistematika Percabangan Trakeabronkial.....	13
Gambar 2.3 : Diagram Yang Memperlihatkan Lobus-lobus Paru	15
Gambar 2.4 : Diagram Alveolus	16
Gambar 2.5 : Alveoli	17
Gambar 2.6 : Diagram Pleura	19
Gambar 2.7 : Pertukaran gas	20
Gambar 2.8 : Pertukaran Gas	20
Gambar 2.9 : Spirometer	28
Gambar 2.10 : Prosedur Diagnostik Pernapasan	29
Gambar 2.11 : Alat Pelindung Pernapasan	42
Gambar 2.12 : Skema Kerangka Teori	50
Gambar 3.1 : Skema Kerangka Konsep	51

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
L I :Kuesioner Penelitian	I-1
L II : Surat Ijin Penelitian Dan Surat Keterangan Penelitian	II-1
L III : Data Hasil Pengukuran Spirometri	III-1
L IV : Gambar Penelitian	IV-1
L V : Denah Lokasi Penelitian	V-1
LVI : Data Hasil Penelitian Karyawan	VI-1
L VII : Data Hasil Pengukuran Iklim Kerja Dan Kelembaban	VII-1
L VIII : Chi Square	VIII-1
L IX : Regresi Logistik	IX

ABSTRAK

DORCE MENGKIDI

GANGGUAN FUNGSI PARU DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA PADA KARYAWAN PT.SEMEN TONASA PANGKEP SULAWESI SELATAN

xiv,112 halaman, 21 tabel, 13 gambar, 9 lampiran

Salah satu dampak negatif dari industri semen adalah pencemaran udara oleh debu. Debu yang dihasilkan oleh kegiatan industri semen terdiri dari : debu yang dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku dan selama proses pembakaran dan debu yang dihasilkan selama pengangkutan bahan baku ke pabrik dan bahan jadi ke luar pabrik, termasuk pengantongannya. Bahan pencemar tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan manusia.

Penelitian ini bertujuan mengukur fungsi paru karyawan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di PT.Semen Tonasa. Jenis penelitian ini adalah observasional dengan pendekatan Cross-sectional dengan jumlah sampel 91 orang. Penelitian dilakukan pada bulan mei hingga juni tahun 2006. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan responden, pengukuran kapasitas fungsi paru, pengukuran berat dan tinggi badan, dan pengukuran kadar debu semen di area kerja packing, raw mill, crusher batu kapur, tambang, kiln dan sement mill. Analisis data dilakukan secara univariat, bivariat dengan uji *Chi Square* dan multivariat dengan uji Regresi Logistik dengan metode enter.

Hasil penelitian ini menunjukkan kadar debu semen di bagian *packing* 18,47mg/m³, *raw mill* 1,63mg/m³, *cruser batu kapur* 14,98mg/m³, tambang 20,23mg/m³, kiln 4,56mg/m³, *sement mill* 5,98mg/m³. Hasil pemeriksaan fungsi paru pada karyawan PT.Semen Tonasa menunjukkan rata-rata kapasitas fungsi paru responden 88,22% FEV₁/FVC dengan standar deviasi 12,174, sedang nilai terendah 48% FEV₁/FVC dan nilai tertinggi 100% FEV₁/FVC. Hasil uji *Chi Square* menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara umur (p value = 0,015; RP = 1,721; 95% CI = 1,130 – 2,621), masa kerja (p value = 0,017; RP = 1,768; 95% CI = 1,108 – 2,821), penggunaan APD (p value = 0,010; RP = 0,572; 95% CI = 0,390 – 0,838) dan kebiasaan merokok (p value = 0,036; RP = 0,622; 95% CI = 0,429 - 0 ,900) dengan gangguan fungsi paru (p < 0,05). Hasil uji Regresi Logistik menunjukkan bahwa penggunaan APD (p value = 0,012; OR = 3,289; 95%CI = 1,299 – 8,327) dan kebiasaan merokok (p value = 0,046; OR = 2,764; 95%CI = 1,020 – 7,495) secara bersama-sama berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru. Oleh karena itu diperlukan pengawasan penggunaan masker secara ketat dan kontinyu pada karyawan dan larangan merokok pada saat berada di lingkungan kerja agar dapat mengurangi kejadian gangguan fungsi paru.

Kata kunci : Industri Semen, debu semen, gangguan fungsi paru

Pustaka : 41 (1982 – 2005)

ABSTRACT

DORCE MENGKIDI

LUNG FUNCTION DISORDERS AND INFLUENCING FACTORS AT THE
EMPLOYEE PT.SEMEN TONASA PANGKEP, SOUTH SULAWESI

xiv, 112pages, 21 tables, 13 figures, 9 annexes

One of the negative effect of cement industry is air pollution by dust. Dust is a main rubbish of cement factory such as dust from main material and during burning process and dust during of transportation material to the factory and output from factory, including packing process. Thus pollution can influence environment and human.

This research was aimed to measure employee lung function and influenced factors in PT.Semen Tonasa. It was observation study with Cross sectional design that observed 91 samples in May until June 2006. Data to be gathered by interview with responden, measured lung capacity, measuring body weight and height, and measured cement dust capacity in packing area, raw mill, crusher, mine, kiln and cement mill. Data analysis to done used univariat, bivariat to used Chi Square test and multivariat to used Logistic Regression with enter method.

The result dust norm cement in packing area $18,47\text{mg}/\text{m}^3$, raw mill $1,63\text{mg}/\text{m}^3$, lime stone crusher $14,98\text{ mg}/\text{m}^3$, mine $20,23\text{mg}/\text{m}^3$, kiln $4,56\text{mg}/\text{m}^3$, cement mill $5,98\text{mg}/\text{m}^3$. Measurement of PT.Semen Tonasa employee lung function shown average capacity lung function respondent 88,22% FEV1/FVC with standart deviation 12,174, less value 48% FEV1/FVC and highest value 100% FEV1/FVC. Chi Square result shown there is significant relationship between age (p value = 0,015; RP = 1,721; 95% CI = 1,130 – 2,621), working duration (p value = 0,017; RP = 1,768; 95% CI = 1,108 – 2,821), self protection instrument (p value = 0,010; RP = 0,572; 95% CI = 0,390 – 0,838) and smoking habit (p value = 0,046; OR = 2,764; 95%CI = 1,020 – 7,495) with lung function disorder (p<0,05), Logistic Regression result shown self protection instrument (p value = 0,012; OR = 3,289; 95%CI = 1,299 – 8,327) and smoking habit (p value = 0,046; OR = 2,764; 95%CI = 1,020 – 7,495) at the same time can influence lung function disorders. Therefore important controlling utilization masker the manner fast and continue for employee dan smoking prohibition while at the working area to decrease lung function disorder.

Key words : cement industri, cement dust, lung function disorders

References : 41 (1982 – 2005)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri semen merupakan salah satu industri yang pertumbuhannya cukup pesat, hal ini berkaitan dengan kapasitas produksi total pabrik semen yang tersebar diberbagai wilayah nusantara mencapai 27 juta ton pertahun⁽¹⁾. Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku : batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung / tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Batu kapur/gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa Calcium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa : Silika Oksida (SiO₂), Alumunium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃) dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk *clinkernya*, yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (*gypsum*) dalam jumlah yang sesuai.

Salah satu dampak negatif dari industri semen adalah pencemaran udara oleh debu. Industri semen berpotensi untuk menimbulkan kontaminasi di udara berupa debu. Debu yang dihasilkan oleh kegiatan industri semen terdiri dari : debu yang dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku dan selama proses pembakaran dan debu yang dihasilkan selama pengangkutan bahan baku ke pabrik dan bahan jadi ke luar pabrik, termasuk pengantongannya. Bahan pencemar tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan manusia. Berbagai faktor yang berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran pernapasan akibat debu. Faktor tersebut adalah faktor debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi. Faktor individual meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi

dan fisiologi saluran nafas serta faktor imunologis. Penilaian paparan pada manusia perlu dipertimbangkan antara lain sumber paparan/jenis pabrik, lamanya paparan, paparan dari sumber lain, aktifitas fisik dan faktor penyerta yang potensial seperti umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, faktor allergen⁽²⁾.

Penyakit paru akibat debu industri mempunyai gejala dan tanda yang mirip dengan penyakit paru yang lain yang tidak disebabkan oleh debu di lingkungan kerja. Penegakan diagnosis perlu dilakukan anamnesa yang teliti meliputi riwayat pekerjaan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan pekerja, karena penyakit baru timbul setelah paparan yang cukup lama⁽³⁾.

PT. Semen Tonasa merupakan pabrik semen yang didirikan di Kawasan Indonesia Timur tepatnya di Sulawesi Selatan yang terletak di desa Tonasa, kecamatan Balocci, kabupaten Pangkep yang memiliki tiga unit pabrik. Unit II dan III masing-masing berkapasitas 510.000 ton/pertahun dan 590.000 ton/pertahun sedangkan unit IV berkapasitas 2.300.000 ton/tahun. Dan jenis semen yang diproduksi oleh PT. Semen Tonasa seperti : semen portland type I, semen campur (PMC), semen portland pozzolan (PPC), semen portland type II, semen portland type V, semen abu terbang⁽⁴⁾.

Pabrik semen merupakan salah satu industri yang menghasilkan debu. Sebuah studi epidemiologi pada sebuah pabrik semen di Dar es Salaam Tanzania, mengukur tingkat paparan debu. Dan ditemukan tingkat paparan debu yang tinggi pada cranes ($38,64 \text{ mg m}^{-3}$), packing ($21,30 \text{ mg m}^{-3}$), crusher ($13,48 \text{ mg m}^{-3}$), paparan debu yang rendah pada cement mill ($3,23 \text{ mg m}^{-3}$), kiln ($2,87 \text{ mg m}^{-3}$), raw mill ($1,85 \text{ mg m}^{-3}$), maintenance ($1,16 \text{ mg m}^{-3}$) dan administrasi ($0,29 \text{ mg m}^{-3}$)⁽⁵⁾. Sedangkan sebuah studi epidemiologi pada sebuah pabrik semen di Cibinong Cilacap, meneliti hubungan *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru pekerja di lingkungan industri. Kadar *total suspended particulate* (TSP) yang tinggi di temukan pada cement mill CP.I ($14,54 \text{ mg/m}^3$), cement mill CP.I ($18,05 \text{ mg/m}^3$), kadar TSP yang rendah pada packing ($4,35 \text{ mg/m}^3$), dan terendah pada pos Djuanda ($0,03 \text{ mg/m}^3$). Dan berdasarkan hasil pengukuran fungsi paru menunjukkan bahwa 31,6%

responden mempunyai fungsi paru normal dan sisanya 64,4% telah mengalami gangguan fungsi paru ⁽⁶⁾ .

Berbagai penelitian yang dilakukan berhubungan dengan fungsi paru, dilaporkan bahwa pada penambangan pasir dan pemecah batu kelainan paru dapat terjadi setelah terpapar 1-3 tahun, pada industri keramik gejala klinik umumnya timbul setelah 5 tahun ⁽⁷⁾, pada industri penggilingan padi gangguan paru umumnya terjadi setelah terpapar 5 tahun ⁽⁸⁾, pada industri pengolahan kayu gangguan paru umumnya terjadi setelah terpapar 5-6 tahun ⁽⁹⁾.

Berdasarkan laporan hasil pemantauan lingkungan oleh seksi Hiperkes pada bulan Agustus 2005 diketahui pencemaran debu di lokasi pabrik semen Tonasa II/III 0,023 mg/m, pengukuran ini dilakukan di halaman pabrik dengan jarak kurang lebih 50 meter dari sumber polutan, lama pengukuran 60 menit dan cuaca cerah ⁽¹⁰⁾. Hasil tersebut masih dibawah batas normal menurut menteri Tenaga Kerja Nomor : SE-01/Men/1997/tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja sebesar 10 mg/m³.

Berdasarkan laporan pola penyakit dari Rumah Sakit PT. Semen Tonasa selama 5 tahun (tahun 2000-2004) penyakit saluran pernapasan menduduki peringkat pertama. Periode tahun 2000 prosentase penyakit saluran pernapasan 57,3 %. Periode tahun 2001 prosentase penyakit saluran pernapasan 60,6%. Periode 2002 prosentase penyakit saluran pernapasan 60,4%. Periode tahun 2003 prosentase penyakit saluran pernapasan 49,9%. Periode tahun 2004 prosentase penyakit saluran pernapasan 47,2% ⁽¹¹⁾.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan dapat diketahui adanya bahan-bahan kimia di udara dapat berpengaruh terhadap kesehatan. Tingginya penyakit saluran pernapasan (47,2%, tahun 2004) di PT. Semen Tonasa dapat dijadikan sebagai bukti awal adanya gangguan fungsi paru pada karyawan. Atas dasar itulah perlu di lakukan penelitian dengan judul :

” Gangguan fungsi paru dan faktor-faktor yang mempengaruhinya pada karyawan PT.Semen Tonasa Pangkep Sulawesi-Selatan”.

B. Perumusan Masalah

Dari seluruh karyawan PT. Semen Tonasa pada tahun 2004 yang mengalami penyakit saluran pernapasan sebanyak 47,2% yang terdiri dari Influenza 33,3% dan Infeksi Saluran Napas Akut 13,9%. Sehubungan dengan hal tersebut, maka pertanyaan penelitian ini adalah :

”Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi gangguan fungsi paru pada karyawan di PT. Semen Tonasa ?”.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengukur fungsi paru karyawan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di PT.Semen Tonasa.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi karakteristik karyawan (umur, status gizi, masa kerja, lama paparan, jenis pekerjaan, penggunaan APD, kebiasaan merokok, dan kebiasaan berolahraga).
- b. Mengukur kadar debu total di area kerja PT. Semen Tonasa.
- c. Mengukur fungsi paru pada karyawan yang berada di area kerja PT. Semen Tonasa sekitar lokasi pemeriksaan kadar debu total.
- d. Menganalisis faktor umur dengan gangguan fungsi paru.
- e. Menganalisis faktor status gizi dengan gangguan fungsi paru.
- f. Menganalisis faktor masa kerja dengan gangguan fungsi paru.
- g. Menganalisis faktor lama paparan dengan gangguan fungsi paru.
- h. Menganalisis faktor penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru.
- i. Menganalisis faktor kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru.
- j. Menganalisis faktor kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru.
- k. Menganalisis faktor kadar debu total dengan gangguan fungsi paru
- l. Menganalisis faktor suhu lingkungan di area kerja dengan gangguan fungsi paru.

- m. Menganalisis faktor kelembaban lingkungan di area kerja dengan gangguan fungsi paru.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi tenaga kerja : menambah pengetahuan pekerja dalam upaya melindungi diri akibat dampak pencemaran debu bagi kesehatan.
2. Manfaat bagi perusahaan :sebagai masukan untuk bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan dalam upaya meningkatkan derajat kesehaan pekerja, meningkatkan efisiensi dalam pengeluaran pembiayaan kesehatan.
3. Manfaat bagi lingkungan : mengurangi pencemaran debu di lingkungan perusahaan secara lebih dini.

E. Ruang Lingkup Penelitian

1. Lingkup Keilmuan
Penelitian ini merupakan salah satu bagian dari ilmu kesehatan masyarakat khususnya kesehatan lingkungan industri.
2. Lingkup materi
Masalah yang di angkat dalam penelitian ini adalah masalah gangguan fungsi paru pada karyawan di PT. Semen serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.
3. Lingkup Lokasi
Penelitian ini dilakukan pada industri PT. Semen Tonasa

F. Keaslian Penelitian

Penelitian terdahulu yang mendukung adalah penelitian oleh Adi Setiawan (2002) tentang : ”Hubungan Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan Fungsi paru di Lingkungan Industri Semen Cibinong Cilacap”, dengan hasil bahwa kadar TSP di lingkungan industri semen Cibinong Cilacap tertinggi pada area *Cement mill CP*(18,05 mg/m³) dan terendah pada Pos Djuanda (0,03 mg/m³), 31,6% responden mempunyai fungsi paru normal sedangkan sisanya 68,4 % mengalami gangguan fungsi paru, besarnya rasio prevalensi (RP) pada paparan TSP tinggi dengan paparan TSP rendah di

lingkungan industri semen Cibinong Cilacap terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pekerja adalah 1,12.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah: penelitian ini dilakukan dengan menitik beratkan kadar debu semen di lingkungan area kerja, mengidentifikasi karakteristik karyawan serta menganalisis karakteristik karyawan dan faktor lingkungan terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan, dan penelitian ini belum pernah dilakukan di Kabupaten Pangkep.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan.

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara adalah juga atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di dunia ini. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernafas, karbondioksida (CO_2) untuk proses *fotosintesis* oleh *klorofil* daun dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultra violet.

Sebagian besar udara dalam lapisan troposfer selalu berputar-putar dan terus bergerak, menjadi panas oleh sinar matahari, kemudian bergerak lagi diganti oleh udara dingin yang akan menjadi panas kembali, begitu seterusnya. Proses fisik tersebut menyebabkan terjadinya pergerakan udara dalam lapisan troposfer, dan merupakan faktor utama untuk mendeteksi iklim dan cuaca di permukaan bumi. Di samping itu pergerakan udara tersebut juga dapat mendistribusikan bahan kimia pencemar dalam lapisan *troposfer*.

Bila udara bersih bergerak di atas permukaan bumi, udara tersebut akan membawa sejumlah bahan kimia yang dihasilkan oleh proses alamiah dan aktifitas manusia. Sekali bahan kimia pencemar masuk ke dalam lapisan troposfer, bahan pencemar tersebut bercampur dengan udara dan terbawa secara vertikal dan horisontal serta bereaksi secara kimiawi dengan bahan lainnya di dalam atmosfer. Dalam mengikuti gerakan udara, polutan tersebut menyebar, tetapi polutan yang dapat tahan lama akan terbawa dalam jarak

yang jauh dan jatuh ke permukaan bumi menjadi partikel-partikel padat dan larut dalam butiran-butiran air serta mengembun jatuh ke permukaan bumi.

Berat ringannya suatu pencemaran udara di suatu daerah sangat bergantung pada iklim lokal, topografi, kepadatan penduduk, banyaknya industri yang berlokasi di daerah tersebut, penggunaan bahan bakar dalam industri, suhu udara panas di lokasi, dan kesibukan transportasi. Dalam suatu daerah yang tinggi lokasinya dari permukaan laut (pegunungan), curah hujan akan sangat membantu proses pembersihan udara. Di samping itu angin yang kencang dapat pula menyapu polutan udara ke daerah lain yang lebih jauh.

Tempat yang tinggi dapat menghambat tiupan angin dan mencegah terjadinya pengenceran kandungan udara polutan. Pada waktu siang hari, sinar matahari menghangatkan udara di permukaan bumi. Udara panas tersebut akan merambat ke atas sehingga udara yang mengandung polutan di permukaan bumi akan terbawa ke atas, ke dalam troposfer. Udara bertegangan tinggi akan bergerak ke udara yang bertegangan rendah sambil membawa udara polutan tersebut, sehingga pencemaran udara dari lokasi tersebut akan berkurang.

Secara umum penyebab pencemaran udara ada 2 macam, yaitu:

1. Karena faktor internal (secara alamiah), contoh :
 - a. Debu yang beterbangan akibat tiupan angin.
 - b. Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik.
 - c. Proses pembusukan sampah organik, dll.
2. Karena faktor eksternal (karena ulah manusia), contoh:
 - a. Hasil pembakaran bahan bakar fosil.
 - b. Debu/serbuk dari kegiatan industri.
 - c. Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara ⁽¹²⁾ .

Debu adalah partikel yang dihasilkan oleh proses mekanis seperti penghancuran batu, pengeboran, peledakan yang dilakukan pada tambang timah putih, tambang besi, tambang batu bara, diperusahaan tempat menggurinda besi, pabrik besi dan baja dalam proses sandblasting dan lain-

lain. Debu yang terdapat dalam udara terbagi dua yaitu *deposit particulate matter* yaitu partikel debu yang berada sementara di udara, partikel ini segera mengendap akibat daya tarik bumi, dan *suspended particulate matter* yaitu debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap. *Deposit particulate metter* dan *suspended particulate matter* sering juga disebut debu total.

Sifat-sifat debu adalah :

1. Sifat pengendapan

Adalah sifat debu yang cenderung selalu mengendap karena gaya grafitasi bumi. Namun karena kecilnya kadang-kadang debu ini relatif tetap berada di udara. Debu yang mengendap dapat mengandung proporsi partikel yang lebih dari pada yang ada diudara.

2. Sifat Permukaan Basah

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

3. Sifat Penggumpalan

Oleh karena permukaan debu selalu basah, sehingga dapat menempel satu sama lain dan dapat menggumpal. Kelembaban di bawah saturasi kecil pengaruhnya terhadap penggumpalan debu. Akan tetapi bila tingkat humiditas di atas titik saturasi mempermudah penggumpalan. Oleh karena partikel debu bisa merupakan inti dari pada air yang berkonsentrasi, partikel jadi besar.

4. Sifat Listrik Statik

Debu mempunyai sifat listrik statis yang dapat menarik partikel lain yang berlawanan. Dengan demikian, partikel dalam larutan debu mempercepat terjadinya proses penggumpalan.

5. Sifat Opsi

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

Debu tambang didefinisikan sebagai zat padat yang terbagi halus. Partikel-partikel zat padat atau cairan yang berukuran sangat kecil di dalam medium gas atau udara disebut aerosol misalnya asap, kabut dan debu dalam udara.

Agar dapat mengendalikan zat-zat berbutir dalam udara tambang dengan baik, maka perlu dipahami sifat-sifat dasar sebagai berikut :

1. Zat-zat berbutir, baik cairan maupun padat yang menunjukkan kelakuan yang serupa apabila dikandung dalam udara.
2. Butiran-butiran debu baik yang mengakibatkan penyakit maupun ledakan/mudah terbakar berukuran <10mikron. Butiran-butiran yang berukuran <5 mikron diklasifikasikan sebagai debu terhirup (*respirable dust*).
3. Butiran-butiran >10 tidak tinggal lama di dalam suspensi aliran udara.
4. Debu-debu tambang dan industri mempunyai karakteristik berukuran sangat kecil, antara 0,5-3 mikron. Aktifitas kimianya meningkat dengan semakin berkurangnya ukuran butir.
5. Debu di bawah ukuran 19 mikron yang menyebabkan akibat serius terhadap kesehatan tidak mempunyai berat yang berarti atau lamban (*inertia*), dengan demikian dapat tinggal sebagai suspensi dalam udara dan mustahil dapat mengendap dari aliran udara.
6. Untuk mengendalikan debu halus tersebut (<10 mikron) yang telah mengapung di dalam udara, memerlukan pengontrolan aliran udara dimana debu bersuspensi ⁽¹³⁾ .

Debu dapat dikelompokkan berdasarkan akibat fisiologisnya terhadap tenaga kerja. Klasifikasi debu berdasarkan tingkat bahayanya yaitu :

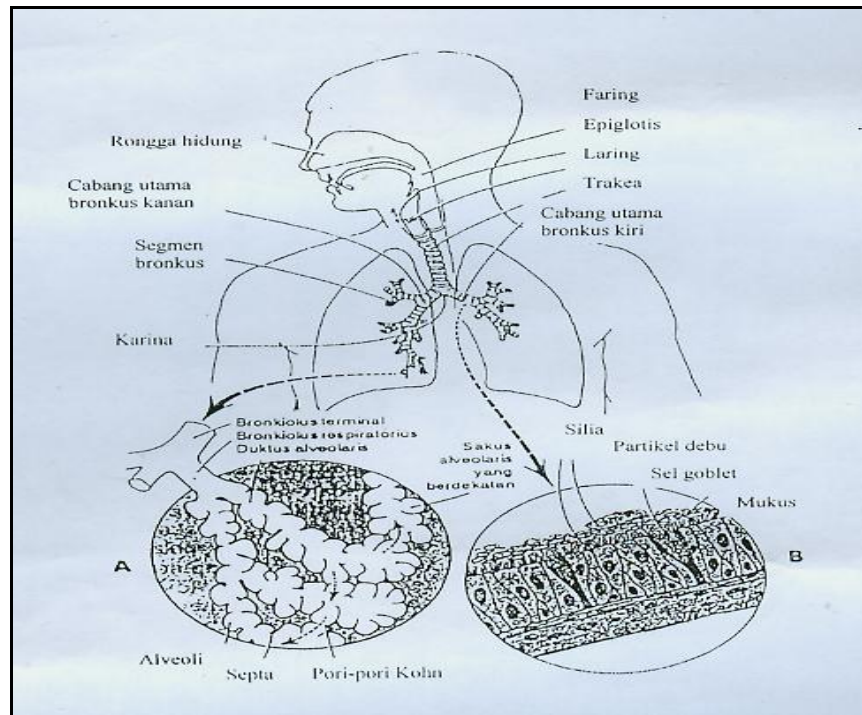
1. Debu fibrogenik (bahaya terhadap sistem pernapasan).
Contoh : silika (kwarsa, chert), silicate (asbestos, talk, mica, silimate), metal fumes, biji beryllium, bijih timah putih, beberapa biji besi, carborundum, batu bara (anthracite, bituminous).
2. Debu karsinogenik (penyebab kanker)
Contoh : debu hasil peluruhan radon, asbestos, arsenik.

3. Debu-debu beracun (toksik terhadap organ/jaringa tubuh).
Contoh : bijih beryllium, arsen, timbal, uranium radium, torium, chromium, vanadium, mercury , cadmium, antimony, selenium, mangan, tungsten, nikel dan perak.
4. Debu radioaktif (berbahaya karena radiasi alfa dan beta)
Contoh : bijih- bijih uranium, radium, torium.
5. Debu eksplosif
Contoh : debu-debu metal (magnesium,aluminium, zinc, timah putih, besi), batu bara (bituminous,lignite), bijih-bijih sulfida, debu-debu organik.
6. Debu-debu pengganggu/*nuisance dusts* (mengakibatkan kerugian yang ringan terhadap manusia).
Contoh : gypsum, koalin, batu kapur.
7. *Inert dust*/debu yang tidak bereaksi kimia dengan zat lain (tidak mempunyai akibat pada paru-paru).
8. *Respirable dust* (debu yang dapat terhirup oleh manusia yang berukuran dibawah 10 mikron).
9. *Irrespirable dust* (debu yang tidak dapat terhirup oleh manusia yang berukuran diatas 10 mikron).

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

B. Anatomi Dan Fisiologi Alat Pernapasan

Fungsi pernapasan yang utama adalah untuk pertukaran gas.⁽¹⁴⁾



Gambar 2.1 : Saluran Pernapasan

Sumber : Price.S.A, Wilson.L.M. Patofisiologi Konsep Klinis Proses-proses Penyakit Bagian 2 edisi 4. Buku Kedokteran EGC. Jakarta, 1995. Hal 646.

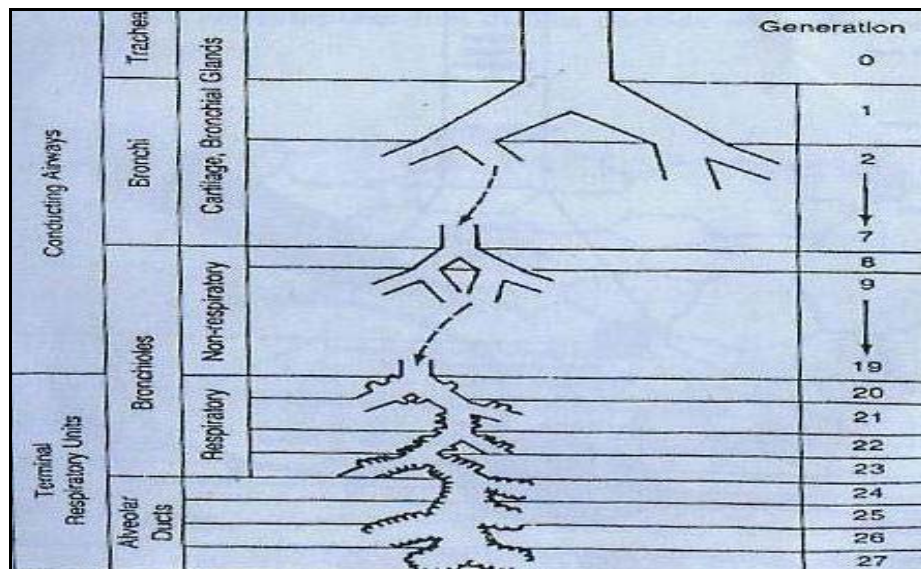
Secara anatomi, fungsi pernapasan ini dimulai dari hidung sampai ke parenkim paru⁽¹⁴⁾.

Secara fungsional saluran pernapasan dibagi atas bagian yang berfungsi sebagai konduksi (pengantar gas) dan bagian yang berfungsi sebagai respirasi (pertukaran gas). Pada bagian konduksi, udara seakan-akan bolak-balik diantara atmosfer dan jalan nafas. Oleh karena itu, bagian ini seakan-akan tidak berfungsi, dan disebut dengan "dead space". Akan tetapi fungsi tambahan dari konduksi, seperti proteksi dan pengaturan kelembaban udara, justru dilakukan pada bagian ini. Adapun yang termasuk ke dalam

konduksi ini adalah rongga hidung, rongga mulut, faring, laring, trakea, sinus bronkus dan bronkiolus nonrespiratorius.

Pada bagian respirasi akan terjadi pertukaran udara (difus) yang sering disebut dengan unit paru (lung unit), yang terdiri dari bronkiolus respiratorius, duktus alveolaris, atrium dan sakus alveolaris.

Bila ditinjau dari traktus respiratorius, maka yang berfungsi sebagai konduksi adalah trakea, bronkus utama, bronkus lobaris, bronkus segmental, bronkus subsegmental, bronkus terminalis, bronkiolus, bronkiolus nonrespiratorius. Sedangkan yang bertindak sebagai bagian respirasi adalah bronkiolus respiratorius, bronkiolus terminalis, duktus alveolaris, sakus alveolaris dan alveoli.



Gambar 2.2: Sistemetika Percabangan Trakeabronkial.

Sumber : Scott.R.M, Industrial Hygine. Lewis Publishers, USA, 1995. hal 167

Saluran pernapasan dari hidung sampai bronkiolus dilapisi oleh membran mukosa yang bersilia. Ketika udara masuk ke dalam rongga hidung, udara tersebut disaring, dihangatkan dan dilembabkan. Ketiga proses ini merupakan fungsi utama dari mukosa respirasi yang terdiri dari epitel toraks

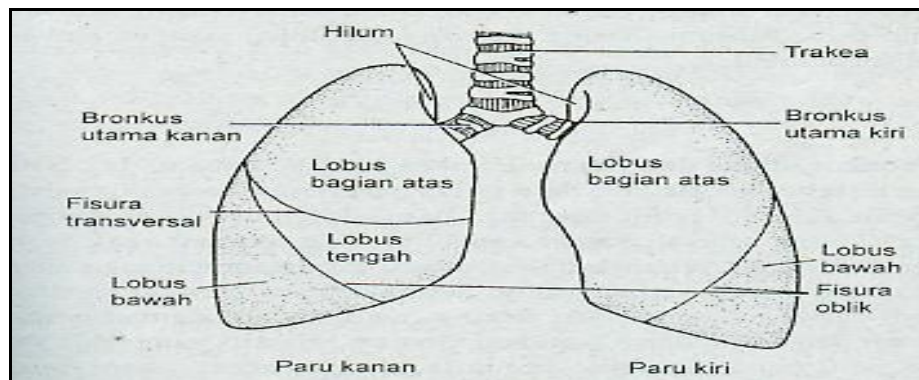
bertingkat, bersilia, dan bersel goblet. Permukaan epitel diliputi oleh lapisan mukus yang disekresi oleh sel goblet dan kelenjar serosa. Partikel-partikel debu yang kasar dapat disaring oleh rambut-rambut yang terdapat dalam lubang hidung, sedangkan partikel yang halus akan terjaring dalam lapisan mukus. Gerakan silia akan mendorong lapisan mukus ke posterior di dalam rongga hidung, dan ke superior di dalam sistem pernapasan bagian bawah menuju ke faring. Dari sini lapisan mukus akan tertelan atau dibatukkan keluar. Air untuk kelembaban diberikan oleh lapisan mukus sedangkan panas yang disuplai ke udara inspirasi berasal dari jaringan di bawahnya yang kaya akan pembuluh darah. Jadi udara inspirasi telah disesuaikan sedemikian rupa sehingga bila udara mencapai faring hampir bebas debu, bersuhu tubuh, dan kelembabannya mencapai 100%.⁽¹⁵⁾

Udara mengalir dari faring menuju laring atau kotak suara. Laring merupakan rangkaian cincin tulang rawan yang dihubungkan oleh otot dan mengandung pita suara. Di antara pita suara terdapat ruang berbentuk segi tiga yang bermuara di dalam trakea dinamakan glotis. Glotis merupakan pemisah antara saluran pernapasan bagian atas dan bawah. Meskipun laring terutama dianggap berhubungan dengan fonasi, tetapi fungsinya sebagai pelindung jauh lebih penting. Pada waktu menelan gerakan laring ke atas, penutupan glotis, dan fungsi sebagai penutupan pintu pada aditus laring, dari epiglottis yang berbentuk daun, berperan untuk mengerahkan makanan dan cairan masuk ke dalam esofagus. Namun jika benda asing masih mampu masuk melampaui glotis, maka laring yang mempunyai fungsi batuk akan membantu mengeluarkan benda dan sekret keluar dari saluran pernapasan bagian bawah.

Trakea disokong oleh cincin tulang rawan yang berbentuk seperti sepatu kuda yang panjangnya kurang lebih 5 inci. Permukaan posterior agak pipih (karena cincin tulang rawan di situ tidak sempurna), dan letaknya tepat di depan esofagus. Tempat di mana trakea bercabang menjadi bronkus utama kiri dan kanan dikenal sebagai karina. Karina memiliki banyak saraf dan dapat menyebabkan bronkospasme dan batuk yang kuat jika dirangsang.

Paru-paru adalah dua organ yang berbentuk seperti bunga karang besar yang terletak di dalam torak pada sisi lain jantung dan pembuluh darah besar. Paru-paru memanjang mulai dari dari akar leher menuju diafragma dan secara kasar berbentuk kerucut dengan puncak di sebelah atas dan alas di sebelah bawah.⁽¹⁴⁾

Diantara paru-paru *mediastinum*, yang dengan sempurna memisahkan satu sisi rongga torasik sternum di sebelah depan. Di dalam mediastinum terdapat jantung, dan pembuluh darah besar, trakea dan esofagus, dustak torasik dan kelenjar timus. Paru-paru dibagi menjadi lobus-lobus. Paru-paru sebelah kiri mempunyai dua lobus, yang dipisahkan oleh belahan yang miring. Lobus superior terletak di atas dan di depan lobus inferior yang berbentuk kerucut. Paru-paru sebelah kanan mempunyai tiga lobus. Lobus bagian bawah dipisahkan oleh fisura oblik dengan posisi yang sama terhadap lobus inferior kiri. Sisa paru lainnya dipisahkan oleh suatu fisura horisontal menjadi lobus atas dan lobus tengah. Setiap lobus selanjutnya dibagi menjadi segmen-segmen yang disebut bronko-pulmoner, mereka dipisahkan satu sama lain oleh sebuah dinding jaringan koneknif, masing-masing satu arteri dan satu vena. Masing-masing segmen juga dibagi menjadi unit-unit yang disebut lobulus.



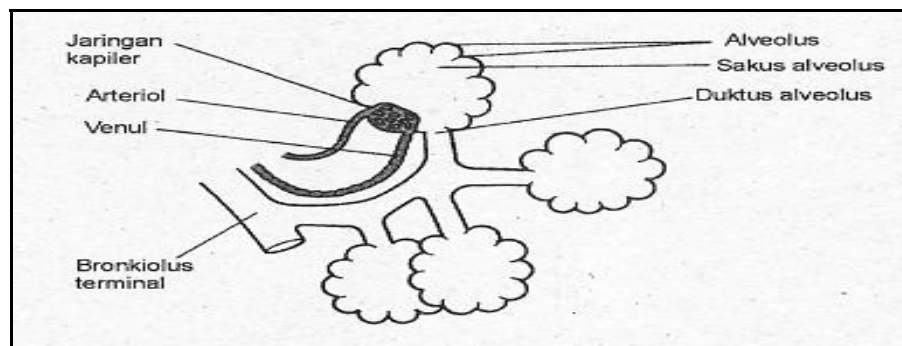
Gambar 2.3 : Diagram Yang Memperlihatkan Lolobus Paru

Sumber : Watson.R. Anatomi Dan Fisiologi. Ed 10. Buku Kedokteran ECG. Jakarta,2002. Hal 303

Bronkus utama kiri dan kanan tidak simetris. Bronkus kanan lebih pendek dan lebih lebar dan merupakan kelanjutan dari trakea yang arahnya

hampir vertikal. Sebaliknya bronkus kiri lebih panjang dan lebih sempit dan merupakan kelanjutan dari trakea dengan sudut yang lebih tajam. Benda asing yang terhirup lebih sering tersangkut pada percabangan bronkus kanan karena arahnya yang vertikal.

Cabang utama bronkus kanan dan kiri bercabang lagi menjadi *bronkus lobaris* dan kemudian *bronkus segmentalis*. Percabangan ini berjalan terus menjadi bronkus yang ukurannya semakin kecil sampai akhirnya menjadi bronkiolus terminalis, yaitu saluran udara terkecil yang tidak mengandung alveoli (kantong udara). Bronkiolus tidak diperkuat oleh cincin tulang rawan, tetapi disusun oleh muskulus, fibrosa dan jaringan elastis yang dihubungkan dengan kuboit epitelium. Bronkiolus terminalis bercabang secara berulang untuk membentuk saluran yang disebut duktus alveolar. Di sinilah kantong alveolar dan alveoli terbuka. Alveoli dikelilingi suatu jaringan kapiler. Darah yang mengalami deoksigenasi memasuki jaringan kapiler arteri pulmoner dan darah yang mengandung oksigen meninggalkan alveoli untuk memasuki vena pulmoner. Di jaringan pipa kapiler ini berlangsung pertukaran gas antara udara di dalam alveoli dan darah di dalam pembuluh darah.



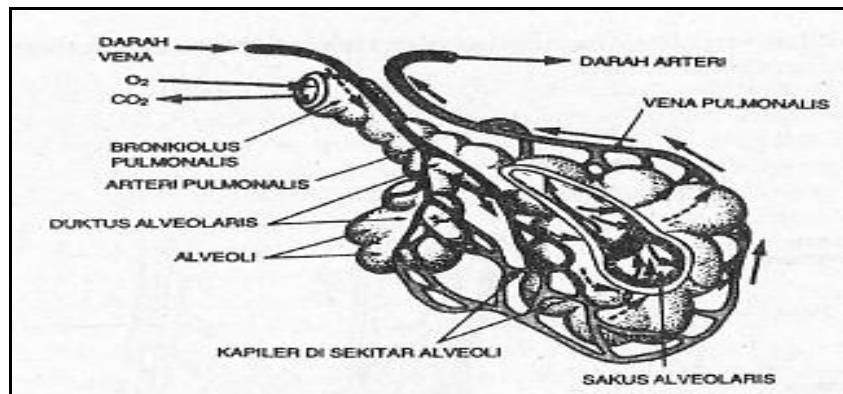
Gambar 2.4 : Diagram Alveolus

Sumber : Watson.R. Anatomi Dan Fisiologi. Ed 10. Buku Kedokteran ECG, Jakarta, 2002. Hal 305.

Setelah bronkiolus terminalis terdapat *asinus* yang merupakan unit fungsional paru-paru, yaitu tempat pertukaran gas. Asinus atau kadang-kadang disebut lobulus primer. Asinus terdiri dari:

1. *bronkiolus respiratorius*, yang terkadang memiliki kantong udara kecil atau alveoli pada dindingnya
2. *duktus alveolaris*, seluruhny adibatasi oleh alveolus
3. *sakus alveolaris terminalis*, merupakan struktur akhir paru-paru.

Terdapat sekitar 23 kali percabangan mulai dari trakea sampai sakus alveolaris terminalis. Alveolus (dalam kelompokan sakus alveolaris yang menyerupai anggur, yang membentuk sakus terminalis) dipisahkan dari alveolus di dekatnya oleh dinding tipis atau *septum*. Lubang kecil pada dinding ini dinamakan *pori-pori kohn*. Lubang ini memungkinkan komunikasi antar sakus alveolaris terminalis. Alveolus hanya mempunyai satu lapis sel saja yang diameternya lebih kecil dibandingkan dengan diameter sel darah merah. Dalam setiap paru-paru terdapat sekitar 300 juta alveolus dengan luas permukaan total seluas lapangan tenis.



Gambar 2.5 : Alveoli

Sumber : Tabrani.R.H. Prinsip Gawat Paru. Buku Kedokteran ECG. Jakarta,1996. Hal 13.

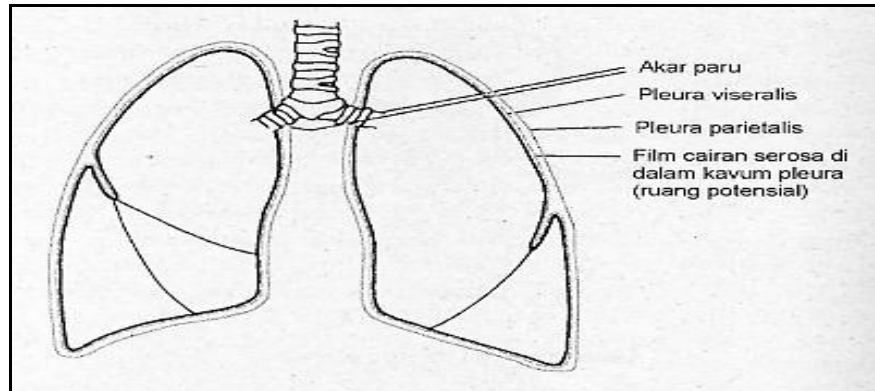
Alveolus merupakan gelembung gas yang dikelilingi oleh jalinan kapiler, maka batas antara cairan dan gas membentuk suatu tegangan permukaan yang cenderung mencegah pengembangan pada waktu inspirasi dan cenderung kolaps pada waktu ekspirasi. Alveolus dilapisi zat lipoprotein yang dinamakan surfaktan, yang dapat mengurangi tegangan permukaan dan mengurangi resistensi terhadap pengembangan waktu inspirasi dan mencegah

kolaps alveolus pada waktu ekspirasi. Pembentukan surfaktan oleh sel alveolus (tipe II) tergantung dari beberapa faktor, termasuk kematangan sel-sel alveolus dan sistem enzim biozintetiknya, kecepatan pergantian yang normal, ventilasi yang memadai dan aliran darah ke dinding alveolus. Surfaktan merupakan faktor penting dan berperan sebagai pathogenesis beberapa penyakit rongga dada. ⁽¹⁵⁾

Anderson ⁽¹⁶⁾ menyatakan bahwa diluar bronkiolus terminalis terdapat asinus sebagai unit fungsional paru yang merupakan tempat pertukaran gas, asinus tersebut terdiri dari bronkiolus respiratorius yang mempunyai alveoli. Duktus alveolaris yang seluruhnya dibatasi oleh alveolus dan saku alveolaris terminalis, merupakan struktur akhir paru-paru. ⁽¹⁷⁾

Hilum adalah cekungan berbentuk segitiga pada permukaan medial cekung paru-paru. Struktur yang membentuk akar paru memasuki dan meninggalkan hilum, yang terletak sejajar vertebra torasik kelima sampai ketujuh. Struktur ini mencakup bronkus utama, arteri pulmoner, vena bronkiolus, dan pembuluh darah limfatik, yang meninggalkan akar paru-paru. Terdapat juga banyak nodus limfe di sekitar akar paru-paru. ⁽¹⁴⁾

Pleura adalah suatu membran serosa yang mengelilingi paru-paru. Pleura disusun oleh sel-sel epitel datar pada dasar membran dan memiliki dua lapisan. Pleura viseral melekat kuat pada paru-paru, melapisi permukaan paru-paru dan masuk ke dalam fisura inter-lobus. Pada akar paru, lapisan viseral direfleksikan kembali menjadi lapisan parietalis yang menghubungkan dinding dada dan membungkus lapisan diafragma superior. Kedua lapisan pleura tersebut bersentuhan. Dinding yang satu dengan dinding lainnya hanya dipisahkan oleh satu film cair yang memungkinkan mereka menggelinding satu sama lain tanpa terjadi gesekan. Ruang yang terdapat di antara lapisan ini disebut rongga pleura. ⁽¹⁴⁾

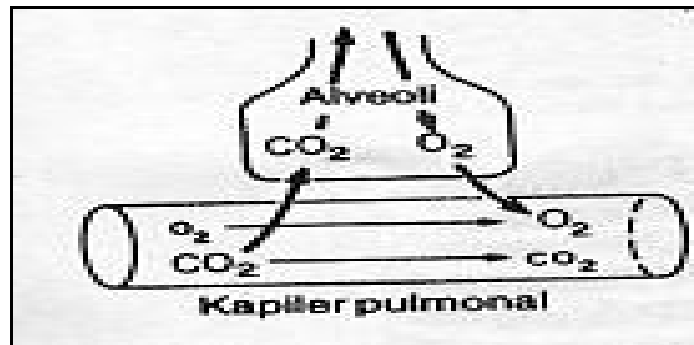


Gambar 2.6 : Diagram Pleura

Sumber : Watson.R. Anatomi Dan Fisiologi. Ed 10. Buku Kedokteran ECG. Jakarta,2002. Hal 306.

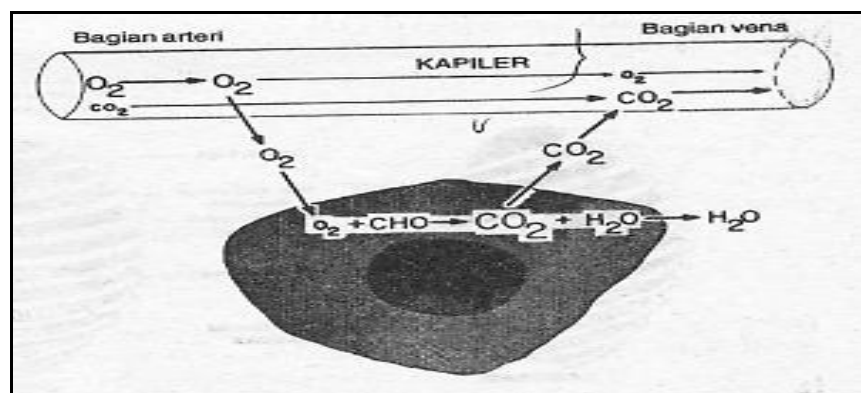
Menurut Rahajoe dkk, (1994) fungsi utama paru adalah sebagai alat pernapasan yaitu melakukan pertukaran udara (ventilasi), yang bertujuan menghirup masuknya udara dari atmosfer kedalam paru-paru (inspirasi) dan mengeluarkan udara dari alveolar ke luar tubuh (ekspirasi) ⁽¹⁸⁾. Fungsi pernapasan ada dua yaitu sebagai pertukaran gas dan pengaturan keseimbangan asam basa⁽¹³⁾. Pernapasan dapat berarti pengangkutan oksigen (O_2) ke sel dan pengangkutan CO_2 dari sel kembali ke atmosfer. Menurut Guyton proses ini terdiri dari 4 tahap yaitu ;

- a). Pertukaran udara paru, yang berarti masuk dan keluarnya udara ke dan dari alveoli. Alveoli yang sudah mengembang tidak dapat mengempis penuh, karena masih adanya udara yang tersisa didalam alveoli yang tidak dapat dikeluarkan walaupun dengan ekspirasi kuat. Volume udara yang tersisa ini disebut volume residu. Volume ini penting karena menyediakan O_2 dalam alveoli untuk mengaerasikan darah.
- b). Difusi O_2 dan CO_2 antara alveoli dan darah.
- c). Pengangkutan O_2 dan CO_2 dalam darah dan cairan tubuh menuju ke dan dari sel-sel.
- d). Regulasi pertukaran udara dan aspek-aspek lain pernapasan ⁽¹⁹⁾.



Gambar 2.7 : pertukaran gas

Sumber : Tabrani.R.H. Prinsip Gawat Paru. Buku Kedokteran ECG. Jakarta,1996. Hal 21.



Gambar 2.8 : pertukaran gas

Sumber : Tabrani.R.H. Prinsip Gawat Paru. Buku Kedokteran ECG. Jakarta,1996. Hal 21.

Menurut Rahajoe dkk (1994), dari aspek fisiologis, ada dua macam pernapasan yaitu :

- a). Pernapasan luar (eksternal respiration), yaitu penyerapan O_2 dan pengeluaran CO_2 dalam paru-paru.
- b). Pernapasan dalam (internal respiration) yang aktifitas utamanya adalah pertukaran gas pada metabolisme energi yang terjadi dalam sel. Ditinjau dari aspek klinik yang dimaksud dengan pernapasan pada umumnya adalah pernapasan luar ⁽¹⁸⁾(²⁰).

Untuk melakukan tugas pertukaran udara, organ pernapasan disusun oleh beberapa komponen penting antara lain :

- a). Dinding dada yang terdiri dari tulang, otot dan saraf perifer
- b). Parenkim paru yang terdiri dari saluran nafas, alveoli dan pembuluh darah.
- c). Pleura viseralis dan pleura parietalis.
- d). Beberapa reseptor yang berada di pembuluh arteri utama.

Sebagai organ pernapasan dalam melakukan tugasnya dibantu oleh sistem kardiovaskuler dan sistem saraf pusat. Sistem kardiovaskuler selain mensuplai darah bagi paru (perfusi), juga dipakai sebagai media transportasi O_2 dan CO_2 sistem saraf pusat berperan sebagai pengendali irama dan pola pernapasan⁽¹⁹⁾.

C. Gangguan Fungsi Paru

Selain menilai kondisi organ paru, diagnosis penyakit paru perlu pula menentukan kondisi fungsionalnya. Dengan mengetahui keadaan fungsi paru, maka beberapa tindakan medis yang akan dilakukan pada penderita tersebut dapat diramalkan keberhasilkannya, disamping itu progresivitas penyakitnya akan dapat diketahui. Oleh karena itu pemeriksaan faal paru saat ini dikategorikan sebagai pemeriksaan rutin.

1. Penyakit Paru Obstruktif Menahun

Beberapa penyakit paru yang jelas secara anatomi, memberikan tanda kesulitan pernapasan yang mirip, yaitu terbatasnya jalan udara yang kronis, terutama bertambahnya resistensi terhadap jalan udara saat ekspirasi. Yang terpenting dalam gangguan ini adalah bronkitis kronis, bronkiolitis dengan terlihatnya cabang-cabang kecil berdiameter kurang dari 2mm dan emfisema, ditandai dengan pembesaran rongga-rongga udara dibagian distal dari bronkioli terminalis dan kerusakan pada septa alveoli. Bronkitis dan bronkiolitis menambah resistensi jalan udara, karena proses peradangan dan sekret yang menyempitkan jalan udara. Kerusakan karena emfisema dinding septa tidak hanya mengurangi rekoil elastik dari paru tetapi juga disertai oleh penyakit jalan udara kecil. Seringkali sulit

membedakan secara klinik, keadaan ini sering disebut Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM), termasuk di dalamnya penyakit asma dan bronkiektasis. Penyakit asma biasanya ditandai dengan serangan obstruksi spasmodik jalan udara, tetapi kadang-kadang menyebabkan penyempitan jalan udara yang terus-menerus pada keadaan seperti asmatis bronkitis kronik.

Keadaan klinik ; penyakit dari kedua saluran udara yang besar maupun yang kecil berperan dalam terjadinya PPOM. Perlu ditekankan kembali bahwa bronkitis sendiri untuk beberapa saat dapat tanpa menyebabkan disfungsi ventilasi, tetapi dapat menyebabkan batuk prominem dan dahak yang produktif. Bila terjadi sesak nafas *hipoksemia* dan *hiperkapnea*. Oksigenisasi tidak adekuat dari darah dapat menimbulkan *sianosis*. *Hipoksemia* kronis dapat juga menyebabkan *vasokonstriksi paru persisten*.

Perjalanan klinis dari penderita PPOM terbentang mulai dari apa yang dikenal sebagai *pink puffers* sampai *blue bloaters*. Tanda klinis utama dari *pink puffers* (berkaitan dengan emfisema panlobular primer) adalah timbulnya dispnea tanpa disertai batuk dengan pembentukan sputum yang berarti. Biasanya dispnea mulai timbul diusia 40 tahun dan semakin lama semakin berat. Pada ujung ekstrim lain dari PPOM didapati penderita *blue bloaters* (bronkitis tanpa bukti-bukti emfisema obstruktif yang jelas), penderita penyakit ini disertai dengan batuk produktif dan berulang kali mengalami infeksi pernapasan yang dapat berlangsung selama bertahun-tahun sebelum tampak gangguan fungsi. Akan tetapi, akhirnya timbul gejala dispnea pada waktu penderita melakukan kegiatan fisik. ⁽¹⁶⁾

Perjalanan PPOM ditandai dengan "batuk merokok" atau "batuk pagi hari" disertai pembentukan sedikit sputum mukoid, infeksi saluran pernapasan berlangsung lebih lama. Akhirnya serangan bronkitis akut makin sering timbul, terutama pada musim dingin, dan kemampuan kerja

penderita berkurang, sehingga pada waktu mencapai usia 50-60-an penderita mungkin harus berhenti bekerja.

2. *Emfisema*

Emfisema didefinisikan sebagai suatu pelebaran normal dari ruang-ruang udara paru disertai dengan destruksi dari dindingnya. Pelebaran ruang udara yang tidak disertai destruksi disebut *overinflasi* atau *hiperinflasi*. Beberapa jenis *emfisema* :

- a) *Emfisema* sentrilobular termasuk kelainan pada asinus proksimal (bronkioli respiratorik), namun bila progresif, dilatasi dan destruktif dari dinding distal alveoli juga akan terjadi. Secara khas perubahan akan lebih sering dan lebih berat dibagian atas daripada dibagian zone bawah lobus, bentuk *emfisema* ini adalah penyakit yang paling dominan pada perokok.
- b) *Emfisema panasinar* ; terjadi pelebaran alveoli yang progresif dan duktus alveoli, serta hilangnya dinding batas antara duktus alveoli dan alveoli. Dengan progresifitas dan destruktif dari dinding alveoli ini, ada *simplikasi* dari struktur paru. Bila proses menjadi difus, biasanya lebih jelas tandanya pada lobus bawah, bentuk *emfisema* ini lebih sering terjadi pada wanita dewasa, walaupun perokok dapat menyebabkan bentuk dari *emfisema* ini, namun hubungan tersebut tidak sesering pada *emfisema* sentilobuler.
- c) *Emfisema parasepta* atau sub pleura ; biasanya terbatas pada zona sub pleura dan sepanjang septa interlobaris, yang ditandai dengan keterlibatan asinus distal, alveoli dan kadang-kadang duktus alveoli. Bentuk ini sering menimbulkan gelembung bula yang besar langsung di bawah pleura, dan juga dapat menimbulkan pneumotoraks pada dewasa muda.
- d) *Emfisema ireguler* ; *emfisema* ini sering dihubungkan dengan parut paru, bentuk ini biasanya terbatas ekstensinya, karena itu hanya menyebabkan dampak yang kecil pada fungsi pernapasan.

3. Penyakit paru Interstisial (Restriktif)

Penyakit paru interstisial dimulai dengan proses peradangan interstisial terutama yang mengenai septa-septa, sel imunokompeten yang aktif dan kemudian terkumpul di dinding alveolar yang menjadi penyebab kerusakan. Akibat yang paling ditakutkan dari penyakit ini adalah penebalan fibrosis dinding alveolar yang menimbulkan kerusakan menetap pada fungsi pernafasan dan mengacaukan arsitektur paru. Bersamaan dengan itu pembuluh darah dan menyebabkan pembuluh darah halus menyempit dan menyebabkan hipertensi pulmonalis, pelebaran dinding alveolar dan kontraksi jaringan fibrosis dapat mengecilkan ukuran rongga udara dan paru menjadi berkurang kemampuannya, sehingga pertukaran gas mengalami gangguan. Dengan demikian penyakit paru interstisial/restriktif merupakan penyebab utama paru menjadi kaku dan mengurangi kapasitas vital dan kapasitas paru.

D. Volume dan Kapasitas Fungsi Paru

Volume paru dan kapasitas fungsi paru merupakan gambaran fungsi ventilasi sistem pernapasan. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas fungsi paru dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya kelainan fungsi paru.

1. Volume Paru

Volume paru akan berubah-ubah saat pernapasan berlangsung. Saat inspirasi akan mengembang dan saat ekspirasi akan mengempis. Pada keadaan normal, pernapasan terjadi secara pasif dan berlangsung tanpa disadari⁽²¹⁾.

Beberapa parameter yang menggambarkan volume paru adalah :

- a. Volume tidal (*Tidal Volume = TV*), adalah volume udara paru yang masuk dan keluar paru pada pernapasan biasa. Besarnya *TV* pada orang dewasa sekitar 500 ml.
- b. Volume Cadangan Inspirasi (*Inspiratory Reserve Volume = IRV*), volume udara yang masih dapat dihirup kedalam paru sesudah inspirasi biasa, besarnya *IRV* pada orang dewasa adalah sekitar 3100 ml.

- c. Volume Cadangan Ekspirasi (*Expiratory Reserve Volume = ERV*), adalah volume udara yang masih dapat dikeluarkan dari paru sesudah ekspirasi biasa, besarnya *ERV* pada orang dewasa sekitar 1000-1200 ml.
- d. Volume Residu (*Residual Volume = RV*), udara yang masih tersisa didalam paru sesudah ekspirasi maksimal sekitar 1100ml.

TV, IRV, ERV dapat langsung diukur dengan spirometer, sedangkan $RV = TLC - VC$ ⁽¹⁷⁾.

2. Kapasitas Fungsi Paru

Kapasitas paru merupakan jumlah oksigen yang dapat dimasukkan kedalam tubuh atau paru-paru seseorang secara maksimal ⁽²¹⁾. Jumlah oksigen yang dapat dimasukkan ke dalam paru ditentukan oleh kemampuan kembang kempisnya sistem pernapasan. Semakin baik kerja sistem pernapasan berarti volume oksigen yang diperoleh semakin banyak.

Yang termasuk pemeriksaan kapasitas fungsi paru adalah :

- a. Kapasitas Inspirasi (*Inspiratory Capacity = IC*), adalah volume udara yang masuk paru setelah inspirasi maksimal atau sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal ($IC = IRV + TV$).
- b. Kapasitas Vital (*Vital Capacity = VC*), volume udara yang dapat dikeluarkan melalui ekspirasi maksimal setelah sebelumnya melakukan inspirasi maksimal (sekitar 4000ml). Kapasitas vital besarnya sama dengan volume inspirasi cadangan ditambah volume tidal ($VC = IRV + ERV + TV$).
- c. Kapasitas Paru Total (*Total Lung Capacity = TLC*), adalah kapasitas vital ditambah volume sisa ($TLC = VC + RV$ atau $TLC = IC + ERV + RV$).
- d. Kapasitas Residu Fungsional (*Functional Residual Capacity = FRC*), adalah volume ekspirasi cadangan ditambah volume sisa ($FRC = ERV + RV$).

3. Pengukuran Faal Paru.

Pemeriksaan faal paru sangat dianjurkan bagi tenaga kerja, yaitu menggunakan spirometer, karena pertimbangan biaya yang murah, ringan, praktis dibawa kemana-mana, akurasinya tinggi, cukup sensitif, tidak invasif dan cukup dapat memberi sejumlah informasi yang handal ⁽³⁾. Dengan pemeriksaan spirometri dapat diketahui semua volume paru kecuali volume residu, semua kapasitas paru kecuali kapasitas paru yang mengandung komponen volume residu. Dengan demikian dapat diketahui gangguan fungsional ventilasi paru dengan jenis gangguan digolongkan menjadi 2 bagian, yaitu :

- a. Gangguan faal paru obstruktif, yaitu hambatan pada aliran udara yang ditandai dengan penurunan VC dan FVC/FEV_1 .
- b. Gangguan faal paru restriktif, adalah hambatan pada pengembangan paru yang ditandai dengan penurunan pada VC , RV dan TLC ⁽²¹⁾.

Dari berbagai pemeriksaan faal paru, yang sering dilakukan adalah :

a). *Vital Capacity (VC)*

Adalah volume udara maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi maksimal. Ada dua macam vital capacity berdasarkan cara pengukurannya, yaitu : pertama, *Vital Capacity (VC)*, subjek tidak perlu melakukan aktifitas pernapasan dengan kekuatan penuh, kedua *Forced Vital Capacity (FVC)*, dimana subjek melakukan aktifitas pernapasan dengan kekuatan maksimal. Berdasarkan fase yang diukur VC dibedakan menjadi dua macam, yaitu : *VC inspirasi*, dimana VC hanya diukur pada fase inspirasi dan *VC ekspirasi*, diukur hanya pada fase ekspirasi ⁽¹⁷⁾.

Pada orang normal tidak ada perbedaan antara FVC dan VC , sedangkan pada kelainan obstruksi terdapat perbedaan antara VC dan FVC . VC merupakan refleksi dari kemampuan elastisitas atau jaringan paru atau kekakuan pergerakan dinding toraks. VC yang menurun merupakan kekakuan jaringan paru atau dinding toraks, sehingga dapat

dikatakan pemenuhan (*compliance*) paru atau dinding toraks mempunyai korelasi dengan penurunan *VC*. Pada kelainan obstruksi ringan *VC* hanya mengalami penurunan sedikit atau mungkin normal.

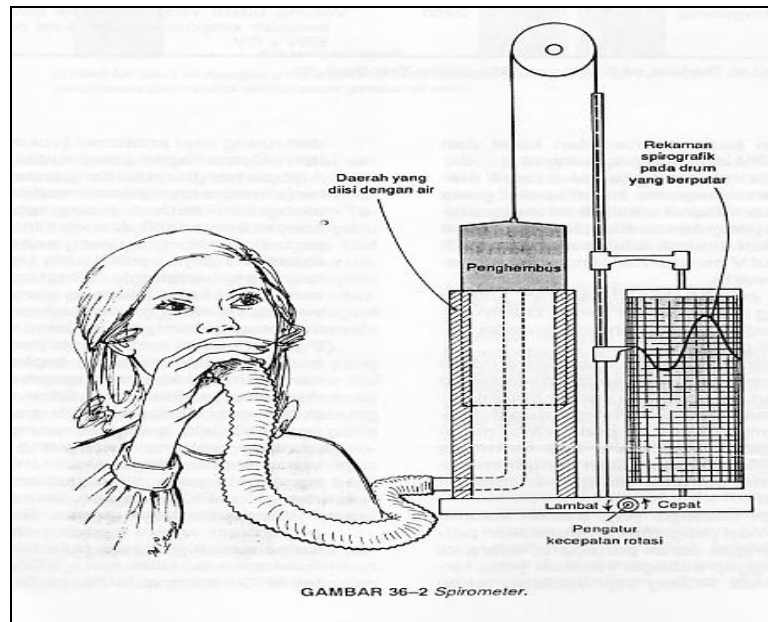
b). *Forced Expiratory Volume in 1 Second (FEV₁)*

Yaitu besarnya volume udara yang dikeluarkan dalam satu detik pertama. Lama ekspirasi pertama pada orang normal berkisar antara 4-5 detik dan pada detik pertama orang normal dapat mengeluarkan udara pernapasan sebesar 80% dari nilai *VC*. Fase detik pertama ini dikatakan lebih penting dari fase-fase selanjutnya. Adanya obstruksi pernapasan didasarkan atas besarnya volume pada detik pertama tersebut. Interpretasi tidak didasarkan nilai absolutnya tetapi pada perbandingan dengan *FCV*nya. Bila *FEV₁/FCV* kurang dari 75 % berarti abnormal.

Pada penyakit obstruktif seperti bronkitis kronik atau emfisema terjadi pengurangan *FEV₁* yang lebih besar dibandingkan kapasitas vital (kapasitas vital mungkin normal) sehingga rasio *FEV₁/FEV* kurang dari 75%.

c). *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)*

PEFR adalah aliran udara maksimal yang dihasilkan oleh sejumlah volume tertentu. *PEFR* dapat menggambarkan keadaan saluran pernapasan, apabila *PEFR* berarti ada hambatan aliran udara pada saluran pernapasan. Pengukuran dapat dilakukan dengan *Mini Peak Flow Meter* atau *Pneumotachograf*.



Gambar 2.9 : Spirometer

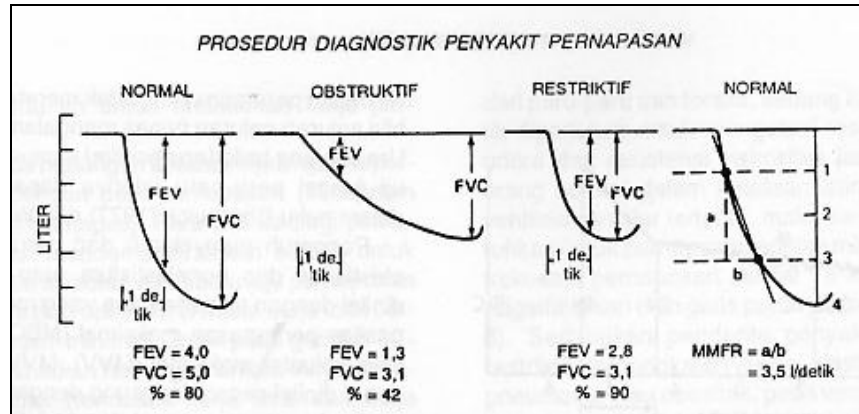
Sumber : Price.S.A, Wilson.L.M. Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit Bagian 2 edisi 4. Buku Kedokteran EGC. Jakarta, 1995. Hal 670.

4. Nilai Normal Faal Paru.

Untuk menginterpretasikan nilai faal paru yang diperoleh harus dibandingkan dengan nilai standarnya. Menurut Moris ada tiga metode untuk mengidentifikasi kelainan faal paru :

- a. Disebut normal bila nilai prediksinya lebih dari 80%. Untuk *FEV1* tidak memakai nilai absolut akan tetapi menggunakan perbandingan dengan *FVC*nya yaitu $FEV1/FVC$ dan bila didapatkan nilai kurang dari 75% dianggap abnormal.
- b. *Metode dengan 95th percentile*, pada metode ini subjek dinyatakan dengan persen predicted dan nilai normal terendah apabila berada diatas 95% populasi.
- c. *Metode 95% Confidence Interval (CI)*. Pada metode ini batas normal terendah adalah nilai prediksi dikurangi 95% *CI*.

95% CI setara dengan 1,96 kali SEE untuk 2 tailed test atau 1,65 kali SEE untuk 1 tailed test.



Gambar 2.10 : Prosedur Diagnostik Pernapasan

Sumber : Price.S.A, Wilson.L.M. Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit Bagian 2 edisi 4. Buku Kedokteran EGC. Jakarta, 1995. Hal 672.

5. Nilai Ambang Batas (NAB)

Bahan-bahan dan peralatan kerja sangat diperlukan dalam pembangunan demi kesejahteraan dan kemajuan bangsa. Namun dilain pihak akan memberikan dampak negatif terutama bagi tenaga kerja, seperti gangguan keselamatan, kesehatan dan jaminan kenyamanan kerja serta gangguan pencemaran lingkungan⁽²²⁾. Evaluasi bahan pencemar di lingkungan kerja berbeda dengan evaluasi bahan pencemar di udara bebas atau ambien. Proses kimiawi analisa polutan mungkin sama, misalnya metoda gravimetrik untuk debu dan analisa gas organik dengan kromatografi, namun perbedaan prinsipil terletak pada tata cara pengambilan sampel dan nilai ambang. Di Indonesia nilai ambang batas (NAB) untuk lingkungan kerja dikeluarkan oleh Menteri Tenaga Kerja RI⁽²³⁾.

Nilai ambang batas adalah standar (NAB) adalah standar faktor-faktor lingkungan kerja yang dianjurkan ditempat kerja agar tenaga kerja masih dapat menerimannya tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan

kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Kegunaan NAB ini sebagai rekomendasi pada praktek higene perusahaan dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan (SE/Men/1997), untuk Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja sebesar 10 mg/m^3 .

6. Penurunan Fungsi Paru oleh Kualitas Udara

a. Mekanisma terjadinya penurunan fungsi paru akibat terpapar debu

Untuk mendapatkan energi, manusia memerlukan oksigen yang digunakan untuk pembakaran zat makanan dalam tubuh. Pemenuhan kebutuhan oksigen tersebut diperoleh dari udara melalui proses respirasi. Paru merupakan salah satu organ sistem respirasi yang berfungsi sebagai tempat penampungan udara, sekaligus merupakan tempat berlangsungnya pengikatan oksigen oleh hemoglobin. Interaksi udara dengan paru berlangsung setiap saat, oleh karena itu kualitas udara yang terinhalasi sangat berpengaruh terhadap faal paru. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencemaran udara yaitu kelembaban, suhu dan penyebaran.

Kelembaban udara relatif yang rendah di daerah tercemar akan mengurangi efek korosif dari bahan kimia tersebut. Pada kelembaban relatif tinggi di daerah tercemar akan terjadi peningkatan efek korosif.

Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat meningkatkan peningkatan kelembaban udara relatif, sehingga meningkatkan efek korosif bahan pencemar di daerah yang udaranya tercemar. Pada suhu yang meningkat akan meningkatkan pula kecepatan reaksi suatu bahan kimia.

Penyebaran bahan kimia pencemar sekali masuk ke dalam lapisan troposfer, bahan pencemar tersebut bercampur dengan udara dan terbawa secara vertikal dan horisontal serta bereaksi secara kimiawi dengan bahan lainnya di dalam atmosfer. Dalam mengikuti

gerakan udara, polutan tersebut menyebar, tetapi polutan yang dapat tahan lama akan terbawa dalam jarak yang jauh dan jatuh ke permukaan bumi menjadi partikel-partikel padat dan larut dalam butiran-butiran air serta mengembun jatuh ke permukaan bumi.

Tempat yang tinggi seperti pegunungan gedung bertingkat tinggi diperkotaan, dapat menghambat tiupan angin dan mencegah terjadinya pengenceran kandungan udara polutan. Pada waktu siang hari, sinar matahari menghangatkan udara di permukaan bumi. Udara panas tersebut akan merambat ke atas sehingga udara yang mengandung polutan di permukaan bumi akan terbawa ke atas, ke dalam troposfer. Udara bertegangan tinggi akan bergerak ke udara yang bertegangan rendah sambil membawa udara polutan tersebut, sehingga pencemaran udara dari lokasi tersebut akan berkurang.

Udara dalam keadaan tercemar, partikel polutan ikut terinhalasi dan sebagian akan masuk ke dalam paru. Selanjutnya sebagian partikel akan mengendap di alveoli. Dengan adanya pengendapan partikel dalam alveoli, ada kemungkinan terjadinya penurunan fungsi paru. Menurut Thomas, terdapatnya debu di alveolus akan menyebabkan terjadinya statis partikel debu dan dapat menyebabkan kerusakan dinding alveolus dan merupakan salah satu faktor predisposisi PPOM⁽²⁴⁾.

b. Mekanisme penimbunan debu dalam jaringan paru

Faktor yang dapat berpengaruh pada inhalasi bahan pencemar ke dalam paru adalah faktor komponen fisik, faktor komponen kimiawi dan faktor penderita itu sendiri. Aspek komponen fisik yang pertama adalah keadaan dari bahan yang diinhalasi (gas,debu,uap). Ukuran dan bentuk akan berpengaruh dalam proses penimbunan dalam paru, demikian juga dengan kelarutan dan nilai *higroskopisitasnya*. Komponen kimia yang berpengaruh antara lain kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan sekitarnya,keasaman atau tingkat *alkalisitasnya* yang tinggi (dapat merusak silia atau sistem enzim).

Bahan-bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas diparu dan dapat bersifat antigen yang masuk paru⁽¹³⁾.

Selain faktor bahan yang masuk ke dalam paru maka faktor manusianya sendiri tentu amat penting diperhitungkan pula. Sistem pertahanan paru baik secara anatomis maupun secara fisiologis, merupakan satu mekanisme yang baik dalam melindungi saluran napas dan paru. Mekanisme ini tentu saja dapat terganggu, baik karena faktor bawaan maupun oleh faktor lingkungan. Orang-orang tertentu mempunyai silia yang aktif sekali bekerja menyapu debu yang masuk, sementara pada sebagian orang lain gerak cambuk silia relatif lebih lambat.

Mekanisme penimbunan debu dalam paru ; debu diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap. Udara masuk melalui rongga hidung disaring, dihangatkan dan dilembabkan. Ketiga fungsi tersebut disebabkan karena adanya mukosa saluran pernapasan yang terdiri dari epitel toraks bertingkat, bersilia, dan mengandung sel goblet. Partikel debu yang kasar dapat disaring oleh rambut yang terdapat pada lubang hidung, sedangkan partikel debu yang halus akan terjatuh dalam lapisan mukosa. Gerakan silia mendorong lapisan mukosa ke posterior, ke rongga hidung dan ke arah superior menuju faring⁽¹⁵⁾. Debu yang berukuran antara 5-10 μ akan ditahan oleh saluran napas atas, debu yang berukuran 3-5 μ akan ditahan oleh bagian tengah jalan pernapasan, debu yang berukuran 1-3 μ merupakan ukuran yang paling berbahaya, karena akan tertahan dan tertimbun (menempel) mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli dan debu yang berukuran 0,1-1 μ bergerak keluar masuk alveoli sesuai dengan gerak brown⁽²⁵⁾. Partikel debu yang masuk ke dalam paru-paru akan membentuk fokus dan berkumpul dibagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag akan merangsang terbentuknya makrofag baru. Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus-menerus

berperan penting dalam pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru yaitu pada dinding alveoli dan jaringan ikat interstitial. Akibat fibrosis paru akan terjadi penurunan elastisitas jaringan paru (pergeseran jaringan paru) dan menimbulkan gangguan pengembangan paru⁽¹⁶⁾. Bila pengerasan alveoli mencapai 10% akan terjadi penurunan elastisitas paru yang menyebabkan kapasitas vital paru akan menurun dan dapat mengakibatkan menurunnya suplai oksigen ke dalam jaringan otak, jantung dan bagian-bagian tubuh lainnya.

c. Mekanisme pengendapan partikel debu di paru

Mekanisme pengendapan partikel debu di paru berlangsung dengan berbagai cara :

- 1). *Grafitasi*, sedimentasi partikel yang masuk saluran nafas karena gaya grafitasi. Artinya partikel akan jatuh dan menempel di saluran napas karena faktor gaya tarik bumi. Karena itu terjadinya sedimentasi berhubungan dengan ukuran partikel, beratnya dan juga kecepatannya.;
- 2). *Impaction*, terjadi karena adanya percabangan saluran napas. Partikel yang masuk bersama udara inspirasi akan terbentur di percabangan bronkus dan jatuh pada percabangan yang kecil. Mekanisme *impaction* biasanya terjadi pada partikel > 1 mikron;
- 3). *Brown diffusion* yaitu mengendapnya partikel dengan diameter < 2 mikron yang disebabkan oleh terjadinya gerakan keliling (gerakan brown) dari partikel oleh energi kinetik. Akibat gerakan ini partikel dapat terbawa bergarak langsung ke dinding saluran napas. Difusi ini merupakan cara yang terpenting bagi partikel < 0,5 mikron untuk dapat menempel di dinding saluran napas/paru.;
- 4). *Electrostatic*, terjadi karena saluran napas dilapisi mukus, yang merupakan konduktur yang baik secara elektrostatis;

- 5). *Interseption* terjadi pengendapan yang berhubungan dengan sifat fisik partikel berupa ukuran panjang/besar partikel ini penting untuk mengetahui dimana terjadi pengendapan. Sebagian besar partikel yang berukuran > 5 mikron akan tertahan dihidung dan jalan napas bagian atas. Partikel yang berukuran antara 3-5 mikron akan tertahan dibagian tengah jalan napas dan partikel berukuran antara 1-3 akan menempel di dalam alveoli.
- d. Faktor yang mempengaruhi terjadinya pengendapan partikel debu di paru.

Tidak semua partikel yang terinhalasikan mengalami pengendapan di paru. Faktor pengendapan debu di paru dipengaruhi oleh pertahanan tubuh dan karakteristik debu itu sendiri. Karakteristik yang dimaksud meliputi jenis debu, ukuran partikel debu, konsentrasi partikel, lama paparan dan pertahanan tubuh.

Jenis debu terkait dengan daya larut dan sifat kimianya. Adanya perbedaan daya larut dan sifat kimiawi ini, maka kemampuan mengendapnya juga akan berbeda pula. Demikian juga tingkat kerusakan yang ditimbulkannya akan berbeda pula. Menurut Suma'mur⁽²²⁾ partikel debu dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu debu organik dan debu anorganik.

Tabel 2.1 Jenis Debu Yang Dapat Menimbulkan Penyakit Paru Pada Manusia

No	Jenis Debu	Contoh Jenis Debu
1	Organik	
	a. Alamiah	
	1). Fosil	Batu bara, karbon hitam, arang granit.
	2). Bakteri	TBC, antraks, enzim bacillus subtilis
	3). Jamur	Koksidiomikosis, histoplasmosis, kriptokokus thermophilic actinomycosis
	4). Virus	Psikatosi, cacar air, Q fever
	5). Sayuran	Kompos jamur, ampas tebu, tepung padi, gabus, atap alang-alang, katun rami, serat nanas
	6). Binatang	Kotoran burung, ayam
2	b. Sintetis	
	1). Plastik	<i>Politetraflouretilen, toluene diisosianat</i>
	2). Reagen	<i>Minyak isopropyl, pelarut organik</i>
	Anorganik	
	a. Silika bebas	
	1). Crystalline	<i>Quarz, trymite cristabalite</i>
	2). Amorphous	<i>Diatomaceous earth, silika gel</i>
	b. Silika	
	1). Fibrosis	<i>Asbestosis, sillinamite, talk</i>
	2). Lain-lain	<i>Mika, koalın, debu semen</i>
	c. Metal	
	1). Inert	Besi, barium, titanium, tin, aluminium, seng
	2). Lain-lain	Berilium
	3). Bersifat keganasan	Arsen, kobalt, nikel, hematite, uranium, asbes, khrom

(Sumber : Suma'mur.P.K 1998)

Partikel dalam udara yang terinhalasi tidak seluruhnya akan mencapai paru. Partikel yang berukuran besar akan tersaring di hidung, sedangkan partikel yang kecil akan melewati hidung. Partikel dengan diameter 0,5-6 μ yang disebut partikel terhisap akan mencapai

alveoli. Partikel berdiameter $>2,5\mu$ dapat mengendap di alveoli dan menyebabkan terjadinya pneumokoniosis.

Konsentrasi partikel debu yang tinggi dalam udara, lamanya paparan berlangsung akan mempengaruhi partikel yang mengendap di paru semakin banyak. Setiap inhalasi 500 partikel per millimeter kubik udara, setiap alveoli paling sedikit menerima 1 partikel dan apabila konsentrasi mencapai 1000 partikel per millimeter kubik, maka 10% dari jumlah tersebut akan tertimbun di paru. Konsentrasi yang melebihi 5000 partikel per millimeter kubik sering dihubungkan dengan terjadinya pneumokoniosis.

Beberapa orang yang mengalami paparan debu yang sama baik jenis maupun ukuran partikel, konsentrasi maupun lamanya paparan berlangsung, tidak selalu menunjukkan akibat yang sama. Sebahagian akan mengalami gangguan paru berat dan sebahagian mengalami gangguan paru ringan. Hal ini berhubungan dengan perbedaan sistem pertahanan tubuh. Pertahanan tubuh terhadap paparan partikel debu terinhalasi dilakukan dengan 3 cara yaitu :

- 1) Secara mekanik yaitu : pertahanan yang dilakukan dengan menyaring partikel yang ikut terinhalasi bersama udara dan masuk saluran nafas bagian bawah yaitu, bronkus dan bronkioli. Di hidung penyaring dilakukan oleh bulu-bulu hidung, sedangkan di bronkus dilakukan reseptor yang terdapat pada otot polos yang terdapat pada otot polos yang dapat berkonstraksi apabila ada iritasi. Apabila rangsangan yang terjadi berlebihan tubuh akan memberikan reaksi berupa bersin atau batuk yang dapat mengeluarkan benda asing, termasuk partikel debu dari saluran napas bagian atas maupun bronkus.
- 2) Secara kimiawi, yaitu cairan dan selia dalam saluran napas secara fisik dapat memindahkan partikel yang melekat di saluran napas, dengan gerakan selia yang "*mucocilliary escalator*" ke laring. Cairan tersebut bersifat detoksikasi dan bakterisid. Pada paru

bagian perifer terjadi ekskresi cairan secara terus-menerus dan perlahan-lahan dari bronkus ke alveoli melalui sistem limfatik. Selanjutnya, makrofag alveolar memfagosit partikel yang ada di permukaan alveoli.

- 3) Sistem imunitas, melalui proses biokimiawi yaitu humoral dan seluler.

Ketiga sistem tersebut saling berkait dan berkoordinasi dengan baik sehingga partikel yang terinhalasi disaring berdasarkan pengendapan kemudian terjadi mekanisme reaksi atau perpindahan partikel.

7. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Gejala Saluran Pernapasan Dan Gangguan Ventilasi Paru

Banyak faktor yang mempengaruhi gejala saluran pernapasan dan gangguan ventilasi paru. Khususnya aspek tenaga kerja, yaitu usia tenaga kerja, kebiasaan merokok, status gizi, masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri saat bekerja.

Faal paru tenaga kerja dipengaruhi oleh umur. Meningkatnya umur seseorang maka kerentanan terhadap penyakit akan bertambah, khususnya gangguan saluran pernapasan pada tenaga kerja ⁽³⁾. Faktor umur mempengaruhi kekenyalan paru sebagaimana jaringan lain dalam tubuh. Walaupun tidak dapat dideteksi hubungan umur dengan pemenuhan volume paru tetapi rata-rata telah memberikan suatu perubahan yang besar terhadap volume paru. Hal ini sesuai dengan konsep paru yang elastisitas.

Tinggi badan seseorang mempengaruhi kapasitas paru. Semakin tinggi badan seseorang berarti parunya semakin luas sehingga kapasitas parunya semakin baik.

Kerja fisik apabila kerja yang berat dan monoton yang dilakukan di tempat-tempat berdebu dalam waktu yang lama tanpa disertai dengan rotasi kerja, istirahat dan rekreasi yang cukup, akan berakibat terjadinya terjadinya kapasitas paru dari tenaga kerja. Semakin lama seseorang bekerja di suatu daerah berdebu maka kapasitas paru seseorang akan semakin menurun.

Sebagian besar nilai fungsi paru atau kapasitas paru pada wanita adalah lebih rendah dibandingkan kaum pria. Hal ini dimungkinkan pula karena perbedaan anatomi atau fisiologis pada komponen-komponen sistem pernapasan.

Tembakau sebagai bahan baku rokok mengandung bahan toksik dan dapat mempengaruhi kondisi kesehatan karena lebih dari 2000 zat kimia, 1200 diantaranya sebagai bahan beracun bagi kesehatan manusia. Dengan demikian tenaga kerja yang mempunyai kebiasaan merokok dapat mempunyai risiko atau pemicu timbulnya keluhan subjektif saluran pernapasan dan gangguan ventilasi paru pada tenaga kerja. Menurut Giarno⁽²⁶⁾, Lubis⁽²⁷⁾ menyatakan tenaga kerja yang perokok merupakan salah satu faktor risiko penyebab penyakit saluran pernapasan. Menurut Rahajoe dkk (1994)⁽¹⁸⁾ kebiasaan merokok dapat menimbulkan gangguan ventilasi paru karena dapat menyebabkan iritasi dan sekresi mukus yang berlebihan pada bronkus. Keadaan seperti ini dapat mengurangi efektifitas mukosiler dan membawa partikel-partikel debu sehingga merupakan media yang baik tumbuhnya bakteri.

Asap rokok dapat meningkatkan risiko timbulnya penyakit bronkitis dan kanker paru⁽³⁾. Menurut Mangesiha dan Bakele, terdapat hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dan gangguan saluran pernapasan⁽²⁸⁾. Dari penelitian yang dilakukan oleh dr.E.C.Hammond dari American Center Society ditarik kesimpulan bahwa mereka yang mulai merokok pada umur kurang dari 15 tahun mempunyai risiko menderita kanker paru 4-18 kali lebih tinggi dari pada yang tidak pernah merokok. Sedangkan kebiasaan merokok dimulai diatas umur 25 tahun, risikonya 2-5 kali lebih tinggi daripada yang tidak pernah merokok. Tenaga kerja yang perokok dan berada dilingkungan yang berdebu cenderung mengalami gangguan saluran pernapasan dibanding dengan tenaga kerja yang berada pada lingkungan yang sama tetapi tidak merokok⁽²⁹⁾.

Status gizi merupakan keadaan tubuh sebagai akibat konsumsi makanan dan zat gizi. Salah satu akibat dari kekurangan gizi dapat

menurunkan sistem imunitas dan anti bodi sehingga orang mudah terserang infeksi seperti : pilek, batuk, diare, dan juga berkurangnya kemampuan tubuh untuk melakukan detoksifikasi terhadap benda asing seperti debu yang masuk dalam tubuh ⁽³⁰⁾. Status gizi tenaga kerja erat kaitannya dengan tingkat kesehatan tenaga kerja maupun produktifitas tenaga kerja. Status gizi yang baik akan mempengaruhi produktifitas tenaga kerja yang berarti peningkatan produktifitas perusahaan dan produktifitas nasional ⁽³¹⁾.

Latihan fisik sangat berpengaruh terhadap sistem kembang pernapasan. Dengan latihan fisik secara teratur dapat meningkatkan pemasukan oksigen ke dalam paru. Kebiasaan berolahraga memberi manfaat dalam meningkatkan kerja dan fungsi paru, jantung dan pembuluh darah yang ditandai dengan ; denyut nadi istirahat menurun, isi sekuncup bertambah, kapasitas vital paru bertambah, penumpukan asam laktat berkurang, meningkatkan pembuluh darah kolesterol, meningkatkan HDL kolesterol dan mengurangi aterosklerosis ⁽³²⁾. Secara umum semua cabang olahraga, permainan dan aktifitas fisik sedikit banyak membantu meningkatkan kebugaran fisik. Namun terdapat perbedaan dalam tingkat dan komponen-komponen kebugaran fisik yang ditingkatkan ⁽³³⁾.

Tabel 2.2 Aktifitas Fisik/Kegiatan Olahraga

No	Aktifitas	Kebugaran Aerobik *
1	Tarian aerobik	Sangat baik
2	Bulutangkis	Sangat baik
3	Basket	Sangat baik
4	Binaraga	Minimal
5	Bowling	Minimal
6	Bersepeda	Sangat baik
7	Golf (18 hole)	Minimal
8	Jogging/lari	Sangat baik
9	Beladiri	Baik
10	Bolanet	Sangat baik
11	Latihan berirama	Baik
12	Sepak takraw	Baik

No	Aktifitas	Kebugaran Aerobik*
13	Sepak bola	Sangat baik
14	Squash	Sangat baik
15	Berenang	Sangat baik
16	Tenes meja	Baik
17	Tenes	Baik
18	Bola volley	Baik
19	Berjalan	Baik

Catatan :

Kebugaran aerobik* : kebugaran dari paru, jantung dan peredaran darah.

Kebiasaan berolahraga tersebut dilakukan 3-5 kali seminggu

Sumber : Giam.C.K, Teh.K.C. Ilmu Kedokteran Olahraga, Binarupa Aksara, Jakarta, 1996

Dalam suatu kegiatan industri, paparan dan risiko yang ada di tempat kerja tidak selalu dapat dihindari. Upaya untuk pencegahan terhadap kemungkinan penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja harus senantiasa dilakukan. Ada beberapa alternatif pengendalian (secara teknik dan administrasi) yang bisa dilaksanakan namun mempunyai beberapa kendala. Pilihan yang sering dilakukan adalah melengkapi tenaga kerja dengan alat pelindung diri menjadi suatu keharusan hal ini menjadi suatu keharusan. Hal ini sesuai dengan undang-undang No.1 Th 1970 tentang Keselamatan Kerja khususnya pasal 9,12 dan 14 yang mengatur penyediaan dan penggunaan alat pelindung diri di tempat kerja, baik pengusaha maupun bagi tenaga kerja⁽³⁴⁾.

Secara sederhana yang dimaksud dengan alat pelindung diri adalah seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan kerja. APD tidak secara sempurna melindungi tubuh tetapi akan dapat mengurangi tingkat keparahan yang akan terjadi. Pengendalian ini sebaiknya tetap dipadukan dan sebagai pelengkap pengendalian administratif.

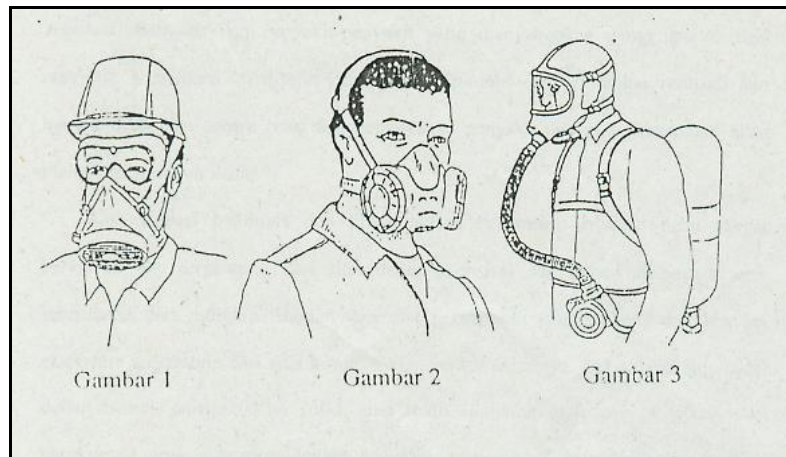
APD yang cocok bagi tenaga kerja yang berada pada lingkungan kerja yang mempunyai paparan debu dengan konsentrasi tinggi adalah ; alat pelindung pernapasan yang berfungsi untuk melindungi pernapasan

terhadap gas, uap, debu, atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang bersifat racun, korosi maupun rangsangan. Alat pelindung pernapasan terdiri dari :

- a). Masker, berfungsi untuk melindungi debu/partikel-partikel yang lebih besar yang masuk ke dalam pernapasan, dapat terbuat dari kain dengan ukuran pori-pori tertentu.
- b). Respirator, berfungsi untuk melindungi pernapasan dari debu, kabut, uap logam, asap dan gas. Respirator dibedakan atas :
 - 1). Respirator pemurni udara

Membersihkan udara dengan cara menyaring atau menyerap kontaminan dengan toksisitas rendah sebelum memasuki sistem pernapasan. Alat pembersihnya terdiri dari filter untuk menangkap debu dari udara (gambar 1) atau tabung kimia yang dapat menyerap gas, uap dan kabut (gambar 2).
 - 2). Respirator penyalur udara

Membersihkan aliran udara yang tidak terkontaminasi secara terus menerus. Udara dapat dipompakan dari sumber yang jauh (dihubungkan dengan selang tahan tekanan) atau dari persediaan yang portabel (seperti tabung yang berisi udara bersih atau oksigen). Jenis ini biasa dikenal dengan SCBA (*self contained breathing apparatus*) atau alat pernapasan mandiri. Alat ini digunakan di tempat kerja yang terdapat gas beracun atau kekurangan oksigen (gambar 3).



Gambar 2.11 : Alat pelindung pernapasan

Sumber : Budiono, A.M. S. Bunga Rampai HIPERKES & KK Ed 2. Tri Tunggal
Tata Fajar, Jakarta, 2003. Hal 332

Perubahan volume paru dapat pula dipengaruhi oleh penyakit paru. *Emphysema* merupakan penyakit utama yang mempengaruhi volume paru. *Emphysema* dapat merusak jaringan paru sehingga mempengaruhi kekenyalan jaringan paru.

E. Efek Debu Terhadap Kesehatan

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

Konsekuensi patologis dan klinis akibat exposure terhadap debu sangat bervariasi dan tergantung dari sifat debu, intensitas dan durasi exposure serta kerentanan dari individu. Bagian dari alat pernapasan yang terkena dan respons exposure tergantung dari sifat kimia, fisika dan toksisitasnya. Debu dapat diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid atau

suatu campuran dan asap. Partikel yang berukuran kurang atau sama dengan 5μ dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran 1μ memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit didalam alveoli. Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah 5μ , tetapi debu dengan ukuran $5-10\mu$ dengan kadar berbeda dapat masuk dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari 5μ akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per milimeter udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel per millimeter udara maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru⁽²⁵⁾.

Akibat debu yang masuk dalam jaringan alveoli sangat tergantung dari solubilitas dan reaktivitasnya. Semakin tinggi reaktifitas suatu substansi yang dapat mencapai alveoli dapat menyebabkan reaksi inflamasi yang akut dan odema paru. Pada reaksi yang sub akut dan kronis, ditandai dengan pembentukan granuloma dan fibrosis interstitial. Hampir semua debu yang mencapai alveoli akan diikat oleh magrofag, dikeluarkan bersama sputum atau ditelan dan dapat mencapai interstitial. Mekanisme clearance dari alveoli disini sangat efisien dan efektif dalam mengeliminasi debu.

Kelainan paru karena adanya deposit debu dalam jaringan paru disebut pneumokoniosis. Menurut defenisi dari Internasional Labour Organisation (ILO). *Pneumokoniosis* adalah akumulasi debu dalam jaringan paru dan reaksi jaringan paru terhadap adanya akumulasi debu tersebut. Bila pengerasan alveoli telah mencapai 10% akan terjadi penurunan elastisitas paru yang menyebabkan kapasitas vital paru akan menurun dan dapat mengakibatkan berkurangnya suplai oksigen ke dalam jaringan otak, jantung dan bagian-bagian tubuh lainnya.

Debu-debu yang non fibrogenik adalah debu yang tidak menimbulkan reaksi jaringan paru, contohnya adalah debu besi, kapur dan timah. Debu ini dahulu dianggap tidak merusak paru disebut debu *inert*, tetapi diketahui belakangan bahwa tidak debu yang benar-benar inert. Dalam dosis besar semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi ini berupa produksi lendir berlebihan, bila ini terus berlangsung dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Jaringan paru juga dapat

berubah dengan terbentuknya jaringan ikat retikulin. Penyakit paru ini disebut pneumokoniosis non kolagen. ^(25,35) .

Debu *fibrogenik* dapat menimbulkan reaksi jaringan paru sehingga terbentuk jaringan paru (fibrosis). Penyakit ini disebut dengan pneumokoniosis kolagen. Termasuk jenis ini adalah debu silika bebas, batu bara dan asbes ^(25,36) .

Debu yang masuk saluran nafas, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan non spesifik berupa batuk, bersin, gangguan transport mukosilier dan fagositosis oleh makrofag ⁽³⁶⁾ . Otot polos sekitar jalan nafas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini biasanya terjadi bila kadar debu melebihi nilai ambang batas.

Sistem muskuler juga mengalami gangguan dan menyebabkan produksi lendir bertambah. Bila lendir makin banyak atau mekanisme pengeluarannya tidak sempurna terjadi obstruksi saluran nafas sehingga resistensi jalan nafas meningkat.

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

Salah satu faktor yang paling sulit diukur disini adalah kerentanan dari individu. Seseorang akan terekspos debu di lingkungan kerja dengan konsentrasi yang sama dan durasi exposure yang sama dapat memberikan kelainan klinis yang berbeda. Hal ini disebabkan karena adanya variasi

clearance dari paru, faktor genetik, penyakit paru yang ada dan adanya efek dari merokok.

F. Komposisi Semen

Semen Portland terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃), oksida besi (Fe₂O₃). Kandungan kombinasi dari keempat oksida ± 90% dari berat semen dan biasanya disebut oksida mayor sedangkan sisanya ± 10% terdiri dari oksida minor seperti MgO, SO₃, P₂O₅, Na₂O, K₂O, free lime dan gypsum.

1. Sifat Kimia Semen

Komposisi kimia semen portland mempunyai limitasi seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Komposisi Limit Semen Portland

Oksida	Komposisi % berat
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
CaCO ₄	0,5-6
CaO bebas	4-5
MgO	0,1-1
Na ₂ O + K ₂ O	0,1-5,5
TiO ₂	0,5-1,3
P ₂ O ₃	0,1-0,3
SO ₃	1-3

(Sumber : Survini Pata, 2004)

Keempat oksida pada semen (CaO, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃) akan membentuk senyawa-senyawa yaitu seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Susunan Senyawa-senyawa Semen Portland

No	Rumus Kimia	Sombol	Nama
1	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S (Tri-kalsium Silikat)	Alite
2	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S (Di-kalsium Silikat)	Belite
3	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A (Tri-kalsium Aluminat)	Aluminatet
4	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF (Tetra-kalsium Alumina Ferrite)	Ferrite Alumina

(Sumber : Survini Pata, 2004)

a. Tri-kalsium Silikat (C_3S)

Tri-kalsium silikat merupakan komponen utama dalam semen yang terbentuk pada suhu $200\text{-}1400^\circ\text{C}$ dan berfungsi memberi kekuatan awal semen (sebelum 28 hari) dan dapat mempengaruhi kekuatan akhir. C_3S mempunyai sifat yang hampir sama dengan sifat semen pada umumnya yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras, menyebabkan panas hidrasi sebesar 500 joule/gr. Kandungan C_3S pada semen portland bervariasi antara 35-55% dan rata-rata 45%

b. Di-kalsium Silikat (C_2S)

Di-kalsium silikat merupakan komponen utama dalam semen yang terbentuk pada suhu $800\text{-}900^\circ\text{C}$, dan berfungsi memberi kekuatan penyokong selama 1 hari. C_2S mempunyai sifat yaitu apabila ditambah air akan segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan hidrasi 250 joule/gram. Pasta yang mengeras perkembangan kekuatannya stabil dan lembut dalam beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir-hampir sama dengan C_3S . Kandungan C_2S pada semen portland bervariasi antara 15-35% dan rata-rata 25%

c. Tri-kalsium Aluminat (C_3A)

Tri-kalsium aluminat terbentuk pada suhu $1100\text{-}1200^\circ\text{C}$, dan berfungsi membentuk kekuatan penyokong dalam waktu 1-3

hari. C₃A jika bereaksi dengan air akan menimbulkan panas dehidrasi yang tinggi yaitu 850 joule/gram. Kandungan C₃S pada semen portland bervariasi antara 7-15 %

d. Tetrakalsium Alumino Ferrite (C₄AF)

Tetrakalsium Alumino Ferrite terbentuk pada suhu 1100-1200⁰C. Pada proses pembakaran C₂AF dengan air akan bereaksi dengan cepat dan pasta akan terbentuk beberapa menit, sehingga akan menimbulkan panas dehidrasi 420 joule/gram. C₄AF mempunyai pengaruh terhadap warna semen, semakin tinggi kadarnya maka warna semen makin gelap. Kandungan C₄AF pada semen portland bervariasi antara 5-10% dan rata-rata 8%.

Sifat sifat oksida minor mempengaruhi semen portland adalah :

a. Gypsum (CaSO₄.2H₂O)

Pemberian gypsum harus diperhatikan karena gypsum berlebihan dapat menyebabkan *cracking* (keretakan), penyusutan dan mengacaukan waktu pengerasan semen. Kandungan gypsum yang optimum akan menghasilkan kekuatan tekan maksimum dan penyusutan minimum. Tetapi jika gypsum yang ditambahkan sedikit maka tidak memberi pengaruh. Gypsum dan C₃A akan bereaksi membentuk *etringite* (3C₃A.CaSO₄.31H₂O). pembuatan etringite akan berpengaruh pada kenaikan volume karena *etringite* memiliki berat jenis yang lebih rendah yaitu 2,5 gr/cm³.

b. Kapur Bebas (Free Lime)

Kapur bebas adalah kapur yang tidak bereaksi dengan komponen asam yang selama proses klinkerisasi yang tertinggal dalam keadaan bebas. Kapur bebas terjadi karena ; kurang halusnnya tepung baku, pembakaran klinker kurang sempurna, kandungan alkali dalam tepung baku terlalu tinggi, dikomposisi mineral klinker selama proses pendinginan

Pada reaksi hidrasi, kapur bebas akan membentuk Ca(OH)₂ yang mempunyai volume lebih besar dari kapur bebas, sehingga

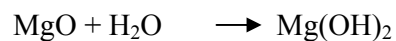
menyebabkan ekspansi semen (Unsoundness) dan menimbulkan keretakan. Untuk menghasilkan semen dengan kualitas yang baik, kandungan free lime harus di bawah 1%. Jika kandungan free lime terlalu tinggi, beton akan memiliki kekuatan yang rendah dan menjadi tidak kenyal.

c. MgO

Komponen-komponen MgO berasal dari material yang mengandung dolomite. Dalam proses karbonatasi, dolomite terurai menjadi :



MgO maksimum 5%, jika >5% akan terbentuk MgO bebas yang dikenal dengan periclase. Periclase sangat merugikan karena bereaksi dengan air membentuk :



Yang reaksinya berlangsung sangat lambat, sementara reaksi pengerasan komponen lainnya sudah selesai. Bila volume Mg(OH)₂ lebih besar dari MgO akibatnya akan terjadi pembelokan sebagian ikatan pasta semen, sehingga terjadi keretakan karena ekspansi volume Mg(OH)₂. Derajat ekspansi tergantung ukuran kristal, makin kecil bentuk kristalnya makin tinggi ekspansinya. Sedangkan ukuran kristal tergantung kecepatan pendingin terak. Oleh karan itu kandungan MgO didalam klinker harus dijaga dan dibatasi bahwa bahan baku tidak boleh mengandung MgO > 5% pada semen.

d. SO₃

SO₃ yang paling banyak terdapat dalam gypsum, sedangkan batu bara hanya mengandung sedikit SO₃. kandungan SO₃ yang optimum akan menyebabkan meningkatnya kekuatan tekan awal, mengurangi penyusutan dan meningkatkan *suondness* (kekenyalan). Kandungan SO₃ dalam semen berkisar antara 1-3%.

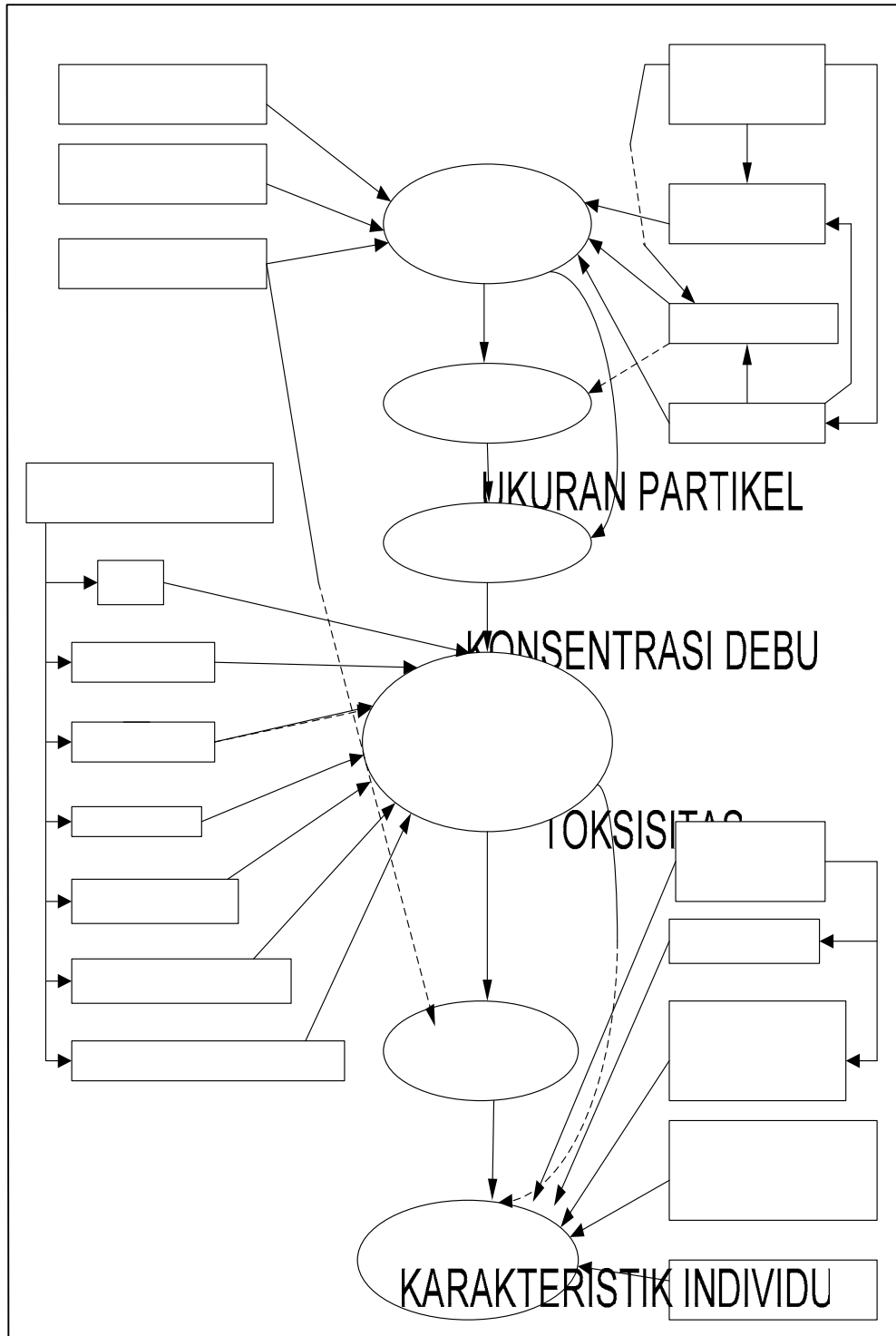
e. Oksida Alkali (Na₂O.K₂O)

Besarnya kandungan oksida didalam semen harus diperhatikan jika dalam pembuatan beton menggunakan agregate yang reaktif terhadap alkali. Sebagian agregate mengandung silika reaktif dimana dapat berkombinasi dengan alkali oksida membentuk senyawa dan keluar dari semen. Hasil reaksi membentuk alkali silika gel yang dapat menyebabkan ekspansi dan menimbulkan keretakan. Untuk menghindari hal ini, maka dipakai semen alkali yaitu semen dengan kadar total tidak lebih dari 0,6%. Makin tinggi kandungan alkali akan berakibat :

- 1). Memperbaiki *burnality* pada suhu rendah
 - 2). Meningkatkan *liquid content* pembentuk *coating*.
- f. Oksida Fosfor (P_2O_5)

Pada umumnya oksida fosfor pada semen tidak lebih dari 0,2%, karena dapat memperlambat pengerasan semen, hal ini disebabkan karena turunnya kadar C_3S menjadi C_2S dimana terbentuk P_2O_5 dan CaO . Kadar oksida fosfor yang tinggi dapat menyebabkan ekspansi karena terbentuknya kapur bebas pada $P_2O_5 > 2,5\%$.

G. Kerangka Teori



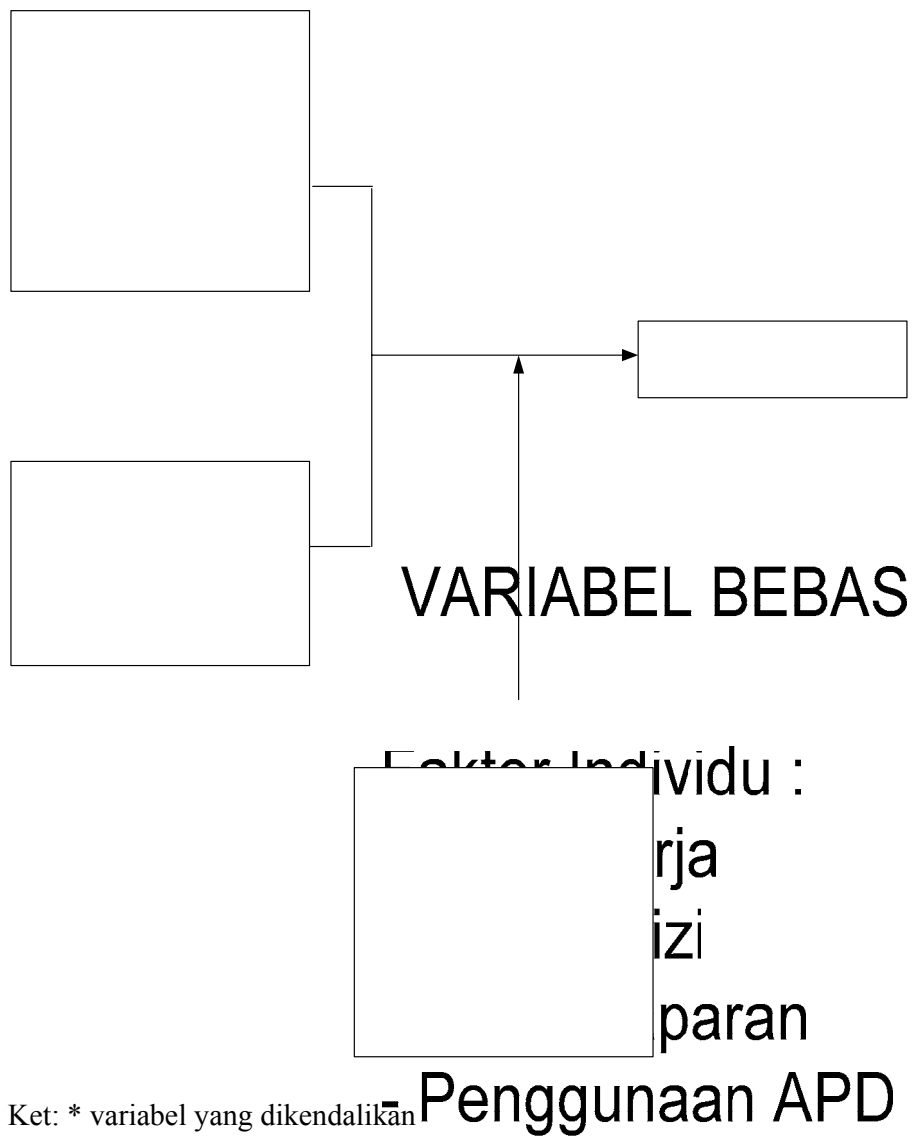
Gambar .2.12 : Skema Kerangka Teori

UMUR

JENIS KELAMIN

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep



Gambar .3.1 : Skema Kerangka Konsep

B. Hipotesis

1. Ada hubungan antara faktor umur dengan gangguan fungsi paru.
2. Ada hubungan antara faktor status gizi dengan gangguan fungsi paru.
3. Ada hubungan antara faktor masa kerja dengan gangguan fungsi paru.
4. Ada hubungan antara faktor lama paparan dengan gangguan fungsi paru.
5. Ada hubungan antara faktor penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru.
6. Ada hubungan antara faktor kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru.
7. Ada hubungan antara faktor kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru.
8. Ada hubungan faktor kadar debu total di area kerja dengan gangguan fungsi paru.
9. Ada hubungan antara faktor suhu lingkungan di area kerja dengan gangguan fungsi paru.
10. Ada hubungan antara faktor kelembaban lingkungan dengan gangguan fungsi paru.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Variabel terikat (dependent variable) yaitu variabel yang berubah akibat perubahan variabel bebas.
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah : gangguan fungsi paru.
2. Variabel bebas (independent variable) yaitu variabel yang bila ia berubah akan mengakibatkan perubahan variabel lain.
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah : masa kerja, status gizi, kadar debu total, lama paparan, penggunaan APD, suhu, kelembaban.
3. Variabel pengganggu (counfounding variable) yaitu jenis variabel yang berhubungan dengan variabel bebas dan variabel terikat, tetapi bukan merupakan variabel antara.

Variabel pengganggu dalam penelitian ini adalah : umur, jenis kelamin, riwayat penyakit, aktifitas fisik, kebiasaan merokok (variabel yang dikendalikan),

D. Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan pendekatan *Cross sectional*, yaitu studi epidemiologi yang mempelajari prevalensi, dan hubungan penyakit dengan paparan (faktor penelitian) dengan cara mengamati status paparan, penyakit, atau karakteristik terkait kesehatan lainnya secara serentak pada individu-individu dari suatu populasi pada suatu saat⁽³⁷⁾.

Penelitian ini dilakukan di PT Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan. Pelaksanaan penelitian direncanakan pada bulan April 2006, yang dibantu oleh Tim dari Hiperkes.

E. Populasi dan Sampel Penelitian

Sebagai populasi adalah seluruh karyawan PT Semen Tonasa yang berjumlah 1920 orang. Sebagai sampel penelitian diambil dari sebagian populasi, cara penarikan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *simple random sampling* dengan cara penomoran dan menggunakan bantuan kalkulator dengan menggunakan tombol RAN. Penentuan besar sample dengan menggunakan rumus sebagai berikut :⁽³⁸⁾

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2 \cdot (N-1) + (Z_{1-\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q}$$

Keterangan :

n = besar sampel (sample size)

N = besar populasi

Z α = nilai pada kurva normal untuk α (alhpa) tertentu

$$\alpha = 0,05 \rightarrow Z = 1,96$$

p = estimator proporsi populasi (angka kejadian penyakit saluran pernapasan pekerja PT. Semen Tonasa tahun 2004 (0,472))

$$q = 1-p$$

$$d = \text{degree of precision}$$

Sehingga jumlah sampel yang diperoleh adalah :

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2 (N-1) + (Z_{1-\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,472 (1 - 0,472) 1920}{0,1^2 (1920-1) + (1,96)^2 \cdot 0,472 (1 - 0,472)}$$

$$n = \frac{3,84 \cdot 0,472 (0,528) 1920}{19,19 + 3,84 \cdot 0,472 (0,528)}$$

$$n = \frac{3,84 \cdot 0,25 \cdot 1920}{19,19 + 3,84 \cdot 0,25}$$

$$n = \frac{3,84 \cdot 480}{19,19 + 0,96}$$

$$n = \frac{1837,44}{20,15}$$

$$n = 91,4$$

Sebagai responden adalah sampel terpilih dengan menggunakan rumus tersebut diatas. Dari hasil perhitungan didapatkan sampel pekerja sejumlah 91 responden.

Pemilihan sampel dilakukan dengan cara :

1. Membuat kerangka pencuplikan (*sampling frame*)
2. Menentukan besar sampel (sesuai dengan rumus)
3. Menentukan besar sampel secara proporsional menurut bagian
4. Pengambilan sampel secara acak sistematis

Kriteria inklusi yang diajukan adalah :

1. Bersedia mengikuti penelitian.
2. Melakukan Medical Check Up.
3. Jenis kelamin laki-laki.
4. Umur antara 20 – 50 tahun.
5. melakukan kegiatan fisik/olahraga

Kriteria eksklusi :

Pernah menderita penyakit pernapasan seperti : bronkitis, radang paru, TBC paru dan asma

F. Defenisi Operasional Variabel Penelitian Dan Skala Pengukuran

1. Kadar debu total semen adalah berat debu semen dalam mg/m^3 di area kerja PT. Semen Tonasa dan diukur dengan menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVS), nilai kadar debu dalam satuan mg/m^3 . Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar nilai Ambang Batas Debu ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$)

Skala pengukuran :

- a. Diatas NAB, jika hasil pengukuran $> 10 \text{ mg}/\text{m}^3$.
- b. Dibawah NAB, jika hasil pengukuran $\leq 10 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Skala : rasio

2. Gangguan fungsi paru : kondisi fungsi paru karyawan PT. Semen Tonasa yang dinilai dengan menggunakan parameter prosentase *Forced Vital Capacity (FVC)*, dan *Forced Expiratory Volume in One Second (FEV₁)* per *FCV*. Gangguan yang terjadi pada fungsi paru yang dikategorikan sebagai ada gangguan/sakit (tidak membedakan antara restriktif,obstuktif atau combined) dan tidak ada gangguan/ tidak sakit, informasi ini diperoleh dengan melakukan pengukuran fungsi paru menggunakan peralatan spirometar, yang hasilnya disimpulkan menjadi ;
 - a. Ada gangguan (R, O, C) jika nilai prediksi (perbandingan antara % FEV1 dan %FVC) $< 75 \%$

- b. Tidak ada gangguan (normal =N) jika nilai prediksi (perbandingan anantara %FEV1 dan FVC) $\geq 75\%$

Skala :nominal

3. Lama paparan : waktu yang dihabiskan seseorang berada dalam lingkungan kerja (di PT. Semen Tonasa) dalam sehari, angka diperoleh dari hasil pengisian kuesioner.

Satuan : jam /hari.

Skala : rasio

4. Masa kerja : lamanya seseorang bekerja di PT Semen Tonasa yang dihitung pada saat ia mulai bekerja sampai dengan sekarang, diperoleh dari hasil pengisian kuesioner.

Satuan : tahun

Skala : rasio

5. Status gizi :gambaran kesehatan seseorang pada waktu tertentu yang dinilai dengan menentukan Indeks Massa Tubuh (IMT), yaitu:

$$\text{IMT} = \frac{\text{BB (kg)}}{\text{TB}^2 \text{ (m)}}$$

Kriteria status gizi menurut Supriasa (2002) ⁽³⁹⁾ :

- a. kurus jika IMT

<17 = kekurangan berat badan tingkat berat

17– 18,4 = kekurangan berat badan tingkat ringan

- b. normal jika IMT

18,5 – 24,9

- c. gemuk jika IMT :

25 – 27 = kelebihan berat badan tingkat ringan

>27 = kelebihan berat badan tingkat berat (obesitas)

Skala pengukuran:

- a) Status gizi kurang baik (skor IMT < 18,5 dan ≥ 25)

- b) Status gizi baik (skor IMT 18,5 – 24,9)

Skala : nominal

6. Penggunaan alat pelindung diri (APD) : peralatan dan perlengkapan pelindung diri yang digunakan karyawan saat bekerja.

Skala pengukuran :

1. Tidak lengkap
2. Lengkap

Skala : nominal

7. Kebiasaan merokok : kebiasaan karyawan menghisap rokok, yang diperoleh dari hasil medical chek up / kuesioner.

Criteria kebiasaan merokok berdasarkan American Thoracic Society (ATS) :

- a) perokok : orang yang telah merokok lebih dari 20 bungkus per tahun atau satu batang rokok per hari selama satu tahun dan masih merokok sampai satu tahun terakhir.
- b) Bekas perokok : perokok yang berhenti merokok sekurang-kurangnya pada 1 bulan terakhir.
- c) Bukan perokok : orang yang tidak pernah merokok.

Skala : nominal

8. Aktifitas fisik : kebiasaan karyawan melakukan kegiatan olahraga.

1. Tidak sering
2. Sering

Skala : nominal

9. Umur : lamanya orang hidup yang dihitung sejak orang tersebut terlahir sampai pada waktu dilakukan penelitian ini, data diperoleh dari hasil pengisian kuesioner.

Satuan : tahun

Skala : rasio

10. Suhu : keadaan temperatur di lokasi pemeriksaan kadar debu total semen yang diukur dengan menggunakan thermometer

Satuan : $^{\circ}\text{C}$

Skala : interval

11. Kelembaban : kadar uap air di udara di lokasi pemeriksaan kadar debu total semen diukur dengan menggunakan higrometer

Satuan : %

Skala : interval

G. Sumber Data Penelitian

Sumber data dalam penelitian terdiri dari :

1. Data Primer

Pada penelitian ini data primer terdiri dari pengukuran debu total dengan menggunakan alat ukur Gravimetric-Hi Vol, menentukan karakteristik individu dan faktor paparan dengan penggunaan kuesioner dan pengukuran kapasitas fungsi paru dengan menggunakan alat spirometri test.

2. Data Sekunder

Pada penelitian ini, data sekunder terdiri dari penentuan karakteristik individu dan faktor paparan dengan menggunakan hasil medical chek up karyawan dan catatan medis dari Rumah Sakit PT. Semen Tonasa serta pengukuran fungsi paru dengan menggunakan catatan medis.

H. Instrumen Penelitian dan Cara Pengumpulan Data

1. Instrumen Penelitian

a. Pemeriksaan kadar debu total semen di lingkungan industri dengan menggunakan alat *High Volume Air Sampler* (HVS) merk Graseby-1000, dengan prosedur sebagai berikut :

1) Persiapan filter :

- a) Panaskan filter di dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Filter diberi nomor/kode.
- b) Masukkan ke dalam desikator dengan pinset selama 24 jam (untuk mendapatkan kondisi stabil pada suhu kamar).
- c) Timbang filter dengan timbangan analitis sampai diperoleh bobot tetap.
- d) Simpan filter dalam kaset penyimpanan.

2) Cara pengampilan sampel :

- a) Pasang peralatan sampling dan letakkan HVS pada penyangga.
- b) Masukkan filter ke dalam filter holder dengan bagian kasar diletakkan sebelah atas, pasang pada HVS dengan rapat.
- c) Hubungkan alat dengan sumber tenaga (listrik/genset)
- d) Hidupkan alat dengan menekan tombol power (on/off).
- e) Atur laju alir udara (flow rate) dengan cara memutar pengatur flow pada kecepatan tinggi ± 500 l/meter (0,5 m³/menit)
- f) Catat data awal pengambilan sampel yang meliputi : lokasi, waktu, kecepatan hisap, temperature/suhu, tekanan udara.
- g) Memasang pada area pemeriksaan selama 4 jam. Setelah pengukuran selesai tekan tombol power (on/off)
- h) Catat data akhir pengambilan sampel yang meliputi : waktu, kecepatan hisap, temperature/suhu, tekanan udara.
- i) Ambil filter memakai pinset, lipat filter dengan bagian yang kasar (yang ada debunya) disebelah dalam, masukkan ke dalam filter cassette, atau filter langsung di timbang (berat akhir).

Hasil penimbangan filter dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar debu total} = \frac{(W2 - W1) - (Wb - Wa)}{V} \times 10^6$$

Keterangan :

W1 : berat filter uji awal (gram)

W2 : berat filter uji akhir (gram)

Wa : berat filter awal blangko (gram)

Wb : berat filter akhir blangko (gram)

$$V(\text{volume udara}) = F \times t \text{ (m}^3\text{)}$$

$$F \text{ (flow rate)} = \text{rata-rata flow rate} \times \frac{\text{Pa}}{760 \text{ mm Hg}} \times \frac{298^0 \text{ K}}{\text{Ta}} \text{ (m}^3\text{/menit)}$$

t : waktu sampling (menit)

Pa : tekanan udara (mm hg)

Ta : temperatur udara (temperatur rata-rata + 273⁰ K)

b. Kuesioner penelitian

Bagi para pekerja sebagai sampel, disusun daftar pertanyaan untuk memperoleh data pendukung oleh peneliti.

c. Pemeriksaan fungsi paru

Pemeriksaan fungsi paru dengan menggunakan Spirometer merk Spiro analyzer ST-250 dan Mouthpiece, dengan prosedur sebagai berikut :

- 1) Siapkan spirometer lengkap dengan kertas grafik dan mouthpiece.
 - a) Hidupkan alat, biarkan ± 10 menit.
 - b) Tekan tombol ID
 - c) Masukkan data pasien :ID, umur, tinggi badan, berat badan, jenis kelamin
- 2) Responden dalam posisi berdiri dan pakaian longgar.
- 3) Pengukuran Vital Capacity
 - a) Pasang mouthpiece ke mulut, dengan posisi bibir rapat pada mouthpiece.
 - b) Lakukan pernapasan biasa melalui alat (pernapasan melalui mulut)
 - c) Tekan tombol VC, tekan start
 - d) Responden bernapas biasa, setelah $\pm 3-4$ detik akan terdengar bunyi TIT, responden tarik napas sedalam-dalamnya kemudian membuang nafas sampai habis secara perlahan. Kemudian bernapas biasa kembali.
 - e) Tekan tombol stop untuk mengakhiri pemeriksaan. Lakukan pemeriksaan sampai 3 kali.
 - f) Tekan tombol display, catat data : VC,
- 4) Pengukuran Force Vital Capacity dan Forced Expiratory Volume In 1 Second)
 - a) Pasang mouthpiece ke mulut, dengan posisi bibir rapat pada mouthpiece
 - b) Lakukan pernapasan biasa melalui alat (pernapasan melalui mulut)

- c) Tekan 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. Lakukan pemeriksaan sampai 3 kali
- f) Tekan tombol display, catat data : FVC, FEV₁.

2. Cara pengumpulan data

Secara garis besar variabel yang akan diambil dan cara pengambilannya sebagai berikut :

Tabel 3.1 Cara Pengambilan Data

NO	VARIABEL	METODE/CARA PENGAMBILAN DATA	KETERANGAN
1	Kadar debu total	- Gravimetric Hi Vol	- Data primer
2	karakteristik individu dan faktor paparan (umur, masa kerja, status gizi, lama paparan, penggunaan APD, kebiasaan merokok)	- Kuesioner - Hasil medical chek up - Catatan medis	- Data primer - Data sekunder
3	Fungsi Paru : Gangguan fungsi paru + / -	- Spirometri test - Hasil medical chek up	- Data primer - Data sekunder

I. Pengolahan Data dan Analisis Data

1. Pengolahan data

- a. Kadar debu total dilingkungan industri semen adalah jumlah atau konsentrasi debu di ruang kerja dalam mg/m^3 , kemudian dikategorikan menjadi $< \text{NAB}$ dan $> \text{NAB} = 10\text{mg}/\text{m}^3$

Skala : nominal

Pengukuran dengan menggunakan gravimetric.

b. Fungsi Paru

Kondisi fungsi paru diperoleh dari membandingkan prosentase FEV1 dibandingkan dengan FVC dengan kemungkinan hasil ;

- 1) Ada gangguan (R, O, C) jika nilai prediksi (perbandingan antara % FEV1 dan %FVC) $< 75 \%$
- 2) Tidak ada gangguan (normal =N) jika nilai prediksi (perbandingan anantara %FEV1 dan FVC) $\geq 75\%$

2. Analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji statistik dengan menggunakan metode :

a. Univariat

Hasil penelitian akan dideskripsikan dengan menggunakan tabel distribusi frekuensi dan analisa presentase.

b. Bivariat

Dilakukan untuk mengetahui kemaknaan hubungan, ada tidaknya faktor resiko antara variabel bebas dan variabel terikat secara satu persatu. Uji statistik yang digunakan untuk membantu analisis adalah uji Chi Square, dengan tabulasi silang 2x2.

Prosedur untuk menentukan ratio prevalensi

Membuat variable bebas dan variabel terikat menjadi variabel dikotomi

Variabel bebas : paparan debu total diatas NAB bila kadar debu total $>10 \text{ mg/ m}^3$ dan

paparan debu total dibawah NAB bila kadar debu total $<10 \text{ mg/m}^3$

Variabel terikat : Ada gangguan (R, O, C) jika nilai prediksi (perbandingan antara % FEV1 dan %FVC) $< 75 \%$

Tidak ada gangguan (normal =N) jika nilai prediksi (perbandingan anantara %FEV1 dan FVC) $\geq 75\%$ (menurut Atjo Wahyu, 2003)⁽¹²⁾.

Membuat tabel 2x2

		FUNGSI PARU		
		TIDAK		
FAKTOR RISIKO		NORMAL	NORMAL	JUMLAH
	+	A	B	A+B
	-	C	D	C+D

$$\text{Ratio Prevalensi (RP)} = A / A + B : C / C + D$$

Menurut Sastroasmoro.S, Ismael.S (2002)⁽⁴⁰⁾ interpretasi hasil faktor risiko dengan menggunakan table 2x2 adalah :

- Jika nilai ratio prevalen = 1, berarti faktor risiko pada lingkungan industri Semen Tonasa di Pangkep bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja.
- Jika nilai ratio prevalen > 1, berarti faktor risiko pada lingkungan industri Semen Tonasa di Pangkep merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja.
- Jika nilai ratio prevalen < 1, berarti paparan faktor resiko pada lingkungan industri Semen Tonasa di Pangkep merupakan faktor protektif untuk terjadinya gangguan fungsi Paru pada pekerja.

c. Multivariat

Analisis multivariat dilakukan dengan menggunakan regresi logistik, untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel /sub variabel yang dilakukan secara bersama-sama dengan rumus sebagai berikut (Santosa, 2000).⁽⁴¹⁾

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k)}}$$

Keterangan :

P : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep, 2006

e : Bilangan natural

a : Nilai konstan

b : Nilai koefisien regresi

x : Variabel bebas

berdasarkan hasil analisis multivariat dapat menentukan variabel mana yang mempunyai pengaruh dan seberapa besar pengaruhnya terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Perusahaan

PT. Semen Tonasa dalam perkembangannya mempunyai 4 buah unit pabrik masing-masing :

1. Pabrik Semen Tonasa unit I, terletak di desa Tonasa, kecamatan Balooici, kabupaten Pangkep. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas produksi 110.000 ton/tahun. Mulai beropersi sejak tanggal 2 November 1968, namun saat ini sudah tidak berproduksi lagi dengan alasan efisiensi.
2. Pabrik Semen Tonasa unit II dan III, terletak di desa Biring Ere, kecamatan Bongoro, Pangkep. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas produksi 510.000 ton/tahun dan 590.000 ton/tahun.
3. Pabrik Semen Tonasa unit IV, terletak di desa Biring Ere, kecamatan Bungoro, Pangkep. Kapasitas produksinya 2.300.000 ton/tahun. Letak pabrik ini berdampingan unit II dan III.

Proses pembuatan semen pada PT.Semen Tonasa Unit II, III dan IV adalah proses kering. Secara umum prosesnya dapat dibagi dalam 5 tahap, yaitu :

1. Proses penyediaan bahan baku, meliputi :
 - a. Penambangan batu kapur meliputi proses pengeboran (*drilling*), peledakan (*blasting*), pendorongan (*dozing*), pemuatan dan pengangkutan (*loading dan hauling*) dimana batu kapur yang merupakan hasil dari peledakan dikeruk dengan alat muat *loading sholves* dan kemudian dimasukkan ke dalam truk kemudian diangkut menuju crusher.
 - b. Peremukan (pemecahan) batu kapur, mekanisme peremukan batu kapur terjadi pada dua tempat, yaitu pertama diatas *hammer crusher* dimana batu kapur jatuh dari *apron feeder* langsung dipukul oleh *hammer* hingga hancur. Batu yang masih berukuran besar terpantul oleh dinding dan jatuh lagi kedalam *hammer*. Tempat kedua peremukan batu kapur terjadi diatas *hammer* dan *grate basket*. Batu kapur yang telah berukuran kecil dari

tahap pertama dipukul lagi dengan *hammer* dengan landasan *grate basket* sehingga menghasilkan batu kapur berukuran 35mm, kemudian diangkut ke gudang batu kapur dengan menggunakan *belt conveyor*.

c. Penyediaan tanah liat dan pasir silika.

2. Proses penggilingan bahan baku (raw mill)

a. Pengeringan bahan baku. Bahan baku sebelum digiling dikeringkan terlebih dahulu pada *rotary dryer*.

1) Pengeringan batu kapur, dilakukan dengan cara : batu kapur di keruk dengan portal *scrapper reclaimer* kemudian dimuat keatas *belt conveyor* ditransportasikan ke batu kapur ditakar dengan *weight feeder* kemudian dibawa ke *limestone dryer* untuk dikeringkan kemudian dimuat dengan *belt conveyor* ke *bucket elevator* lalu dimuat ke *limestone bin*. Gas panas bersama debu yang timbul masuk ke dalam *elektrostatik presipitator* (EP), sedangkan udara filter dibuang ke lingkungan lewat cerobong, debu batu kapur hasil tangkapan EP ditransportasikan ke *limestone* dengan *screw conveyor*. Selain EP, debu juga ditangkap dengan *dust collector*.

2) Pengeringan tanah liat, sistem kerja pengeringan tanah liat sama dengan pengeringan batu kapur dan juga di lengkapi dengan EP dan *dust collector*.

b. Penggilingan bahan baku dilakukan dengan cara : batu kapur, tanah liat, pasir silika diukur dengan *weight feeder* kemudian di angkut dengan *belt conveyor*. Bahan baku ini akan mengalami tumbukan dengan *grinding ball* (bola-bola baja). Bahan baku yang telah digiling ditransportasikan ke alat pemisah berupa *cone separator* dengan cara hisapan udara dari *mill fan*. Material yang halus ditangkap oleh siklon dan dipompakan ke *silos raw mill* dengan *air slide* dan *air lift*. Debu dari siklon akan ditangkap oleh EP, hasilnya dimasukkan ke dalam blending untuk digiling lagi sedangkan udara yang telah di filter dibuang ke lingkungan lewat serobong asap.

3. Proses pembakaran bahan baku (tanur putar/kiln)

Proses pembakaran bahan baku untuk menghasilkan klinker dilakukan dalam tanur putar (*rotary kiln*) dimana material mengalami perubahan fisika dan kimia. Material yang masuk kedalam *preheater* akan mengalami pemanasan, dimana aliran material berlawanan arah dengan gas pemanas. Kemudian material akan di transportasikan ke *rotary kiln* untuk proses pembakaran. Klinker kemudian ditransportasikan ke *planetary cooler*, klinker yang berukuran besar akan diarahkan ke *cruser* dan ditumbuk dengan *hammer* kemudian diangkut dengan *fan conveyor* ke *silo klinker*. Material yang ikut gas panas yang tidak sempat ditangkap pada *preheater* akan masuk ke *conditioning tower* yang akan ditangkap dengan semprotan air dari nosel. Jika *conditioning tower* tidak bekerja dengan baik maka gas panas akan dialirkan ke cerobong asap yang terlebih dahulu di saring oleh EP.

4. Proses penggilingan klinker (cement mill/finish mill). Pada proses ini klinker digiling bersama-sama dengan gypsum dengan perbandingan 96% klinker dan 4% gypsum. Klinker dari silo klinker diangkut dengan *belt conveyor* menuju klinker bin sedangkan gypsum diangkut dengan *fan conveyor*. Klinker dan gypsum kemudian di timbang dengan *weight feeder*, kemudian dengan *belt* klinker dan gypsum diumpankan ke cement mill untuk digiling. Tujuan penggilingan adalah untuk memperluas permukaan partikel yaitu campuran antara klinker dan gypsum. Dalam proses penggilingan untuk mengontrol temperatur mill dilakukan injeksi air dengan *spray water* yang dipasang pada *injet* dan *outlet mill*. Material yang sudah halus keluar dari mill pada *outlet mill* jatuh ke air slide kemudian masuk ke *bucket elevator* kemudian ditransportasikan ke bagian bawah separator diakibatkan hisapan *mill fan*. Pada separator terjadi pemisahan antara material kasar dan halus. Material kasar akan dikembalikan ke cement mill untuk digiling ulang. Material halus akan di transportasikan ke *cement cooling* sedangkan udara dihisap oleh mill fan untuk dibuang ke lingkungan. Material yang tidak tertangkap akan ditangkap oleh *mill fan* diseparator akan ditangkap oleh *dust collector*.

5. Proses pengantongan semen (packing)

Semen yang ada di silo diangkut dengan air slide ke *bucket elevator* kemudian disaring oleh *vibrating screen*. Semen yang lolos saringan dimasukkan ke dalam bin kemudian menuju ke packer dengan rotary turbo packer, semen dikantongkan secara otomatis. Semen yang telah dikantongkan di cek dengan *check weigher*, kantong semen yang telah memenuhi standar akan diangkut dengan *conveyor* menuju truck untuk dipasarkan.

PT. Semen Tonasa memiliki sarana rumah sakit yang didalamnya terdapat seksi Hiperkes yang mengadakan pemeriksaan awal dan pemeriksaan berkala.

Penelitian ini bersifat *cross sectional*, sampel diambil secara *simple random sampling* yang berjumlah 91 responden

Penelitian ini dilakukan pada pekerja di lingkungan kerja dengan cara :

- a. Wawancara dengan kuesioner, pengukuran berat dan tinggi badan, pemeriksaan kapasitas fungsi paru karyawan.
- b. Pemeriksaan lingkungan kerja meliputi pemeriksaan dan analisis kadar debu semen, suhu dan kelembaban di bagian packing, raw mill, tambang, crusher batu kapur, kiln dan sement mill.

B. Karakteristik Responden

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut:

- a. Umur termuda 23 tahun, umur tertua 50 tahun, dengan standar deviasi 7,654.
- b. Rata-rata berat badan responden 65,41 kg, standar deviasi 8,896, berat badan terendah 49 kg, berat badan terberat 90 kg.
- c. Rata-rata tinggi badan responden 165,47 cm, standar deviasi 4,992, tinggi badan terendah 155 cm, tinggi badan tertinggi 180 cm.
- d. Rata-rata status gizi responden 23,88, dengan nilai terendah 16,37, dan tertinggi 31,25 dengan standar deviasi 2,997. responden yang masuk kategori kurus 2 orang (2,2%), normal 62 orang (68,1%) dan gemuk 27 orang (29,7%).
- e. Masa kerja minimum 2 tahun 4 bulan dan maksimum 29 tahun, dengan standar deviasi 7,389

- f. Rata-rata lama paparan responden 8 jam, lama paparan minimum 5 jam dan maksimum 12 jam, dengan standar deviasi 1,380.

Untuk lebih jelas nilai rata-rata hitung karakteristik dan keragaman responden dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 : Nilai Rata-rata Hitung Karakteristik dan Keragaman Karakteristik Responden pada pekerja PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Variabel Penelitian	Rata-rata	SD	Min	Mak
1	Umur (Thn)	39,64	7,654	23	50
2	Status Gizi (TB/BB ²)	23,88	2,997	16,37	31,25
3	Masa Kerja (Thn)	17,74	7,389	2,4	29
4	Lama Paparan (Jam)	8,63	1,380	5	12

Selanjutnya karakteristik responden yang lain adalah :

- a. Rata-rata tingkat pendidikan responden SLTA/ sederajat 60 orang (65,9 %), tingkat pendidikan terendah SD/ sederajat 11 orang (12,1%) dan tertinggi Perguruan tinggi /sederajat 7 orang (7,7 %).
- b. Rata-rata responden mempunyai jabatan sebagai pelaksana 74 orang (81,6%), disusul sebagai Ka regu 15 orang (16,5%), Ka seksi 1 orang (1,1%), Ka biro 1 orang (1,1%)
- c. Semua responden menyatakan dalam melaksanakan tugas sehari-hari selalu berhubungan dengan kondisi lingkungan kerja yang mengganggu kenyamanan kerja.
- d. Rata-rata responden menyatakan kondisi lingkungan yang mengganggu adalah udara yang berdebu, bising 28 orang (30,8%), bising, udara panas 16 orang (17,6 %), dan bising, udara panas, getaran 14 orang (15, 4%).
- e. Responden yang selalu menggunakan APD saat bekerja 78 orang (85,7%) dan responden yang kadang-kadang menggunakan APD saat bekerja 13 orang (14,3%).
- f. Responden yang menggunakan APD secara lengkap 34 orang (37,4%), dan responden yang menggunakan APD tidak lengkap 57 orang (62,6%)

- g. Responden yang mempunyai kebiasaan merokok adalah 64 orang (70,3 %) sedang yang tidak mempunyai kebiasaan merokok sebanyak 27 orang (29,7 %).
- 1) Dari 64 responden (70,3%) yang mempunyai kebiasaan merokok, 45 responden yang masih merokok selama bulan maret 2006. Dilihat dari jumlah batang rokok yang dihisap dalam sehari proporsi yang terbanyak adalah 6-12 batang 24 orang (26,4%) kemudian <6 batang 12 orang (14,3%) dan 13-24 batang 8 orang (8,8%). Rata-rata usia responden mulai merokok 20 tahun, usia termuda responden mulai merokok 12 tahun, usia tertua responden mulai merokok 30 tahun. Rata-rata responden menghisap rokok putih/filter. Responden yang menghisap rokok sampai ke dalam dada ada 31 orang.
 - 2) Responden yang sudah berhenti merokok bulan maret 2006 adalah 19 orang. Dilihat dari jumlah batang rokok yang dihisap dalam sehari proporsi yang terbanyak adalah <6 batang 12 orang (13,2%), kemudian 6-12 batang 5 orang (5,5%), kemudian 13-24 batang 2 orang (2,2 %). Rata-rata usia responden telah berhenti merokok bulan maret 2006 adalah 25 tahun, usia termuda responden berhenti merokok 20 tahun, usia tertua berhenti merokok 45 tahun.
- h. Seluruh responden sering melakukan olahraga dan rata-rata responden melakukan jogging 27 orang (29,7%), rata-rata frekuensi olahraga yang dilakukan 2 kali seminggu 47 orang (51,6%).
- i. Berdasarkan pemeriksaan kapasitas paru responden terdapat 47 orang (51,6%) mempunyai fungsi paru tidak normal dan 44 orang (48,4%) mempunyai fungsi paru normal.

Tabel 4.2 : Distribusi Karakteristik Responden pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Variabel	Frekuensi	%
1	Umur		
	20 – 24	1	1,1
	25 – 29	9	9,9
	30 – 34	19	20,9
	35 – 39	14	15,4
	40 – 44	15	16,5
	45 – 50	33	36,3
2	Pendidikan		
	SD/ sederajat	11	12,1
	SMP/ sederajat	13	14,3
	SMA/ sederajat	60	65,9
	Perguruan Tinggi/ sederajat	7	7,7
3	Status Gizi		
	Kurang Baik	29	31,9
	Baik	62	68,1
4	Masa Kerja		
	≥ 15 tahun	52	57,1
	< 15 tahun	39	42,9
5	Lama Paparan		
	> 8 jam	24	26,4
	≤ 8 jam	67	73,6
6	Penggunaan APD		
	Tidak Pakai	0	0
	Pakai	91	100
7	Kebiasaan Merokok		
	Merokok		
	< 6 batang	25	27,4
	6 – 12 batang	29	31,9
	13 – 24 batang	10	11
	Tidak merokok	27	29,7
	Kebiasaan Berolahraga		
8	Tidak sering	51	56
	Sering	40	44
	Fungsi paru		
9	Gangguan	47	51,6
	Normal	44	48,4

C. Kadar Debu Semen, Suhu dan Kelembaban di Area Kerja

Jumlah paparan debu yang diperoleh menggambarkan banyaknya paparan debu yang diterima pekerja setiap harinya. Pengukuran kadar debu di PT. Semen Tonasa dilakukan pada area kerja *packing*, *raw mill*, *cruser batu kapur*, tambang, *kiln*, *sement mill*.

Tabel 4.3 : Hasil Pengukuran Kadar Debu dan Distribusi Responden Di Area Kerja PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Area Kerja	Kadar Debu (mg/m ³)	Jumlah Responden	%
1	<i>Packing</i>	18,47	20	22,0
2	<i>Raw Mill</i>	1,63	17	18,6
3	<i>Cruser Batu Kapur</i>	14,98	11	12,1
4	Tambang	20,23	13	14,3
5	<i>Kiln</i>	4,56	20	22,0
6	<i>Sement Mill</i>	5,98	10	11,00
Jumlah			91	100

Tabel 4.4 : Distribusi Area Kerja berdasarkan Kadar Debu Semen PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Area Kerja	Kadar Debu	
		>NAB	≤NAB
1	<i>Packing</i>	18,47	-
2	<i>Raw Mill</i>	-	1,63
3	<i>Cruser Batu Kapur</i>	14,98	-
4	Tambang	20,23	-
5	<i>Kiln</i>	-	4,56
6	<i>Sement Mill</i>	-	5,98

Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa :

a. 48,4% (44 orang) responden bekerja di area kerja yang mempunyai kadar debu > NAB yaitu pada area :

- 1) *packing* terdapat 20 orang (22 %) dengan kadar debu 18,47 mg/m³
- 2) *crusher batu kapur* terdapat 11 orang (12,1%) dengan kadar debu 14,98 mg/m³
- 3) tambang terdapat 13 orang (14,3%) dengan kadar debu 20,23 mg/m³

b. 51, 6% (47 orang) responden bekerja di area kerja yang mempunyai kadar debu \leq NAB yaitu pada area :

- 1) *raw mill* terdapat 17 orang (18,6%) dengan kadar debu $1,63 \text{ mg/m}^3$
- 2) *kiln* terdapat 20 orang (22%) dengan kadar debu $4,56 \text{ mg/m}^3$
- 3) *sement mill* 10 orang (11%) dengan kadar debu $5,98 \text{ mg/m}^3$

Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa area kerja packing, crusher, tambang mempunyai kadar debu $>$ NAB dan berpotensi menimbulkan gangguan fungsi paru

Ditinjau dari aspek suhu dan kelembaban pada PT. Semen Tonasa memiliki suhu dan kelembaban dalam kategori sama yaitu $<$ NAB, data selengkapnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 : Distribusi Data Suhu dan Kelembaban Pada PT.Semen Tonasa Pangkep 2006

No	Area Kerja	Suhu (ISBB)		RH (Kelembaban)	
		Nilai $^{\circ}\text{C}$	Kategori	Nilai %	Kategori
1	<i>Packing</i>	29.73	$<$ NAB	70	$<$ NAB
2	<i>Raw Mill</i>	29.87	$<$ NAB	68	$<$ NAB
3	<i>Cruser Batu Kapur</i>	28.77	$<$ NAB	69	$<$ NAB
4	Tambang	29.03	$<$ NAB	70	$<$ NAB
5	<i>Kiln</i>	29,01	$<$ NAB	60	$<$ NAB
6	<i>Sement Mill</i>	28.34	$<$ NAB	61	$<$ NAB

Menurut Santosa ⁽⁴¹⁾ apabila variabel relatif homogen maka variabel tersebut dapat diabaikan. Oleh karena itu dalam analisis hasil penelitian kedua faktor tersebut dapat diabaikan.

D. Kapasitas Fungsi Paru Responden.

Fungsi paru dikategorikan mengalami gangguan jika nilai kapasitas paru $\text{FEV}_1/\text{FVC} < 75\%$. Hasil pengukuran terhadap 91 responden diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.6 : Distribusi Gangguan Fungsi Paru Responden berdasarkan Area Kerja Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Area Kerja	Fungsi Paru				Total	
		Tidak Normal		Normal			
		n	%	n	%	n	%
1	<i>Packing</i>	11	55	9	45	20	100
2	<i>Raw mill</i>	8	47,1	9	52,9	17	100
3	<i>Crusher batu kapur</i>	8	72,7	3	27,3	11	100
4	Tambang	7	53,8	6	46,2	13	100
5	<i>Kiln</i>	9	45	11	55	20	100
6	<i>Sement mill</i>	4	40	6	60	10	100
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100

Dari hasil penelitian di peroleh data responden yang mengalami gangguan 47 orang dan normal 44 orang. Berdasarkan distribusi menurut area kerja diketahui bahwa responden yang mengalami gangguan fungsi paru pada area *packing* 11 orang (55%), *raw mill* 8 orang (47,1%), *crusher batu kapur* 8 orang (72,7%), area tambang 7 orang (53,8%), *kiln* 9 orang (45%) dan *sement mill* 4 orang (40%). Sehingga dapat dikatakan bahwa prosentase responden yang mengalami gangguan fungsi paru yang bekerja pada area kerja dengan kadar debu > NAB (*packing* 18,47 mg/m³, *crusher batu kapur* 14,98mg/m³ dan tambang 20,23 mg/m³) adalah > 50%. Sedangkan prosentase responden yang mengalami gangguan fungsi paru yang bekerja pada area kerja dengan kadar debu ≤ NAB (*raw mill* 1,63mg/m³, *kiln* 4,56mg/m³, *sement mill* 5,98mg/m³) adalah < 50%. Berdasarkan pemeriksaan FEV₁/FVC diperoleh : rata-rata FEV₁/FVC responden 88,22% dengan standar deviasi 12,174 sedang nilai terendah 48% dan tertinggi 100%.

E. Analisis Bivariat

Analisis yang dilakukan menggunakan tabulasi silang yang bertujuan untuk melihat hubungan variabel bebas dengan variabel terikat, berdasarkan distribusi sel-sel yang ada. Pada tahap selanjutnya dilihat apakah ada hubungan antara variabel umur, status gizi, masa kerja, lama paparan, kebiasaan merokok,

penggunaan APD dan kadar debu semen dengan gangguan fungsi paru. Untuk uji statistik yang di gunakan adalah *Chi Square Test*.

1. Hubungan Antara Umur dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan antara umur dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 : Hubungan Antara Umur dengan Gangguan Fungsi Paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Umur	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	> 40 Tahun	29	65,9	15	34,1	44	100	1,721	1,130	2,621
2	≤ 40 Tahun	18	38,8	29	61,7	47	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$$X^2 = 5,876 ; p \text{ value} = 0,015$$

Hasil penelitian menunjukkan responden dengan umur > 40 tahun mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 29 orang (65,9%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 15 orang (34,1%). Responden dengan umur ≤ 40 tahun mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 18 orang (38,8%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 29(61,7%). Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara umur dengan gangguan fungsi paru ($X^2 = 5,875 ; p \text{ value} = 0,015$). Hasil analisis juga menunjukkan umur merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru (RP =1,721 ; p value =0,015)

2. Hubungan Antara Status Gizi dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan Status Gizi dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8 : Hubungan Antara Status Gizi dengan Gangguan Fungsi Paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Status Gizi	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	Kurang	18	62,1	11	37,9	29	100	1,327	0,899	1,958
	Baik									
2	Baik	29	46,8	33	53,2	62	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$$X^2 = 1,289 ; p \text{ value} = 0,256$$

Hasil penelitian menunjukkan responden dengan status gizi kurang baik mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 18 orang (62,1%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 11 orang (37,9%). Responden dengan status gizi baik mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 29 orang (46,8%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 33(53,2%). Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan status gizi dengan gangguan fungsi paru ($X^2 = 1,289 ; p \text{ value} = 0,256$)

3. Hubungan Antara Masa Kerja dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan masa kerja dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.9 : Hubungan Antara Masa Kerja dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006

N o	Masa Kerja	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	≥ 15 Tahun	33	63,5	19	36,5	52	100	1,768	1,108	2,821
2	< 15 Tahun	14	35,9	25	64,1	39	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$$X^2 = 5,721 ; p \text{ value} = 0,017$$

Hasil penelitian menunjukkan responden dengan masa kerja ≥ 15 tahun mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 33 orang (63,5%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 19 orang (36,5%). Responden dengan masa kerja < 15 tahun mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 14 orang (35,9%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 25 orang (64,1%). Uji statistik

dengan Chi Square Test menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru ($X^2 = 5,721$; p value = 0,017)

4. Hubungan Antara Lama Paparan dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan lama paparan dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.10 : Hubungan Antara Lama Paparan dengan Gangguan Fungsi Paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Lama Paparan	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	> 8 Jam	13	54,2	11	45,8	24	100	1,067	0,689	1,653
2	≤ 8 Jam	34	50,7	33	49,3	67	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$X^2 = 0,002$; p value = 0,960

Hasil penelitian menunjukkan responden dengan lama paparan > 8 jam mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 13 orang (54,2%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 11 orang (45,8%). Responden dengan masa kerja ≤ 8 jam mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 34 orang (50,7%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 33 (49,3%). Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan lama paparan dengan gangguan fungsi paru ($X^2 = 0,002$; p value = 0,960)

5. Hubungan Antara Penggunaan APD dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan antara penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.11 : Hubungan Antara Penggunaan APD dengan Gangguan Fungsi Paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Penggunaan APD	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	Tidak Lengkap	23	40,4	34	59,6	57	100	0,572	0,390	0,838
2	Lengkap	24	70,6	10	29,4	34	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$X^2 = 6,633$; p value = 0,010

Hasil penelitian menunjukkan responden yang menggunakan APD tidak lengkap saat bekerja mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 23 orang (40,4%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 34 orang (59,6%). Responden yang selalu menggunakan APD secara lengkap saat bekerja mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 24 orang (70,6%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 10(29,4%). Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru ($X^2 = 6,633$; p value = 0,010). Hasil analisis juga menunjukkan penggunaan APD merupakan faktor protektif untuk terjadinya gangguan fungsi paru (RP = 0,572; 95%CI = 0,390- 0.838). APD yang digunakan responden dikatakan lengkap jika responden menggunakan helm, ear plug/tutup telinga, masker, kaca mata/gogle, sepatu boot/safety shoes, sarung tangan. Masker yang digunakan responden adalah masker dari bahan kain.

6. Hubungan Antara Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.12: Hubungan Antara Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Kebiasaan Merokok	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	Pernah Merokok	28	43,8	36	56,2	64	100	0,622	0,429	0,900
2	Tidak Pernah Merokok	19	70,4	8	29,6	27	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$X^2 = 4,375$; p value = 0,036

Hasil penelitian menunjukkan responden yang pernah merokok mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 28 orang (43,82%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 36 orang (56,2%). Responden yang tidak pernah merokok yang mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 19 orang (70,4%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 8(29,6%). Uji statistik

dengan Chi Square Test menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru ($X^2 = 4,375$; p value = 0,036).

7. Hubungan Antara Kebiasaan Berolahraga dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan antara kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.13 : Hubungan Antara Kebiasaan Berolahraga dengan Gangguan Fungsi Paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Kebiasaan Berolahraga	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	Tidak sering	22	43,1	29	56,9	51	100	0,690	0,464	1,026
2	sering	25	62,5	15	37,5	40	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$$X^2 = 2,635 ; p \text{ value} = 0,105$$

Hasil penelitian menunjukkan responden yang tidak sering melakukan kegiatan olahraga mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 22 orang (43,1%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 29 orang (56,9%). Responden yang sering melakukan kegiatan mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 25 orang (62,5%) dan tidak mengalami gangguan fungsi paru 15 orang (37,5%). Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan antara kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru ($X^2 = 2,635$; p value = 0,105).

8. Hubungan Antara Kadar Debu dengan Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui hubungan antara kadar debu dengan gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.14 : Hubungan Antara Kadar Debu Dengan Fungsi Paru pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Kadar Debu	Fungsi Paru						RP	95 % CI	
		Terganggu		Normal		Jumlah			Lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	> NAB	26	59,1	18	40,9	44	100	1,323	0,855	1,977
2	≤NAB	21	44,7	26	55,3	47	100			
	Jumlah	47	51,6	44	48,4	91	100			

$$X^2 = 1,357 ; p \text{ value} = 0,244$$

Hasil analisis hubungan antara kadar debu semen dengan gangguan Fungsi paru menunjukkan responden yang terpapar debu semen di atas NAB mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 26 orang (59,1%) dan 18 orang (40,9%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. karyawan yang terpapar debu semen di bawah NAB yang mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 21 orang (44,7%) dan 26 orang (55,3) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan kadar debu semen dengan gangguan fungsi paru ($x^2 = 1,357 ; p = 0,244$).

F. Analisis Multivariat

Analisis untuk mengetahui faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru.

Analisis bivariat menunjukkan bahwa tidak semua variabel berpengaruh secara bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru, beberapa faktor yang berpengaruh secara bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15: Hasil Analisis Bivariat Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Variabel Penelitian	X ²	p value	RP	95% CI	Ket
1	Kadar debu	1,357	0,244	1,323	0,855 – 1,977	Tidak ada hubungan
2	Masa Kerja	5,721	0,017	1,768	1,108 – 2,821	Ada hubungan
3	Lama Paparan	0,002	0,960	1,069	0,689 – 1,653	Tidak ada hubungan
4	Status Gizi	1,289	0,256	1,327	0,899 – 1,958	Tidak ada hubungan
5	Umur	5,876	0,015	1,721	1,130 – 2,621	Ada hubungan
6	Kebiasaan Merokok	4,375	0,036	0,622	0,429 – 0,900	Ada hubungan
7	Penggunaan APD	6,633	0,010	0,572	0,390 – 0,838	Ada hubungan
8	Kebiasaan Berolahraga	2,635	0,105	0,690	0,654 – 1,026	Tidak ada hubungan

Tabel tersebut diatas menunjukkan dari delapan variabel yang di teliti, hasil analisis secara bivariat menunjukkan hanya empat variabel saja yang bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru. Sedangkan besarnya tingkat kemaknaan secara berurut adalah jenis APD yang digunakan (6,633), umur (5,876), masa kerja (5,721) dan kebiasaan merokok (4,375)

Tabel 4.16 : Variabel Yang Berpengaruh Secara Bermakna Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Variabel Penelitian	X ²	p value	Rasio Prevalens
1	Umur	5,876	0,015	1,721
2	Masa Kerja	5,721	0,017	1,768
3	Penggunaan APD	6,633	0,010	0,572
4	Kebiasaan Merokok	4,375	0,036	0,622

Untuk mengetahui besarnya pengaruh masing-masing variabel terhadap kejadian gangguan fungsi paru perlu dilakukan analisis multivariat terhadap variabel tersebut. Adapun hasil multivariat dengan menggunakan regresi logistik seperti tabel berikut :

Tabel 4.17: Hasil Analisis Multivariat Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Variabel Penelitian	B	df	p value	Odd Rasio	95 %	
						Lower	Upper
1	Penggunaan APD	1,191	1	0,012	3,289	1,299	8,327
2	Kebiasaan Merokok	1,017	1	0,046	2,764	1,020	7,495
	Constant	-2,895	1	0,002	0,057		

Berdasarkan hasil analisis multivariat variabel yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja PT. Semen Tonasa – Pangkep adalah :

1. Penggunaan APD (OR = 3,289 ; p value = 0,012)
2. Kebiasaan merokok (OR = 2,764 ; p value = 0,046)

Besarnya gangguan fungsi paru yang terjadi pada pekerja akibat variabel tersebut dalam persamaan regresi logistik dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k)}}$$

Keterangan :

P : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep, 2006

e : Bilangan natural

a : Nilai konstan

b : Nilai koefisien regresi

1. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD tidak lengkap dan mempunyai kebiasaan merokok

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-2,895 + (1,191) 1 + (1,017) 1)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-1,1704)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 5,495}$$

$$P = 0,154$$

2. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD tidak lengkap dan tidak merokok.

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-2,895 + (1,191) 1 + (1,017) 0)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{(0,816)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,261}$$

$$P = 0,307$$

3. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD lengkap dan mempunyai kebiasaan merokok

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-2,895 + (1,191) 0 + (1,017) 1)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-1,1878)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 6,539}$$

$$P = 0,133$$

4. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD lengkap dan tidak merokok

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(2,895 + (1,191)0 + (1,017)0)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-2,895)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 18,07}$$

$$P = 0,052$$

Keterangan :

P : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep, 2006

e : Bilangan natural = 2,718

a : Nilai konstan = -2,895

b₁ : Nilai koefisien regresi = 1,191

b₂ : Nilai koefisien regresi = 1,017

x₁ : APD yang digunakan tidak lengkap = 1; APD yang digunakan lengkap = 0

x₂ : Kebiasaan merokok = 1 ; tidak merokok = 0

BAB V

PEMBAHASAN

Salah satu dampak negatif dari industri semen adalah pencemaran udara oleh debu. Industri semen berpotensi menimbulkan kontaminasi di udara berupa debu. Debu merupakan limbah utama dari pabrik semen. Debu yang dihasilkan oleh kegiatan industri semen terdiri dari debu yang dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku dan proses pembakaran, debu yang dihasilkan selama pengangkutan bahan baku ke pabrik dan bahan jadi keluar pabrik, termasuk pengantongannya. Bahan pencemar tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan manusia.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semua responden bekerja pada suhu dan kelembaban dibawah NAB tetapi sebagian bekerja di area kerja dengan kadar debu semen diatas NAB dan sebagian bekerja di area kerja dibawah NAB. Menurut Santosa⁽⁴¹⁾ apabila variabel relatif homogen maka variabel tersebut dapat diabaikan, sehingga dalam analisis hasil penelitian variabel suhu dan kelembaban diabaikan. Dari uji statistik di peroleh rata-rata kapasitas fungsi paru karyawan PT.Semen Tonasa – Pangkep 88,22% FEV₁/FVC, sedangkan karyawan dengan fungsi paru terganggu adalah 47 orang (51,6%) dan normal 44 orang (47,4%).

Dari hasil penelitian di ketahui bahwa kadar debu pada area kerja *packing* 18,47 mg/m³, *cruser batu kapur* 14,98 mg/m³ dan tambang 20,23 mg/m³, ketiga area kerja ini mempunyai kadar debu diatas NAB. Dari 20 responden yang bekerja pada area *packing* terdapat 11 orang (55%) yang mengalami gangguan fungsi paru dan 9 orang (45 %) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Dari 11 responden yang bekerja pada area *cruser batu kapur* terdapat 8 orang (72,7%) yang mengalami gangguan fungsi paru dan 3 orang (27,3%) yang tidak mengalami gangguan fungsi paru. Dari 13 reponden yang bekerja pada area tambang 7 orang (53,8%) mengalami gangguan fungsi paru dan 6 orang (46,2%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Hasil penelitian menunjukkan dari 44 responden yang terpapar debu semen diatas NAB terdapat 26 orang (59,1%) mengalami gangguan fungsi paru dan 18 orang (40,9%)

tidak mengalami gangguan fungsi paru. Dengan kata lain prosentase responden yang bekerja pada area diatas NAB mengalami gangguan fungsi paru sebesar 59,1%.

Dari 44 responden yang terpapar debu semen $>$ NAB terdapat 26 orang (59,1%) mengalami gangguan fungsi paru dan 18 orang (40,9) tidak mengalami gangguan fungsi paru, dan dari 47 responden yang terpapar debu semen \leq NAB terdapat 21 orang (44,7%) mengalami gangguan fungsi paru dan 26 orang (55,3%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan tidak ada hubungan kadar semen dengan gangguan fungsi paru(p value = 0,244 ; RP =1,323 ; 95% CI = 0,855 – 1,977) dan kadar debu bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan. Rata-rata kapasitas fungsi paru responden terganggu sebanyak 47 orang (51,6%), ini di mungkinkan karena responden bekerja \geq 15 tahun 52 orang (57,1%) , mempunyai kebiasaan merokok 64 orang (70,3%). Selain dari pada bentuk anatomis seseorang, faktor utama yang mempengaruhi kapasitas paru adalah posisi orang tersebut selama pengukuran dan kekuatan otot pernapasan. Udara dalam keadaan tercemar, partikel polutan ikut terinhalasi dan sebagian akan ke dalam paru selanjutnya sebagian partikel akan mengendap di alveoli, sehingga akan terjadi penurunan fungsi paru. Debu yang terdapat di dalam alveolus akan menyebabkan statis partikel debu dan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan dinding alveolus, yang merupakan salah satu faktor predisposisi penyakit paru obstruktif menahun (PPOM). Kelainan paru karena adanya deposit debu dalam jaringan paru di sebut pneumokoniosis.

Debu-debu yang non fibrogenik adalah debu yang tidak menimbulkan reaksi jaringan paru, contohnya adalah debu besi, kapur dan timah. Debu ini dahulu dianggap tidak merusak paru disebut debu *inert*, tetapi diketahui belakangan bahwa tidak debu yang benar-benar *inert*. Dalam dosis besar semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi ini berupa produksi lendir berlebihan, bila ini terus berlangsung dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Jaringan paru juga dapat berubah dengan terbentuknya jaringan ikat retikulin. Penyakit paru ini disebut pnemokoniosis non kolagen.^(25,35)

Debu *fibrogenik* dapat menimbulkan reaksi jaringan paru sehingga terbentuk jaringan paru (fibrosis). Penyakit ini disebut dengan pneumokoniosis kolagen. Termasuk jenis ini adalah debu silika bebas, batu bara dan asbes ^(25,36).

Debu semen yang masuk saluran nafas, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan non spesifik berupa batuk, bersin, gangguan transportasi mukosilier dan fagositosis oleh makrofag ⁽³⁶⁾. Otot polos sekitar jalan nafas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini biasanya terjadi bila kadar debu melebihi nilai ambang batas.

Sistem muskuler juga mengalami gangguan dan menyebabkan produksi lendir bertambah. Bila lendir makin banyak atau mekanisme pengeluarannya tidak sempurna terjadi obstruksi saluran nafas sehingga resistensi jalan nafas meningkat.

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

Hasil penelitian Setiawan.A pada pabrik semen Cibinong menunjukkan bahwa ada hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan (p value = 0,029) dan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan (RP = 1,12) ⁽⁶⁾.

Salah satu faktor yang paling sulit diukur disini adalah kerentanan dari individu. Seseorang akan terekspos debu di lingkungan kerja dengan konsentrasi yang sama dan durasi *eksposure* yang sama dapat memberikan kelainan klinis yang berbeda. Hal ini disebabkan karena adanya variasi clearance dari paru (faktor

individual), faktor allergen dan faktor penyerta potensial seperti umur etnis, kebiasaan merokok.

Dari hasil penelitian 52 responden yang mempunyai masa kerja ≥ 15 tahun terdapat 33 orang (63,5%) mengalami gangguan fungsi paru dan 19 orang (36,5%) tidak mengalami gangguan fungsi paru dan responden yang mempunyai masa kerja < 15 tahun terdapat 14 orang (35,9%) mengalami gangguan fungsi paru dan 25 orang (64,1%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,017) dan $RP = 1,768$; 95% $CI = 1,108 - 2,821$ menunjukkan masa kerja merupakan faktor risiko untuk terjadi gangguan fungsi paru pada karyawan.

Pekerja yang berada di lingkungan dengan kadar debu tinggi dalam waktu yang lama, memiliki risiko tinggi terkena obstruksi⁽¹⁵⁾. Menurut Suma'mur bahwa salah satu variabel potensial yang dapat menimbulkan gangguan fungsi paru adalah lamanya seseorang terpapar polutan tersebut. Hal ini berarti semakin lama masa kerja seseorang, semakin lama pula waktu paparan terhadap polutan tersebut.

Dari 24 responden yang mempunyai lama paparan > 8 jam terdapat 13 orang (54,2%) mengalami gangguan fungsi paru dan 11 orang (45,8%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan tidak adanya hubungan yang bermakna antara lama paparan dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,960) dan $RP = 1,067$; 95% $CI = 0,689 - 1,653$ menunjukkan lama paparan bukan merupakan faktor risiko untuk terjadi gangguan fungsi paru pada karyawan. Ketidak bermaknaan lama paparan dengan gangguan fungsi paru karena rata-rata responden bekerja ≤ 8 jam/hari.

Lama paparan berkaitan dengan jumlah jam kerja yang dihabiskan karyawan di area kerja. Semakin lama karyawan menghabiskan waktu untuk bekerja di area kerjanya, maka semakin lama pula paparan debu semen di terimanya, sehingga kemungkinan untuk terjadinya gangguan fungsi paru juga akan lebih besar, tetapi hal itu juga tergantung dari konsentrasi debu semen yang ada di area kerja dan

mekanisme clearance dari masing-masing individu, sifat alamiah kimia dari debu, ukuran debu, kadar partikel debu dan kerentanan individu.

Dari 29 responden yang mempunyai status gizi kurang baik terdapat 18 orang (62,1%) mengalami gangguan fungsi paru dan 11 orang (37,9%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan tidak adanya hubungan yang bermakna antara status gizi dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,256) dan $RP = 1,327$; 95% $CI = 0,899 - 1,958$ menunjukkan status gizi bukan merupakan faktor risiko untuk terjadi gangguan fungsi paru pada karyawan. Ketidak bermaknaan status gizi dengan gangguan fungsi paru karena rata-rata responden mempunyai status gizi baik terdapat 62 orang (68,1%).

Status gizi merupakan keadaan tubuh sebagai akibat konsumsi makanan dan zat gizi. Salah satu akibat dari kekurangan gizi dapat menurunkan sistem imunitas dan anti bodi sehingga orang mudah terserang infeksi seperti : pilek, batuk, diare, dan juga berkurangnya kemampuan tubuh untuk melakukan detoksifikasi terhadap benda asing seperti debu yang masuk dalam tubuh ⁽³⁰⁾. Status gizi tenaga kerja erat kaitannya dengan tingkat kesehatan tenaga kerja maupun produktifitas tenaga kerja. Status gizi yang baik akan mempengaruhi produktifitas tenaga kerja yang berarti peningkatan produktifitas perusahaan dan produktifitas nasional ⁽³¹⁾.

Dari 44 responden yang mempunyai umur > 40 tahun, terdapat 29 orang (65,9%) mengalami gangguan fungsi paru dan 15 orang (34,1%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara umur dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,015) dan $RP = 1,721$; 95% $CI = 1,130 - 2,621$ menunjukkan umur merupakan faktor risiko untuk terjadi gangguan fungsi paru pada karyawan, yang berarti karyawan dengan umur > 40 tahun potensial mendapat gangguan fungsi paru 1,7 kali lebih besar dibandingkan dengan karyawan dengan umur < 40 tahun.

Faal paru tenaga kerja dipengaruhi oleh umur. Meningkatnya umur seseorang maka kerentanan terhadap penyakit akan bertambah, khususnya gangguan saluran pernapasan pada tenaga kerja ⁽³⁾. Faktor umur mempengaruhi kekenyalan paru sebagaimana jaringan lain dalam tubuh. Walaupun tidak dapat dideteksi hubungan

umur dengan pemenuhan volume paru tetapi rata-rata telah memberikan suatu perubahan yang besar terhadap volume paru. Hal ini sesuai dengan konsep paru yang elastisitas.

Dari 64 responden pernah merokok terdapat 28 orang (43,8%) mengalami gangguan fungsi paru dan 36 orang (56,2%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Dari 64 responden yang pernah merokok terdapat 45 orang yang masih merokok pada bulan maret 2006. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,036) dan $RP = 0,622$; $95\% CI = 0,429 - 0,900$ menunjukkan kebiasaan merokok merupakan faktor protektif untuk terjadi gangguan fungsi paru pada karyawan. Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian Setiawan.A⁽⁶⁾ dan Nugrahaeni F.S⁽⁸⁾ di mana kebiasaan merokok merupakan faktor risiko. Gangguan fungsi paru tidak hanya di pengaruhi oleh kebiasaan merokok tetapi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti masa kerja, status gizi, penggunaan APD dan kadar debu.

Menurut Giarno⁽²⁶⁾ , Lubis⁽²⁷⁾ menyatakan tenaga kerja yang perokok merupakan salah satu faktor risiko penyebab penyakit saluran pernapasan. Menurut Rahajoe dkk (1994)⁽¹⁸⁾ kebiasaan merokok dapat menimbulkan gangguan ventilasi paru karena dapat menyebabkan iritasi dan sekresi mukus yang berlebihan pada bronkus. Keadaan seperti ini dapat mengurangi efektifitas mukosiler dan membawa partikel-partikel debu sehingga merupakan media yang baik tumbuhnya bakteri.

Asap rokok dapat meningkatkan risiko timbulnya penyakit bronkitis dan kanker paru⁽³⁾. Menurut Mangesiha dan Bakele, terdapat hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dan gangguan saluran pernapasan⁽²⁸⁾. Tenaga kerja yang perokok dan berada dilingkungan yang berdebu cenderung mengalami gangguan saluran pernapasan dibanding dengan tenaga kerja yang berada pada lingkungan yang sama tetapi tidak merokok⁽²⁹⁾.

Dari 57 responden yang menggunakan APD tidak lengkap terdapat 23 orang (40,4%) mengalami gangguan fungsi paru dan 34 orang (59,6%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. 34 responden yang menggunakan APD secara lengkap 24 orang (70,6%) mengalami gangguan fungsi paru dan 10 orang (48,4%) tidak

mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,010) dan $RP = 0,572$; $95\% CI = 0,390- 0,838$ menunjukkan penggunaan APD merupakan faktor protektif untuk terjadi gangguan fungsi paru pada karyawan. Jenis APD yang digunakan responden dikatakan lengkap jika responden menggunakan helm, ear plug/tutup telinga, masker, kaca mata/gogle, sepatu boot/safety shoes, sarung tangan. Masker yang digunakan responden adalah masker dari bahan kain.

APD yang cocok bagi tenaga kerja yang berada pada lingkungan kerja yang mempunyai paparan debu dengan konsentrasi tinggi adalah ; alat pelindung pernapasan yang berfungsi untuk melindungi pernapasan terhadap gas, uap, debu, atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang bersifat racun, korosi maupun rangsangan. Alat pelindung pernapasan terdiri dari :

- a. Masker, berfungsi untuk melindungi debu/partikel-partikel yang lebih besar yang masuk ke dalam pernapasan, dapat terbuat dari kain dengan ukuran pori-pori tertentu.
- b. Respirator, berfungsi untuk melindungi pernapasan dari debu, kabut, uap logam, asap dan gas.

Pemakaian masker oleh karyawan di area kerja yang udaranya banyak mengandung debu, dimaksudkan sebagai upaya mengurangi masuknya partikel debu ke dalam saluran pernapasan.

Dari 51 responden yang tidak sering melakukan olahraga terdapat 22 orang (43,1%) mengalami gangguan fungsi paru dan 29 orang (56,9%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Dan 40 responden yang sering melakukan kegiatan olahraga terdapat 25 orang (62,5%) mengalami gangguan fungsi paru dan 15 orang (37,5%) tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan *Chi Square Test* menunjukkan tidak adanya hubungan yang bermakna antara kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,105) dan $RP = 0,690$; $95\% CI = 0,464 - 1,026$ menunjukkan kebiasaan berolahraga bukan merupakan faktor risiko untuk terjadi gangguan fungsi paru pada karyawan.

Latihan fisik sangat berpengaruh terhadap sistem kembang pernapasan. Dengan latihan fisik secara teratur dapat meningkatkan pemasukan oksigen ke dalam paru. Kebiasaan berolahraga memberi manfaat dalam meningkatkan kerja dan fungsi paru, jantung dan pembuluh darah yang ditandai dengan ; denyut nadi istirahat menurun, isi sekuncup bertambah, kapasitas vital paru bertambah, penumpukan asam laktat berkurang, meningkatkan pembuluh darah kolesterol, meningkatkan HDL kolesterol dan mengurangi aterosklerosis⁽³²⁾.

Pengujian hipotesis menggunakan uji statistik Chi Square Test. Hipotesis yang di ajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Ada hubungan antara faktor umur dengan gangguan fungsi paru.
2. Ada hubungan antara faktor status gizi dengan gangguan fungsi paru.
3. Ada hubungan antara faktor masa kerja dengan gangguan fungsi paru.
4. Ada hubungan antara faktor lama paparan dengan gangguan fungsi paru.
5. Ada hubungan antara faktor penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru.
6. Ada hubungan antara faktor kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru.
7. Ada hubungan antara faktor kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru.
8. Ada hubungan faktor kadar debu total di area kerja dengan gangguan fungsi paru.
9. Ada hubungan antara faktor suhu lingkungan di area kerja dengan gangguan fungsi paru.
10. Ada hubungan antara faktor kelembaban lingkungan dengan gangguan fungsi paru.

Pengujian hipotesis menggunakan uji statistik *Chi Square Test* sehingga di ketahui bahwa :

1. Ada hubungan antara umur dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,015)
2. Tidak ada hubungan antara faktor status gizi dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,256).
3. Ada hubungan antara faktor masa kerja dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,017).
4. Tidak ada hubungan antara faktor lama paparan dengan gangguan fungsi paru(p value = 0,960).

5. Ada hubungan antara faktor penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,010).
6. Ada hubungan antara faktor kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,036).
7. Tidak ada hubungan antara faktor kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,105).
8. Tidak ada hubungan faktor kadar debu total di area kerja dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,244).
9. Tidak ada hubungan antara faktor suhu lingkungan di area kerja dengan gangguan fungsi paru
10. Tidak ada hubungan antara faktor kelembaban lingkungan dengan gangguan fungsi paru .

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hanya sebagian dari faktor risiko yang mempunyai hubungan dengan gangguan fungsi paru.

Analisis multivariat untuk mengetahui variabel yang paling berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru. Berdasarkan hasil analisis multivariat variabel yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006 adalah : penggunaan APD (OR = 3,289 ; p value = 0,012) dan kebiasaan merokok (OR = 2,764 ; p value = 0,046).

Besarnya gangguan fungsi paru yang terjadi pada karyawan akibat variabel tersebut dalam persamaan regresi logistik di dapatkan hasil sebagai berikut :

1. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD tidak lengkap dan mempunyai kebiasaan merokok, mempunyai peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 51,4%(p = 0,514)
2. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD tidak lengkap dan tidak merokok, mempunyai peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 30,7% (p = 0,307).

3. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD lengkap dan mempunyai kebiasaan merokok, mempunyai peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 13,3% ($p = 0,133$)
4. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD lengkap dan tidak merokok, mempunyai peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 5,2% ($p = 0,052$).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada karyawan PT. Semen Tonasa dengan judul ” Gangguan fungsi paru dan faktor-faktor yang mempengaruhinya pada karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan” dapat disimpulkan sebagai berikut :

A. Kesimpulan

1. Umur termuda responden 23 tahun dan tertua 50 tahun. Dengan status gizi baik 62 orang dan kurang baik 29 orang. Masa kerja minimum responden 2 tahun 4 bulan tahun dan maksimum 29 tahun, dengan lama paparan minimum 5 jam dan maksimum 12 jam. Status gizi kurang baik 29 orang dan baik 62 orang. Responden yang menggunakan APD tidak lengkap 57 orang dan lengkap 34 orang. Responden yang mempunyai kebiasaan merokok 64 orang dan tidak merokok 27 orang. Responden yang tidak sering berolahraga 51 orang dan sering 40 orang.
2. Hasil pengukuran kadar debu di area kerja PT. Semen Tonasa sebagai berikut:
 - a. Kadar debu semen di area *packing* 18,47 mg/m³ (> NAB)
 - b. Kadar debu semen di area *raw mill* 1,63 mg/m³ (< NAB)
 - c. Kadar debu semen di area *cruser batu kapur* 14,98 mg/m³ (> NAB)
 - d. Kadar debu semen di area tambang 20,23 mg/m³ (> NAB)
 - e. Kadar debu semen di area *kiln* 4.56 mg/m³ (<NAB)
 - f. Kadar debu semen di area *sement mill* 5,98 mg/m³ (< NAB)

Hasil pengukuran tersebut menunjukkan :

- a. 48,4% (44 orang) responden bekerja di area kerja yang mempunyai kadar debu di atas NAB yaitu pada area :
 - 1) *packing* terdapat 20 orang (22 %), 11 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 9 orang mempunyai fungsi paru normal.

- 2) *crusher batu kapur* terdapat 11 orang (12,1%), 8 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 3 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - 3) *tambang* terdapat 13 orang (14,3%), 7 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 6 orang mempunyai fungsi paru normal.
- b. 51,6% (47 orang) responden bekerja di area kerja yang mempunyai kadar debu di bawah NAB yaitu pada area :
- 1). *raw mill* terdapat 17 orang (18,6%), 8 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 9 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - 2). *kiln* terdapat 20 orang (22%), 9 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 11 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - 3). *sement mill* 10 orang (11%), 4 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 6 orang mempunyai fungsi paru normal.
3. Rata-rata kapasitas fungsi paru karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep adalah 88,22% FEV₁/FVC dengan standar deviasi 12,174 sedang nilai terendah 48 % FEV₁/FVC dan nilai tertinggi 100% FEV₁/FVC
 4. Ada hubungan antara umur dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,015)
 5. Tidak ada hubungan antara faktor status gizi dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,256).
 6. Ada hubungan antara faktor masa kerja dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,017).
 7. Tidak ada hubungan antara faktor lama paparan dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,960).
 8. Ada hubungan antara faktor penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,010).
 9. Ada hubungan antara faktor kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,036).
 10. Tidak ada hubungan antara faktor kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,105).

11. Tidak ada hubungan faktor kadar debu total di area kerja dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,244).
12. Tidak ada hubungan antara faktor suhu lingkungan di area kerja dengan gangguan fungsi paru
13. Tidak ada hubungan antara faktor kelembaban lingkungan dengan gangguan fungsi paru .
14. Variabel yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja PT. Semen Tonasa – Pangkep adalah :
 - a. Penggunaan APD (OR = 3,289 ; p value = 0,012)
 - b. Kebiasaan merokok (OR = 2,764 ; p value = 0,046)

B. Saran

1. Memantau dan mengendalikan Kadar debu semen di area kerja, serta melakukan upaya untuk menanggulangi kadar debu semen dengan menambah jumlah alat pengisap (*electrostatic precipitator* dan *dust collector*) di area kerja
2. Mewajibkan dan mengawasi penggunaan masker secara ketat dan kontinyu pada karyawan, agar dapat mengurangi angka kejadian gangguan fungsi paru. Masker yang digunakan karyawan harus berukuran < 1 mikron
3. Karyawan yang sudah mengalami gangguan fungsi paru, supaya ditangani dengan jalan pengobatan rutin dan dimutasikan ke area kerja yang kadar debu semennya di bawah NAB
4. Perlunya pemeriksaan kapasitas fungsi paru karyawan secara periodik.

BAB VII

RINGKASAN

Industri semen merupakan salah satu industri yang pertumbuhannya cukup pesat, hal ini berkaitan dengan kapasitas produksi total pabrik semen yang tersebar diberbagai wilayah nusantara mencapai 27 juta ton pertahun⁽¹⁾. Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku : batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung / tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Batu kapur/gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa Calcium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa : Silika Oksida (SiO₂), Alumunium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃) dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk *clinkernya*, yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (*gypsum*) dalam jumlah yang sesuai.

Salah satu dampak negatif dari industri semen adalah pencemaran udara oleh debu. Industri semen berpotensi untuk menimbulkan kontaminasi di udara berupa debu. Debu merupakan limbah yang utama dari pabrik semen. Debu yang dihasilkan oleh kegiatan industri semen terdiri dari : debu yang dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku dan selama proses pembakaran dan debu yang dihasilkan selama pengangkutan bahan baku ke pabrik dan bahan jadi ke luar pabrik, termasuk pengantongannya. Bahan pencemar tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan manusia. Berbagai faktor yang berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran pernapasan akibat debu. Faktor tersebut adalah faktor debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi. Faktor individual meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran nafas serta faktor imunologis. Penilaian paparan pada manusia perlu dipertimbangkan antara lain sumber paparan/jenis pabrik, lamanya paparan, paparan

dari sumber lain, aktifitas fisik dan faktor penyerta yang potensial seperti umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, faktor allergen⁽²⁾.

Penyakit paru akibat debu industri mempunyai gejala dan tanda yang mirip dengan penyakit paru yang lain yang tidak disebabkan oleh debu di lingkungan kerja. Penegakan diagnosis perlu dilakukan anamnesa yang teliti meliputi riwayat pekerjaan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan pekerja, karena penyakit baru timbul setelah paparan yang cukup lama⁽³⁾.

Berbagai penelitian yang dilakukan berhubungan dengan fungsi paru, dilaporkan bahwa pada penambangan pasir dan pemecah batu kelainan paru dapat terjadi setelah terpapar 1-3 tahun, pada industri keramik gejala klinik umumnya timbul setelah 5 tahun⁽⁷⁾, pada industri penggilingan padi gangguan paru umumnya terjadi setelah terpapar 5 tahun⁽⁸⁾, pada industri pengolahan kayu gangguan paru umumnya terjadi setelah terpapar 5-6 tahun⁽⁹⁾.

Berdasarkan laporan pola penyakit dari Rumah Sakit PT. Semen Tonasa selama 5 tahun (tahun 2000-2004) penyakit saluran pernapasan menduduki peringkat pertama. Periode tahun 2000 prosentase penyakit saluran pernapasan 57,3% , penyakit kulit dan jaringan sub Cutan lainnya 10,7 %, Diare dan Gastroenteritis 9%, penyakit lainnya 23%. Periode tahun 2001 prosentase penyakit saluran pernapasan 60,6%, Penyakit Kulit dan Jaringan Sub Cutan lainnya 11,5%, Diare dan Gastroenteritis 9,7%, penyakit lainnya 18,2%. Periode 2002 prosentase penyakit saluran pernapasan 60,4%, Penyakit Kulit dan Jaringan Sub Cutan lainnya 12,1%, Diare dan Gastroenteritis 9,5%, penyakit lainnya 18%. Periode tahun 2003 prosentase penyakit saluran pernapasan 49,9%, hipertensi esensial 9,3%, penyakit kulit dan jaringan sub cutan lainnya 9,2%, penyakit lainnya 31,6%. Periode tahun 2004 prosentase penyakit saluran pernapasan 47,2%, demam yang tidak diketahui sebabnya 9,8%, hipertensi esensial 8,2%, penyakit lainnya 26,8%⁽¹¹⁾.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan didepan, secara kualitatif dapat diketahui adanya bahan-bahan kimia di udara dapat berpengaruh terhadap kesehatan. Tingginya penyakit saluran pernapasan (47,2%, tahun 2004) di PT. Semen Tonasa

dapat dijadikan sebagai bukti awal adanya gangguan fungsi paru pada karyawan. Atas dasar itulah perlu dilakukan penelitian dengan judul :

” Gangguan fungsi paru dan faktor-faktor yang mempengaruhinya pada karyawan PT.Semen Tonasa Pangkep Sulawesi-Selatan”.

Debu adalah partikel yang dihasilkan oleh proses mekanis seperti penghancuran batu, pengeboran, peledakan yang dilakukan pada tambang timah putih, tambang besi, tambang batu bara, diperusahaan tempat menggurinda besi, pabrik besi dan baja dalam proses sandblasting dan lain-lain. Debu yang terdapat dalam udara terbagi dua yaitu *deposit particulate matter* yaitu partikel debu yang berada sementara di udara, partikel ini segera mengendap akibat daya tarik bumi, dan *suspended particulate matter* yaitu debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap. *Deposit particulate metter* dan *suspended particulate matter* sering juga disebut debu total.

Paru-paru adalah dua organ yang berbentuk seperti bunga karang besar yang terletak di dalam torak pada sisi lain jantung dan pembuluh darah besar. Paru-paru memanjang mulai dari akar leher menuju diafragma dan secara kasar berbentuk kerucut dengan puncak di sebelah atas dan alas di sebelah bawah.⁽¹⁴⁾

Menurut Rahajoe dkk, (1994) fungsi utama paru adalah sebagai alat pernapasan yaitu melakukan pertukaran udara (ventilasi), yang bertujuan menghirup masuknya udara dari atmosfer kedalam paru-paru (inspirasi) dan mengeluarkan udara dari alveolar ke luar tubuh (ekspirasi)⁽¹⁸⁾. Fungsi pernapasan ada dua yaitu sebagai pertukaran gas dan pengaturan keseimbangan asam basa⁽¹³⁾. Pernapasan dapat berarti pengangkutan oksigen (O₂) ke sel dan pengangkutan CO₂ dari sel kembali ke atmosfer. Menurut Guyton proses ini terdiri dari 4 tahap yaitu ;

- a). Pertukaran udara paru, yang berarti masuk dan keluarnya udara ke dan dari alveoli. Alveoli yang sudah mengembang tidak dapat mengempis penuh, karena masih adanya udara yang tersisa didalam alveoli yang tidak dapat dikeluarkan walaupun dengan ekspirasi kuat. Volume udara yang tersisa ini disebut volume residu. Volume ini penting karena menyediakan O₂ dalam alveoli untuk mengaerasikan darah.

- b). Difusi O₂ dan CO₂ antara alveoli dan darah.
- c). Pengangkutan O₂ dan CO₂ dalam darah dan cairan tubuh menuju ke dan dari sel-sel.
- d). Regulasi pertukaran udara dan aspek-aspek lain pernapasan⁽¹⁹⁾.

Diagnosis penyakit paru perlu pula menentukan kondisi fungsionalnya. Dengan mengetahui keadaan fungsi paru, maka beberapa tindakan medis yang akan dilakukan pada penderita tersebut dapat diramalkan keberhasilkannya, disamping itu progresivitas penyakitnya akan dapat diketahui. Oleh karena itu pemeriksaan faal paru saat ini dikategorikan sebagai pemeriksaan rutin.

Volume paru dan kapasitas fungsi paru merupakan gambaran fungsi ventilasi sistem pernapasan. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas fungsi paru dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya kelainan fungsi paru.

Volume paru akan berubah-ubah saat pernapasan berlangsung. Saat inspirasi akan mengembang dan saat ekspirasi akan mengempis. Pada keadaan normal, pernapasan terjadi secara pasif dan berlangsung tanpa disadari⁽²¹⁾.

Kapasitas paru merupakan jumlah oksigen yang dapat dimasukkan kedalam tubuh atau paru-paru seseorang secara maksimal⁽²¹⁾. Jumlah oksigen yang dapat dimasukkan ke dalam paru ditentukan oleh kemampuan kembang kempisnya sistem pernapasan. Semakin baik kerja sistem pernapasan berarti volume oksigen yang diperoleh semakin banyak.

Pemeriksaan faal paru sangat dianjurkan bagi tenaga kerja, yaitu menggunakan spirometer, karena pertimbangan biaya yang murah, ringan, praktis dibawa kemana-mana, akurasinya tinggi, cukup sensitif, tidak invasif dan cukup dapat memberi sejumlah informasi yang handal⁽³⁾. Dengan pemeriksaan spirometri dapat diketahui semua volume paru kecuali volume residu, semua kapasitas paru kecuali kapasitas paru yang mengandung komponen volume residu. Beberapa parameter fungsi paru seperti : *Vital Capacity (VC)*, *Forced Vital Capacity (FVC)*, *Forced Expiratory Volume in 1 Second (FEV₁)* dan *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)*.

Untuk menginterpretasikan nilai faal paru yang diperoleh harus dibandingkan dengan nilai standarnya. Disebut normal bila nilai prediksinya lebih dari 80%. Untuk *FEV1* tidak memakai nilai absolut akan tetapi menggunakan perbandingan dengan *FVC*nya yaitu *FEV1/FVC* dan bila didapatkan nilai kurang dari 75% dianggap abnormal.

Nilai ambang batas adalah standar (NAB) adalah standar faktor-faktor lingkungan kerja yang dianjurkan ditempat kerja agar tenaga kerja masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Kegunaan NAB ini sebagai rekomendasi pada praktek higene perusahaan dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan (SE/Men/1997), untuk Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja sebesar 10 mg/m^3 .

Udara dalam keadaan tercemar, partikel polutan ikut terinhalasi dan sebagian akan masuk ke dalam paru. Selanjutnya sebagian partikel akan mengendap di alveoli. Dengan adanya pengendapan partikel dalam alveoli, ada kemungkinan terjadinya penurunan fungsi paru. Menurut Thomas, terdapatnya debu di alveolus akan menyebabkan terjadinya statis partikel debu dan dapat menyebabkan kerusakan dinding alveolus dan merupakan salah satu faktor predisposisi PPOM⁽²⁴⁾.

Faktor yang dapat berpengaruh pada inhalasi bahan pencemar ke dalam paru adalah faktor komponen fisik, faktor komponen kimiawi dan faktor penderita itu sendiri. Aspek komponen fisik yang pertama adalah keadaan dari bahan yang diinhalasi (gas,debu,uap). Ukuran dan bentuk akan berpengaruh dalam proses penimbunan dalam paru, demikian juga dengan kelarutan dan nilai *higroskopisitasnya*. Komponen kimia yang berpengaruh antara lain kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan sekitarnya,keasaman atau tingkat *alkalisitasnya* yang tinggi (dapat merusak silia atau sistem enzim). Bahan-bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas diparu dan dapat bersifat antigen yang masuk paru⁽¹³⁾.

Selain faktor bahan yang masuk ke dalam paru maka faktor manusianya sendiri tentu amat penting diperhitungkan pula. Sistem pertahanan paru baik secara anatomis maupun secara fisiologis, merupakan satu mekanisme yang baik dalam melindungi saluran napas dan paru. Mekanisme ini tentu saja dapat terganggu, baik karena faktor bawaan maupun oleh faktor lingkungan. Orang-orang tertentu mempunyai silia yang aktif sekali bekerja menyapu debu yang masuk, sementara pada sebagian orang lain gerak cambuk silia relatif lebih lambat.

Mekanisme penimbunan debu dalam paru ; debu diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap. Udara masuk melalui rongga hidung disaring, dihangatkan dan dilembabkan. Ketiga fungsi tersebut disebabkan karena adanya mukosa saluran pernapasan yang terdiri dari epitel toraks bertingkat, bersilia, dan mengandung sel goblet. Partikel debu yang kasar dapat disaring oleh rambut yang terdapat pada lubang hidung, sedangkan partikel debu yang halus akan terjatuh dalam lapisan mukosa. Gerakan silia mendorong lapisan mukosa ke posterior, ke rongga hidung dan ke arah superior menuju faring ⁽¹⁵⁾. Debu yang berukuran antara 5-10 μ akan ditahan oleh saluran napas atas, debu yang berukuran 3-5 μ akan ditahan oleh bagian tengah jalan pernapasan, debu yang berukuran 1-3 μ merupakan ukuran yang paling berbahaya, karena akan tertahan dan tertimbun (menempel) mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli dan debu yang berukuran 0,1-1 μ bergerak keluar masuk alveoli sesuai dengan gerak brown ⁽²⁵⁾. Partikel debu yang masuk ke dalam paru-paru akan membentuk fokus dan berkumpul dibagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag akan merangsang terbentuknya makrofag baru. Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus-menerus berperan penting dalam pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru yaitu pada dinding alveoli dan jaringan ikat interstitial. Akibat fibrosis paru akan terjadi penurunan elastisitas jaringan paru (pergeseran jaringan paru) dan menimbulkan gangguan pengembangan paru ⁽¹⁶⁾. Bila pengerasan alveoli mencapai 10% akan terjadi penurunan elastisitas paru yang menyebabkan kapasitas vital paru akan menurun dan

dapat mengakibatkan menurunnya suplai oksigen ke dalam jaringan otak, jantung dan bagian-bagian tubuh lainnya.

Mekanisme pengendapan partikel debu di paru berlangsung dengan berbagai cara :

- 1). *Grafitasi*, sedimentasi partikel yang masuk saluran nafas karena gaya grafitasi. Artinya partikel akan jatuh dan menempel di saluran napas karena faktor gaya tarik bumi. Karena itu terjadinya sedimentasi berhubungan dengan ukuran partikel, beratnya dan juga kecepatannya.;
- 2). *Impaction*, terjadi karena adanya percabangan saluran napas. Partikel yang masuk bersama udara inspirasi akan terbentur di percabangan bronkus dan jatuh pada percabangan yang kecil. Mekanisme *impaction* biasanya terjadi pada partikel > 1 mikron;
- 3). *Brown diffusion* yaitu mengendapnya partikel dengan diameter < 2 mikron yang disebabkan oleh terjadinya gerakan keliling (gerakan brown) dari partikel oleh energi kinetik. Akibat gerakan ini partikel dapat terbawa bergarak langsung ke dinding saluran napas. Difusi ini merupakan cara yang terpenting bagi partikel < 0,5 mikron untuk dapat menempel di dinding saluran napas/paru.;
- 4). *Electrostatic*, terjadi karena saluran napas dilapisi mukus, yang merupakan konduktur yang baik secara elektrostatis;
- 5). *Interseption* terjadi pengendapan yang berhubungan dengan sifat fisik partikel berupa ukuran panjang/besar partikel ini penting untuk mengetahui dimana terjadi pengendapan. Sebagian besar partikel yang berukuran > 5 mikron akan tertahan dihidung dan jalan napas bagian atas. Partikel yang berukuran antara 3-5 mikron akan tertahan dibagian tengah jalan napas dan partikel berukuran antara 1-3 akan menempel di dalam alveoli.

Tidak semua partikel yang terinhalasikan mengalami pengendapan di paru. Faktor pengendapan debu di paru dipengaruhi oleh pertahanan tubuh dan karakteristik debu itu sendiri. Karakteristik yang dimaksud meliputi jenis debu, ukuran partikel debu, konsentrasi partikel, lama paparan dan pertahanan tubuh.

Dalam suatu kegiatan industri, paparan dan risiko yang ada di tempat kerja tidak selalu dapat dihindari. Upaya untuk pencegahan terhadap kemungkinan penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja harus senantiasa dilakukan. Ada beberapa alternatif pengendalian (secara teknik dan administrasi) yang bisa dilaksanakan namun mempunyai beberapa kendala. Pilihan yang sering dilakukan adalah melengkapi tenaga kerja dengan alat pelindung diri menjadi suatu keharusan hal ini menjadi suatu keharusan. Hal ini sesuai dengan undang-undang No.1 Th 1970 tentang Keselamatan Kerja khususnya pasal 9,12 dan 14 yang mengatur penyediaan dan penggunaan alat pelindung diri di tempat kerja, baik pengusaha maupun bagi tenaga kerja⁽³⁴⁾.

Secara sederhana yang dimaksud dengan alat pelindung diri adalah seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan kerja. APD tidak secara sempurna melindungi tubuh tetapi akan dapat mengurangi tingkat keparahan yang akan terjadi. Pengendalian ini sebaiknya tetap dipadukan dan sebagai pelengkap pengendalian administratif.

APD yang cocok bagi tenaga kerja yang berada pada lingkungan kerja yang mempunyai paparan debu dengan konsentrasi tinggi adalah ; alat pelindung pernapasan yang berfungsi untuk melindungi pernapasan terhadap gas, uap, debu, atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang bersifat racun, korosi maupun rangsangan.

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan pendekatan *Cross sectional*. Penelitian ini dilakukan di PT.Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan. Sebagai populasi adalah seluruh karyawan PT.Semen Tonasa yang berjumlah 1920 orang. Sebagai sampel penelitian ini diambil dari sebagian populasi , cara penarikan populasi dilakukan dengan menggunakan metode *simple random sampling*, besar sampel di tentukan dengan perhitungan menggunakan rumus dari Lameshow (1997), sehingga di peroleh sampel sebanyak 91 orang. Kriteria inklusi yang digunakan adalah bersedia mengikuti penelitian, melakukan *medical chek up*, berjenis kelamin laki-laki, umur antara 20-50 tahun, melakukan kegiatan fisik/olahraga ≤ 3 kali

seminggu. Sedangkan kriteria eksklusi adalah tidak pernah menderita penyakit pernapasan seperti bronkitis, radang paru, TBC paru, ISPA, faringitis, asma dan flul alergi. Teknik pengumpulan data menggunakan kuesioner, kadar debu semen di area kerja diukur dengan menggunakan *High Volume Air Sampler (HVS)* merk Graseby – 1000, kapasitas fungsi paru responden diukur dengan menggunakan spirometer. Variabel lain yang turut dianalisis adalah umur, status gizi, masa kerja, lama paparan, penggunaan APD, kebiasaan merokok dan kebiasaan berolahraga. Data dianalisis secara univariat, analisis bivariat dengan uji *Chi Square Test* dengan tingkat kemaknaan $p < 0,05$ selanjutnya dilakukan analisis Multivariat

Dari 91 responden 47 orang (51,6%) responden mengalami gangguan fungsi paru dan 44 orang (48,4%) responden mempunyai fungsi paru normal. Hasil pengukuran kadar debu semen di area kerja PT.Semen Tonasa – Pangkep 2006 adalah sebagai berikut :

Hasil Pengukuran Kadar Debu dan Distribusi Responden Di Area Kerja PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Area Kerja	Kadar Debu (mg/m ³)	Jumlah Responden	%
1	<i>Packing</i>	18,47	20	22,0
2	<i>Raw Mill</i>	1,63	17	18,6
3	<i>Cruser Batu Kapur</i>	14,98	11	12,1
4	Tambang	20,23	13	14,3
5	<i>Kiln</i>	4,56	20	22,0
6	<i>Sement Mill</i>	5,98	10	11,0
Jumlah			91	100

Usia responden antara 20-50 tahun, pendidikan responden sebagian besar SLTA/ sederajat sebanyak 60 orang (65,9%), rata-rata responden mempunyai status gizi baik sebanyak 62 orang (68,1%), masa kerja responden minimum 2 tahun 4 bulan dengan masa kerja ≥ 15 tahun 52 orang dan < 15 tahun 39 orang, lama paparan > 8 jam sebanyak 24 responden dan ≤ 8 jam sebanyak 67 responden, responden yang menggunakan APD tidak lengkap 57 orang (62,6%); menggunakan APD secara lengkap 34 orang (37,4%), Sebagian besar responden adalah perokok

sebanyak 64 orang (70,3%), responden yang tidak sering melakukan kegiatan olahraga sebanyak 51 orang (56%); sering melakukan olahraga 40 orang (44%).

Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa tidak semua variabel penelitian berhubungan secara bermakna dengan terjadinya gangguan fungsi paru. Beberapa variabel yang berhubungan secara bermakna dapat di lihat pada tabel berikut :

Hasil Analisis Bivariat Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

N o	Variabel Penelitian	X ²	p value	RP	95% CI	Ket
1	Kadar debu	1,357	0,244	1,323	0,855 – 1,977	Tidak ada hubungan
2	Masa Kerja	5,721	0,017	1,768	1,108 – 2,281	Ada hubungan
3	Lama Paparan	0,002	0,960	1,067	0,689– 1,653	Tidak ada hubungan
4	Status Gizi	1,289	0,256	1,327	0,899 – 1,958	Tidak ada hubungan
5	Umur	5,876	0,015	1,721	1,130 – 2,621	Ada hubungan
6	Kebiasaan Merokok	4,375	0,036	0,622	0,429 – 0,900	Ada hubungan
7	Penggunaan APD Kebiasaan	6,633	0,010	0,572	0,390 – 0,838	Ada hubungan
8	Berolahraga	2,635	0,105	0,690	0,464 – 1,026	Tidak ada hubungan

Tabel tersebut diatas menunjukkan dari delapan variabel yang di teliti, hasil analisis secara bivariat menunjukkan hanya empat variabel saja yang bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru. Sedangkan besarnya tingkat kemaknaan secara berurut adalah jenis APD yang digunakan (6,633), umur (5,876), masa kerja (5,721) dan kebiasaan merokok (4,375)

Untuk mengetahui besarnya pengaruh masing-masing variabel terhadap kejadian gangguan fungsi paru perlu dilakukan analisis multivariat terhadap variabel tersebut. Adapun hasil multivariat dengan menggunakan regresi logistik seperti tabel berikut :

Hasil Analisis Multivariat Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru pada Karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep 2006

No	Variabel Penelitian	B	df	p value	Odd Rasio	95 %	
						Lower	Upper
1	Penggunaan APD	1,191	1	0,012	3,289	1,299	8,327
2	Kebiasaan merokok	1,017	1	0,046	2,764	1,020	7,495
Constant		-2,859	1	0,002	0,057		

Berdasarkan hasil analisis multivariat variabel yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja PT. Semen Tonasa – Pangkep adalah :

1. Penggunaan APD(OR = 3,289 ; p value = 0,012)
2. Kebiasaan merokok (OR = 2,764 ; p value = 0,046)

Besarnya gangguan fungsi paru yang terjadi pada pekerja akibat variabel tersebut dalam persamaan regresi logistik dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k)}}$$

Keterangan :

P : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep, 2006

e : Bilangan natural

a : Nilai konstan

b : Nilai koefisien regresi

1. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD tidak lengkap dan mempunyai kebiasaan merokok

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(2,895 + (1,191) 1 + (1,017) 1)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-1,1704)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 5,495}$$

$$P = 0,154$$

2.Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD tidak lengkap dan tidak merokok.

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-2,895 + (1,191) 1 + (1,017) 0)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{(0,816)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,261}$$

$$P = 0,307$$

3.Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD lengkap dan mempunyai kebiasaan merokok

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-2,895 + (1,191) 0 + (1,017) 1)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-1,1878)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 6,539}$$

$$P = 0,133$$

4. Karyawan PT. Semen Tonasa yang menggunakan APD lengkap dan tidak merokok

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(2,895 + (1,191) 0 + (1,017) 0)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-2,895)}}$$

$$P = \frac{1}{1 + 18,07}$$

$$P = 0,052$$

Keterangan :

P : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep, 2006

e : Bilangan natural = 2,718

a : Nilai konstan = -2,895

b₁ : Nilai koefisien regresi = 1,191

b₂ : Nilai koefisien regresi = 1,017

x₁ : APD yang digunakan tidak lengkap = 1; APD yang digunakan lengkap = 0

x₂ : Kebiasaan merokok = 1 ; tidak merokok = 0

Kesimpulan

1. Umur termuda responden 23 tahun dan tertua 50 tahun. Dengan status gizi baik 62 orang dan kurang baik 29 orang. Masa kerja minimum responden 2 tahun 4 bulan tahun dan maksimum 29 tahun, dengan lama paparan minimum 5 jam dan maksimum 12 jam. Status gizi kurang baik 29 orang dan baik 62 orang. Responden yang menggunakan APD tidak lengkap 57 orang dan lengkap 34 orang. Responden yang mempunyai kebiasaan merokok 64 orang dan tidak

merokok 27 orang. Responden yang tidak sering berolahraga 51 orang dan sering 40 orang.

2. Hasil pengukuran kadar debu di area kerja PT. Semen Tonasa sebagai berikut:
 - a. Kadar debu semen di area *packing* 18,47 mg/m³ (> NAB)
 - b. Kadar debu semen di area *raw mill* 1,63 mg/m³ (< NAB)
 - c. Kadar debu semen di area *cruser batu kapur* 14,98 mg/m³ (> NAB)
 - d. Kadar debu semen di area tambang 20,23 mg/m³ (> NAB)
 - e. Kadar debu semen di area *kiln* 4.56 mg/m³ (<NAB)
 - f. Kadar debu semen di area *sement mill* 5,98 mg/m³ (< NAB)

Hasil pengukuran tersebut menunjukkan :

- a. 48,4% (44 orang) responden bekerja di area kerja yang mempunyai kadar debu di atas NAB yaitu pada area :
 - 1). *packing* terdapat 20 orang (22 %), 11 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 9 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - 2). *crusher batu kapur* terdapat 11 orang (12,1%), 8 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 3 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - 3). tambang terdapat 13 orang (14,3%), 7 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 6 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - b. 51,6% (47 orang) responden bekerja di area kerja yang mempunyai kadar debu di bawah NAB yaitu pada area :
 - 1) *raw mill* terdapat 17 orang (18,6%), 8 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 9 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - 2) *kiln* terdapat 20 orang (22%), 9 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 11 orang mempunyai fungsi paru normal.
 - 3) *sement mill* 10 orang (11%), 4 orang diantaranya mengalami gangguan fungsi paru dan 6 orang mempunyai fungsi paru normal.
3. Rata-rata kapasitas fungsi paru karyawan PT. Semen Tonasa – Pangkep adalah 88,22% FEV₁/FVC dengan standar deviasi 12,174 sedang nilai terendah 48 % FEV₁/FVC dan nilai tertinggi 100% FEV₁/FVC

4. Ada hubungan antara umur dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,015)
5. Tidak ada hubungan antara faktor status gizi dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,256).
6. Ada hubungan antara faktor masa kerja dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,017).
7. Tidak ada hubungan antara faktor lama paparan dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,960).
8. Ada hubungan antara faktor penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,010).
9. Ada hubungan antara faktor kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,036).
10. Tidak ada hubungan antara faktor kebiasaan berolahraga dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,105).
11. Tidak ada hubungan faktor kadar debu total di area kerja dengan gangguan fungsi paru (p value = 0,244).
12. Tidak ada hubungan antara faktor suhu lingkungan di area kerja dengan gangguan fungsi paru
13. Tidak ada hubungan antara faktor kelembaban lingkungan dengan gangguan fungsi paru .
14. Variabel yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja PT. Semen Tonasa – Pangkep adalah :
 - a. Penggunaan APD (OR = 3,289 ; p value = 0,012)
 - b. Kebiasaan merokok (OR = 2,764 ; p value = 0,046)

C. Saran

1. Memantau dan mengendalikan Kadar debu semen di area kerja, serta melakukan upaya untuk menanggulangi kadar debu semen dengan menambah jumlah alat pengisap (*electrostatic precipitator* dan *dust collector*) di area kerja

2. Mewajibkan dan mengawasi penggunaan masker secara ketat dan kontinyu pada karyawan, agar dapat mengurangi angka kejadian gangguan fungsi paru. Masker yang digunakan karyawan harus berukuran < 1 mikron
3. Karyawan yang sudah mengalami gangguan fungsi paru, supaya ditangani dengan jalan pengobatan rutin dan dimutasikan ke area kerja yang kadar debu semennya di bawah NAB
4. Perlunya pemeriksaan kapasitas fungsi paru karyawan secara periodik.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k)}}$$

Keterangan :

P : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep, 2006

e : Bilangan natural

a : Nilai konstan

b : Nilai koefisien regresi

x : Variabel bebas

berdasarkan hasil analisis multivariat dapat menentukan variabel mana yang mempunyai pengaruh dan seberapa besar pengaruhnya terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja industri Semen Tonasa di Pangkep.

DAFTAR PUSTAKA

1. Biro Pusat Statistik. *Statistik Industri Tahun 1998*. Jakarta, 1999.
2. Epler.G.R. *Environmental and Occupational Lung Disease*. In : Clinical Overview Of Occupational Lung Diseases. Return To Epler.Com, 2000; 1-9.
3. Yunus,F. *Dampak Debu Industri pada Paru dan Pengendaliannya*. Jurnal Repirologi Indonesia. Vol 17.1997;4-7.
4. Pata.S. *Laporan Kerja Praktek di PT. Semen Tonasa*. Semarang, 2004.
5. Mwaiselage.J.Bratveit.M,Moen.B,Mashalla.Y. *Variabilityb in Dust Exposure in a Cement Factory in Tanzania*. Occupational Enviromental Medicine, 2004;46(7):658-667 .
6. Setiawan.A. *Hubungan Kadar Total Suspended Particulate (TSP) dengan Fungsi Paru di Lingkungan Industri Semen (Studi Kasus pada Semen Cibinong Pabrik Cilacap)* (Tesis). Semarang, 2002.
7. Amin.M. *Pengaruh Polusi Udara Terhadap Fungsi Paru*. Majalah Paru. Vol.15. Tahun 1995;137-145
8. Nugraheni.F.S. *Analisis Faktor Risiko Kadar Debu Organik di Udara Terhadap Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Industri Penggilingan Padi di Kabupaten Demak* (Tesis). Semarang, 2004.
9. Brom.P.J.A, Jetsen.M, Hidayat.S, van de Burgh.N, Leunissen.P, Kant.I, Houba.R, Soeprapto.H. *Respiratology Symtoms, Lung Function, and nasal cellularity in Indonesian wood workers : a dose-response analysis*. Occupational Environment Medicene, 2002, 59 :338-344
10. Seksi Hiperkes. *Laporan Hasil Kegiatan Pemantauan Lingkungan Pada PT. Semen Tonasa*. Sulawesi Selatan, 2005
11. Rumah Sakit PT.Semen Tonasa. *Laporan Hasil Pemeriksaan Kesehatan*. Sulawesi Selatan, 2005.
12. Wardhana , W.A., *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi.Yogyakarta, 2001.
13. Wahyu.A. *Higiene Perusahaan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanundin. Makassar, 2004.
14. Tabrani.R.H. *Prinsip Gawat Paru*. Buku Kedokteran ECG. Jakarta,1996.

15. Price.S.A,Wilson.L.W. *Patofisiologi Konsep Proses-Proses Penyakit*. Bagian 2 edisi 4. Buku Kedokteran EGC. Jakarta, 1995.
16. Anderson.S, Wilson.L.M. *Pathophysiology Clinical Concepts of Disease Processes*(terj Adji Dharma). Bagian 1 edisi 2 cetakan VII. Buku Kedokteran EGC.Jakarta,1989, p:515-521.
17. Mukono.J. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Airlangga University Press. Jakarta,1997.
18. Rahajoe.N, Boediman.I, Said.M, Wirjodiarjo.M, Supriyatno.B. *Perkembangan dan Masalah Pulmonology Anak Saat Ini*. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta,1994.
19. Guyton.A.C.*Text Book of Medical Physiology*,4th ed,W.B.Sauders Company. Toronto,1995.
20. Ganong.W.F. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi 17 cetakan I. Buku Kedokteran EGC, 1999
21. Amin.M. *Penyakit Paru Obstruksif Kronik*. Laboratorium-SMF Penyakit Paru. Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga-RSUD DR. Sutomo,2000.
22. Suma'mur.P.K. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*.CV. Haji Masagung.Jakarta,1998.
23. Malaka T. *Evaluasi Bahan Pencemar Lingkungan di Udara*. Jurnal Respirologi Indonesia Volume 16,1996:32-127.
24. Thomas.W.H. *Respiratory System in N.K. Motted (eds) and Pathology*. Oxford University Press, 1985.
25. World Health Organization. *Early Detection of Occupational Disease*, 1986
26. Giano. *Drug Education*,2nd ed. Addison Wesley Publ Co, 1995.
27. Lubis.I. *Pengaruh Lingkungan Terhadap Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)*. Cermin Unit Kedokteran, 1991;70:15-17.
28. Mengesha.Y.A, Bekele. *A Relative Chronic Effects of Different Occupatioanal dust on Respirator Indeces and Health Of Workers in Three Ethopian Factories*. In Jour Ind Med,1998;34:373-380.
29. Dhaise, Abu.B.A, Rabi.A.Z, Zwary. *Pulmonary Manifestation in Cement Workers in Jordan*. Int Jour Occup Med Environ Health,1997;10:417-428.

30. Almtsier.S. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. PT.Gramedia Pustaka Utama.Jakarta,2000.
31. Karim.F. *Panduan Kesehatan Olahraga Bagi Petugas Kesehatan*.Nov 2002.
<http://www.depkes.go.id/downloads/Panduan%20Kesehatan%20Olahraga.pdf>
32. Giam.C.K, The.K.C. *Ilmu Kedokteran Olahraga*.Binarupa Aksara. Jakarta, 1996.
33. Frans and Prast.J. *Perbaikan Gizi Kerja dalam Upaya Peningkatan Produktifitas Perusahaan Konveksi* . Hiperkes dan Keselamatan Kerja, 1989;XXII(1);25-28.
34. Habsari.N.D. *Penggunaan Alat Pelindung Diri Bagi Tenaga Kerja*. Bunga Rampai Hiperkes dan Keselamatan Kerja. Universitas Diponegoro. Semarang, 2003;2:329-335.
35. Crurg.A.W. *Small Airway Diseases and Mineral Dust Exposure*,In Rev Respir Dis, 1985:43-239
36. Parkes.W.R. *Occupational Lung Disorders*. London Butterworth, 1982.
37. Murti.B. *Prinsip Dan Metode Riset Epidemiologi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2002
38. Lemeshow.S, Hosmer.D.W, Klar.J. *Adequacy of Sample Size In Health Studies* (terj Dibyو Pramono), Cetakan I. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1997
39. Supaeriasa.I D.N, Bakri.B, Fajar.I. *Penilaian Status Gizi*, Cetakan I. Buku Kedokteran ECG, Jakarta, 2002.
40. Sastroasmoro.S, Ismael.S. *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis*. C.V Sagung Seto, Jakarta, 2002.
41. Santoso.S, *Mengolah Data Statistik Secara Profesional*. PT.Gramedia, Jakarta, 2000.

**GANGGUAN FUNGSI PARU DAN FAKTOR-FAKTOR
YANG MEMPENGARUHINYA PADA KARYAWAN
PT. SEMEN TONASA PANGKEP
SULAWESI SELATAN**



**Tesis
Untuk memenuhi sebagian Persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-2**

**Magister Kesehatan Lingkungan
Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Industri**

**DORCE MENKIDI
E4B004071**

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2006**