

616. 211
SET
h e1

**HUBUNGAN KADAR TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)
DENGAN FUNGSI PARU DI LINGKUNGAN INDUSTRI SEMEN
(STUDI PADA SEMEN CIBINONG PABRIK CILACAP)**

TESIS

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat S2**

**Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat
Konsentrasi Kesehatan Lingkungan**



Diajukan Oleh :

**Ady Setiawan
NIM. E4A000001**

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2002**

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

**Hubungan Kadar Total Suspended Particulate (TSP) dengan Fungsi Paru
di Lingkungan Industri Semen (Study Pada Semen
Cibinong Pabrik Cilacap)**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

**Ady Setiawan
E4A00001**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 1 Juli 2002 dan dinyatakan
telah memenuhi syarat untuk di terima.**

Pembimbing I



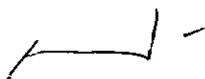
**dr. Onv Setiani, PhD
NIP. 131 958 807**

Pembimbing II



**Nurijazuli, SKM. MKes
NIP. 132 139 521**

Penguji



**dr. Ari Suwondo, MPH
NIP. 131 610 342**

Penguji



**dr. Lutfi Santoso, MSc. DTM&H
NIP. 131 281 552**

Semarang, Juli 2002

Universitas Diponegoro

Program Pasca Sarjana

Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat

Ketua Program,



**dr. Sudiro, MPH, DR (PH)
NIP. 131 252 965**

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

N a m a : Ady Setiawan
Tempat dan Tanggal Lahir : Cilacap, 6 Desember 1970
Agama : Islam
Riwayat Pendidikan :

1. Tamat Sekolah Dasar, tahun 1983
2. Tamat Sekolah Menengah Pertama, tahun 1986
3. Tamat Sekolah Menengah Atas, tahun 1999
4. Tamat Akademi Penilik Kesehatan Yogyakarta, tahun 1993
5. Tamat Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Padang, tahun 1999
6. Program Pasca Sarjana, Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Konsentrasi Kesehatan Lingkungan, tahun 2000-sekarang

Riwayat Pekerjaan :

1. Staf Pengajar Sekolah Pembantu Penilik Hygiene (SPPH) Depkes Jambi, tahun 1994-2000
2. Staf Pengajar Sekolah Menengah Farmasi (SMF) Pemda Jambi, tahun 1997-1999
3. Staf Pengajar Akademi Kesehatan Lingkungan Depkes Jambi, tahun 1994-sekarang

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul : “Hubungan Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan Fungsi Paru di Lingkungan Industri Semen (Studi Pada Semen Cibinong Pabrik Cilacap) “, guna memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S2 pada Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat, Konsentrasi Kesehatan Lingkungan, Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan tesis ini antara lain :

1. Prof. DR. dr Soeharyo, SPD(K) selaku Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
2. dr. Onny Setiani, PhD, selaku pembimbing I
3. Nurjazuli, SKM, MKes, selaku pembimbing II.
4. dr. Ludfi Santoso, MSc, DTM&H, selaku penguji.
5. dr. Ari Suwondo, MPH, selaku penguji
6. Sugiyono, BE, SE, selaku pimpinan P.T. Semen Cibinong, Pabrik Cilacap.
7. Ir. Edy Sarwono dan staf Departemen LK3 yang telah banyak memberikan informasi tentang pengukuran kualitas udara di lingkungan P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap.
8. Staf Departemen Sumber Daya Manusia, khususnya pada Poliklinik P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap
9. Istri dan anak-anakku tercinta yang banyak memberikan kekuatan moril dan
10. Kawan-kawan senasib dan seperjuangan serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, mudah-mudahan segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Beranjak dari pepatah tiada gading yang tak retak, demikian juga dengan tesis ini yang mungkin masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu segala macam kritik, dan saran yang bersifat konstruktif akan penulis terima dengan senang hati.

Semarang, Juni 2002
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman judul	i
Halaman persetujuan	ii
Daftar Riwayat Hidup.....	iii
Kata pengantar	iv
Daftar isi	v
Daftar tabel	vii
Daftar gambar	x
Daftar lampiran.....	xi
BAB.I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Perumusan masalah	5
C. Tujuan penelitian	5
D. Manfaat penelitan	6
BAB.II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Evaluasi bahan pencemar udara di lingkungan kerja	7
B. Mekanisme penimbunan debu dalam jaringan paru	9
C. Deteksi dini kelainan paru akibat kerja	13
D. Efek debu terhadap kesehatan	18
E. Proses industri semen.....	21
F. Kerangka Teoritis	32
G. Hipotesis	33

BAB.III MATERI DAN METODE

A. Jenis penelitian	34
B. Tempat dan waktu penelitian	35
C. Populasi dan sampel	35
D. Hubungan antar variabel dan definisi operasional	36
E. Instrumen penelitian	39
F. Cara pengumpulan data	42
G. Pengolahan dan analisis data	43

BAB.IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian	47
B. Pembahasan	77

BAB. V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan	86
B. Saran	87

BAB.VI RINGKASAN	88
------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel.2.1.Spesifikasi Kimia Semen Portland	21
Tabel.2.2.Komposisi Senyawa Potensial Contoh Semen	22
Tabel.2.3.Jenis Bahan, Jumlah Kebutuhan dan Sumber Bahan pada Proses Pembuatan Semen di P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap	23
Tabel.3.1.Definisi Operasional Variabel	37
Tabel.3.2.Cara Pengambilan Data	42
Tabel.4.1.Distribusi Responden Menurut Umur Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	47
Tabel.4.2.Distribusi Responden Menurut Masa Kerja Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	48
Tabel.4.3.Distribusi Responden Menurut Departemen Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.	49
Tabel.4.4.Distribusi Responden Menurut Masa Kerja pada Departemen di P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	49
Tabel.4.5.Distribusi Responden Menurut Area Kerja Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap , Tahun 2001.....	51
Tabel.4.6.Distribusi Responden Menurut Jam Kerja Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	52
Tabel.4.7.Distribusi Responden Menurut Area Kerja di Departemen Terdahulu Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap	54
Tabel.4.8.Distribusi Responden Menurut Masa Kerja di Departemen Terdahulu Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	55
Tabel.4.9.Distribusi Responden Menurut Jam Kerja di Departemen Terdahulu Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	56
Tabel.4.10.Distribusi Responden Menurut Usia Saat Mulai Merokok Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	57
Tabel.4.11.Distribusi Responden Merokok Menurut Jumlah Rokok Yang di-Hisap Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	58

Tabel.4.12.Distribusi Responden Merokok Menurut Jenis Rokok Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap , Tahun 2001	58
Tabel.4.13.Distribusi Usia Responden Saat Berhenti Merokok Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	59
Tabel.4.14.Distribusi Responden Yang Pernah Merokok Menurut Jumlah Rokok Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	59
Tabel.4.15.Distribusi Responden Yang Pernah Merokok Menurut Jenis Rokok Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	60
Tabel.4.16.Distribusi Responden Menurut Riwayat Penyakit Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	60
Tabel.4.17.Distribusi Sebab Gangguan di Lingkungan Kerja Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	61
Tabel.4.18.Distribusi Jenis Alat Pelindung Diri (APD)Yang Digunakan Responden Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	61
Tabel.4.19.Distribusi Responden Menurut Alasan Tidak Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap Tahun 2001	62
Tabel.4.20.Distribusi Interpretasi Hasil Pengukuran Fungsi Paru Responden Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	62
Tabel.4.21.Distribusi Hasil Pengukuran Total Suspended Particulate (TSP) di Lingkungan Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	63
Tabel.4.22.Distribusi Umur Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	64
Tabel.4.23.Distribusi Masa Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	65
Tabel.4.24.Distribusi Masa Kerja Responden di Departemen Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	66
Tabel.4.25.Distribusi Departemen Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	67

Tabel.4.26.Distribusi Area Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	68
Tabel.4.27.Distribusi Jam Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	69
Tabel.4.28.Distribusi Jabatan Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	70
Tabel.4.29.Distribusi Riwayat Merokok Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	70
Tabel.4.30.Distribusi Responden Merokok Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	71
Tabel.4.31.Distribusi Jumlah Rokok Dihilasap Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	72
Tabel.4.32.Distribusi Jenis Penyakit Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	73
Tabel.4.33.Distribusi Gangguan Kenyamanan Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	73
Tabel.4.34.Distribusi Sebab Gangguan Kenyamanan Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	74
Tabel.4.35. Hasil Pengujian Korelasi Parsial Antara Kadar Total Suspended Particulate (TSP) dengan Fungsi Paru Karyawan P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	75
Tabel.4.36.Distribusi Kadar Total Suspended Particulate (TSP) Menurut Fungsi Paru Responden Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Anatomi Saluran Pernapasan	11
Gambar 2.2. Prosedur Diagnostik Penyakit Pernapasan	17
Gambar 2.3. Skema Proses Pembuatan Semen	24
Gambar 2.4. Skema Proses Pembuatan Clinker	24
Gambar 2.5. Skema Proses Pembuatan Semen Portland Type I (OPC).....	24
Gambar 2.6. Skema Proses Pembuatan Semen Portland Pozoland (PPC).....	25
Gambar 2.7. Skema Kerangka Teoritis	32
Gambar 3.1. Skema Rancangan Studi Crossectional	34
Gambar 3.2. Pola Hubungan Antar Variabel	36
Gambar 4.1 Distribusi Tingkat Pendidikan Responden Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	47
Gambar 4.2 Distribusi Responden Menurut Jabatan Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	50
Gambar 4.3 Distribusi Responden Menurut Area Kerja Responden Pada Depertemen Terdahulu Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001...	53
Gambar 4.4 Distribusi Responden Menurut Jabatan di Departemen Terdahulu Pada Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	55
Gambar 4.5 Distribusi Responden Menurut Riwayat Merokok Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

1. Time Schedule Penelitian
2. Kuesioner Penelitian
3. Flow Chart Proses Pembuatan Semen
4. Site Plant P.T. Semen Cibinong, Pabrik Cilacap
5. Peta lokasi Pengambilan Sampel *Total Suspended Particulate* (TSP)
6. Hasil Pengukuran *Total Suspended Particulate* (TSP) di Lingkungan Industri Semen Cibinong, Pabrik Cilacap Selama Periode Tahun 2001
7. Hasil Pengukuran Fungsi Paru Responden Tahun 2001 Dengan Menggunakan Spirometer HI-500
8. Perhitungan Uji Normalitas *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test* dan *Partial Correlations*
9. Perhitungan *Independent Sample t Test*
10. Perijinan

ABSTRACT

Setiawan. A

The Relationship of Total Suspended Particulate (TSP) Concentration with Lung Function on Cement Industry Area (Study at Cilacap Factory Cibinong Cement)

xii, 94 pages, 36 tables, 14 figures , 10 enclosures

Employees as well as community that live near cement industry are exposed to cement dust. It includes raw material, process or end of product that influence the occurrence of dysfunction lung.

The objectives of this research are to explain the relationship of TSP concentration with lung function on Cilacap factory Cibinong cement industry area and to ascertain prevalence ratio of high and low TSP exposure that occur among employees lung dysfunction. This study is limited on TSP parameter and lung function as FVC, FEV1, Ratio FEV1/FVC.

Sample procedure from population of 704 employees at Cilacap factory Cibinong cement, were taken using simple random sampling technique to obtain 234 samples. The sample criteria is medically checked up employees on November 2001. Analysis in this study is to find the the relationship of TSP concentration with lung function on Cilacap factory Cibinong cement industry area using partial correlation.

Research results show that the occupational history (work area, work period, time of work) and attributable factor (age, smoke habitué) are related to lung dysfunction. Correlation partial test show that there is negative relationship of TSP concentration with lung function (% FVC, % FEV1, FEV1/FVC). Independent sample t test (Equal Varian's Assumed) shows that prediction percentage averages of FVC and FEV1 on low TSP concentration are different with prediction percentage averages of FVC and FEV1 on high TSP concentration. Ratio prevalence of high and low TSP concentration at Cilacap factory Cibinong cement that occur among employees lung dysfunction is 1,12. It means that TSP exposure on Cilacap factory Cibinong cement industry area is risk factor to occur employees lung disfunction.

References : 44

Years : 1981 – 2001

Key words : Total Suspended Particulate (TSP), Forced Vital Capacity (FVC), Forced Expiratory Volume in 1 second (FEV1), FEV1/FVC, Cement Industry, Cilacap, 2002.

ABSTRAK

Ady Setiawan

Hubungan Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan Fungsi Paru di Lingkungan Industri Semen (Studi Pada Semen Cibinong Pabrik Cilacap)

xii, 93 halaman, 36 tabel, 14 gambar, 10 lampiran

Pekerja dan masyarakat disekitar industri semen dapat terpapar oleh debu baik karena bahan baku, bahan antara atau produk akhir sehingga dapat berpengaruh terhadap timbulnya gangguan fungsi paru.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hubungan kadar TSP dengan fungsi paru di lingkungan industri semen Cibinong pabrik Cilacap dan menghitung besarnya rasio prevalensi pada paparan TSP tinggi dan rendah terhadap terjadinya gangguan fungsi paru karyawan. Studi ini terbatas pada parameter TSP dan gangguan fungsi paru dengan parameter FVC, FEV1, dan rasio FEV1/FVC.

Penelitian ini merupakan survei analitik melalui pendekatan *cross sectional*, dengan populasi karyawan P.T. Semen Cibinong, Pabrik Cilacap yang melakukan *medical chek up* pada bulan November 2001 dengan jumlah 704 orang. Pengambilan sampel menggunakan teknik *simple random sampling*, dengan besar sampel 234 orang. Pengolahan data menggunakan program *Statistical Product and Sevice Solutions* (SPSS) versi 9.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa riwayat pekerjaan (area kerja, masa kerja, lama jam kerja) dan faktor penyerta (umur, kebiasaan merokok) merupakan hal-hal yang berhubungan dengan terjadinya gangguan fungsi paru. Penyakit-penyakit pernapasan akan mempengaruhi dan menyebabkan gangguan ventilasi yang mempengaruhi hasil uji spirometri.

Hasil pengujian korelasi parsial menunjukkan bahwa ada hubungan negatif antara kadar TSP dengan fungsi paru (% FVC, %FEV1, FEV1/FVC). Pengujian dengan *Independent Sample t Test (Equal Varians Assumsed)* dapat diketahui bahwa rata-rata nilai persen prediksi FVC dan FEV1 pada kadar TSP rendah berbeda dengan rata-rata nilai persen prediksi FVC dan FEV1 pada kadar TSP tinggi. Besarnya rasio prevalensi pada paparan TSP tinggi dan rendah di lingkungan industri semen Cibinong, pabrik Cilacap terhadap terjadinya gangguan fungsi paru karyawan adalah 1,12 berarti bahwa paparan TSP pada lingkungan industri semen Cibinong, pabrik Cilacap merupakan faktor resiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.

Daftar bacaan : 44 buah

Tahun : 1981 – 2001

Kata kunci : *Total Suspended Particulate* (TSP), *Forced Vital Capacity* (FVC), *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1), FEV1/FVC, Industri Semen, Cilacap, 2002.

BAB. I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Kemajuan dalam bidang industri di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan ini memberikan berbagai dampak positif yaitu terbukanya lapangan kerja, membaiknya sarana transportasi dan komunikasi serta meningkatnya taraf sosial ekonomi masyarakat. Suatu kenyataan yang perlu disadari bahwa perkembangan kegiatan industri secara umum juga merupakan sektor yang sangat potensial sebagai sumber pencemaran yang akan merugikan bagi kesehatan dan lingkungan (Assegaf,1993).

Salah satu industri yang pertumbuhannya cukup tinggi adalah industri semen, yang diawali dengan berdirinya pabrik semen pertama di Indonesia yaitu semen Padang pada tahun 1911, dengan kapasitas produksi 78,5 ton per hari, disusul pabrik semen Gresik tahun 1955 (Suyanto,1995). Pada tahun 1998 telah berdiri 10 buah pabrik semen yang tersebar di berbagai wilayah Nusantara, dengan kapasitas produksi total mencapai 27 juta ton pertahun (BPS,1998).

Sifat dari produksi semen adalah membutuhkan energi dan penggunaan bahan baku alami yang besar, seperti : batu kapur (*limestone*), tanah liat (*clay and shale*), pasir silika (*silica sand*), gipsum dan pasir besi (Hadi,1989). Eksploitasi sumber daya alam ini berpotensi dalam terjadinya kerusakan lingkungan yang sangat besar, disamping itu melalui proses fisik dan kimia dalam pengolahan bahan baku cenderung menghasilkan polusi seperti : partikel, gas karbon monoksida (CO), gas karbon dioksida (CO₂), gas belerang oksida (SO₂) dan uap air. Sesuai dengan jenis

produksinya, maka industri semen tidak dapat lepas dari masalah polusi yang timbul terutama pada lingkungan yaitu polusi udara

Salah satu dampak negatif dari industri semen adalah timbulnya pencemaran udara oleh debu yang timbul pada proses pengolahan atau hasil industri tersebut. Debu ini akan mencemari daerah industri dan lingkungannya, sehingga pekerja maupun masyarakat di sekitar industri dapat terpapar oleh debu baik karena bahan baku, bahan antara ataupun produk akhir. Bahan pencemar tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan manusia.

Efek bahan pencemar terhadap lingkungan antara lain pada kondisi fisik, ekonomi, vegetasi, kehidupan binatang dan estetika (Michael,1992). Efek lainnya yaitu terhadap kesehatan manusia secara umum, yang dapat berupa : sakit (kronis dan akut), terganggunya fungsi fisiologis (syaraf, paru, transport, kemampuan sensorik), iritasi sensorik , serta penimbunan bahan berbahaya bagi tubuh. Efek pada saluran pernafasan adalah iritasi saluran pernafasan, peningkatan produksi lendir, penyempitan saluran pernafasan, lepasnya silia dan lapisan sel selaput lendir, serta kesulitan bernafas (Mukono,2000).

Faktor lingkungan kerja diartikan sebagai potensi sumber bahaya yang kemungkinan terjadi di lingkungan kerja akibat adanya suatu proses kerja (Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor: SE-01/Men/1997). Kondisi kualitas udara lingkungan kerja dapat ikut berperan dalam hal kesehatan kerja. Pada industri semen, paparan debu dapat menimbulkan berbagai penyakit akibat kerja yang mengakibatkan gangguan fungsi paru dan kecacatan (WHO,1986). Hal itu sejalan dengan yang dikemukakan oleh Mukono (2000), bahwa tempat penyerapan utama bagi toksikan adalah saluran pencernaan, paru dan kulit, dimana pada absorpsi toksikan di paru biasanya berupa gas dan partikel. Gangguan kesehatan yang terjadi, bagi karyawan

industri akan mengakibatkan terganggunya produksi dan pembengkakan biaya pengobatan, sehingga akan membebani perusahaan yang bersangkutan. Oleh karena itu diperlukan kondisi keseimbangan yang optimal antara produktivitas dan kesehatan kerja (Amin,1995).

Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran nafas akibat debu (Yunus,1997). Faktor tersebut adalah faktor debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, serta lama paparan. 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, pola aktivitas sehari-hari dan faktor penyerta yang potensial seperti umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, faktor allergen (Epler G.R,2000).

Penyakit paru akibat debu industri mempunyai gejala dan tanda yang mirip dengan penyakit paru lain yang tidak disebabkan oleh debu di tempat kerja. Penegakkan diagnosis perlu dilakukan anamnesa yang teliti meliputi riwayat pekerjaan dan hal-hal yang berhubungan dengan pekerja, karena penyakit biasanya baru timbul setelah paparan yang cukup lama (Yunus,1997). Pemeriksaan faal paru sebagai sarana membantu diagnosis dini paru tidak dapat ditinggalkan (Soekarman,1978). Faal paru seseorang banyak dipengaruhi oleh postur tubuh, etnis/suku bangsa, nutrisi dan lingkungan dimana orang tersebut bertempat tinggal (Amin,1983).

Berbagai penelitian yang telah dilakukan berhubungan dengan fungsi paru, dilaporkan bahwa pada penambangan pasir dan pemecah batu kelainan paru dapat terjadi setelah tepapar 1-3 tahun, pada industri keramik gejala klinik umumnya timbul setelah 5 tahun. Pada industri semen diketahui bahwa penurunan fungsi paru telah

terjadi setelah 4 tahun dari pemeriksaan awal dan terdapat hubungan kausal antara paparan debu semen dengan penurunan fungsi paru (Amin,1995).

Berdasarkan hasil survey pendahuluan pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, dengan mengolah data kualitas udara lingkungan kerja pada tahun 2000, diketahui bahwa hasil pengukuran kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) pada 15 titik lokasi pemeriksaan didapatkan hasil yang bervariasi dan ditemukan untuk beberapa titik nilainya sama dengan atau bahkan melebihi nilai ambang batas (NAB). Rata-rata tertinggi (4 kali pemeriksaan selama periode 1 tahun) sebesar $7,97 \text{ mg/m}^3$ pada lokasi Cement Mill CP 1 dan yang terendah sebesar $0,07 \text{ mg/m}^3$ pada lokasi Raw Feed Bin. Hasil tersebut (nilai rata-rata) masih dibawah standar jika dibandingkan dengan nilai ambang batas yang dikeluarkan oleh Menteri Tenaga Kerja Nomor : SE-01/Men/1997 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja sebesar 10 mg/m^3 .

Hasil pemeriksaan faal paru yang dilakukan oleh Departemen Sumber Daya Manusia (SDM) bekerjasama dengan tim medis P.T. Semen Cibinong Narogong, diketahui bahwa sebesar 65,6 % pekerja mempunyai fungsi paru normal dan selebihnya sebesar 34,4 % telah mengalami gangguan fungsi paru. Berdasarkan laporan pola penyakit dari Poliklinik P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap periode tahun 2000 untuk 5 penyakit terbesar dapat diketahui bahwa penyakit saluran pernafasan menempati peringkat pertama (44 %), yang diikuti oleh penyakit otot dan rangka (21,6%), penyakit saluran pencernaan (8,7 %), penyakit kulit dan jaringan bawah kulit (7,5%) serta terakhir adalah penyakit gigi dan rongga mulut (6,2 %).

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di depan, secara kualitatif dapat diketahui adanya bahan-bahan kimia yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan. Gangguan kesehatan tersebut dapat diindikasikan dari hasil pemeriksaan fungsi paru,

dengan hasil 34,4 % karyawan P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap telah mengalami gangguan fungsi paru dan pola penyakit yang tertinggi yaitu saluran pernafasan (44 %) Atas dasar itulah peneliti merasa tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul : “Hubungan Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan Fungsi Paru di Lingkungan Industri Semen (Studi pada Semen Cibinong Pabrik Cilacap) “.

B. Perumusan masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di depan dapat diketahui bahwa pada beberapa hasil pemeriksaan kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) di lingkungan industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap bervariasi dan ditemukan sebanyak 34,4 % karyawan telah mengalami gangguan fungsi paru serta tingginya pola penyakit saluran pernafasan (44 %). Untuk dapat menjelaskan adanya fenomena tersebut di atas maka dapat disusun pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Adakah hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap ?
2. Berapakah besarnya rasio prevalensi pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi dan paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah di lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap terhadap terjadinya gangguan fungsi paru karyawan?

C. Tujuan penelitian

1. Tujuan umum

Menjelaskan hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan industri semen.

2. Tujuan khusus

- a. Mengukur kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) pada lingkungan industri semen Cibinong pabrik Cilacap.
- b. Mengukur fungsi paru karyawan yang berada di sekitar titik lokasi pemeriksaan *Total Suspended Particulate* (TSP).
- c. Menganalisis hubungan kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) di lingkungan industri Semen Cibinong, Pabrik Cilacap terhadap fungsi paru.
- d. Menentukan rasio prevalensi paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi dan paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah terhadap terjadinya gangguan fungsi paru karyawan di lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap.

D. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi :

1. Pihak Manajemen P.T. Semen Cibinong, Pabrik Cilacap

Sebagai bahan masukan dalam melakukan upaya pengendalian lingkungan, keselamatan dan kesehatan kerja karyawan.

2. Karyawan P.T. Semen Cibinong, Pabrik Cilacap

Sebagai informasi tentang sumber resiko bahaya di tempat kerja, terutama yang berhubungan dengan paparan debu di lingkungan kerja.

3. Ilmu Pengetahuan

Sebagai tambahan informasi tentang hubungan kadar *Total Suspended Particulate* dengan fungsi paru karyawan pada industri semen..

BAB. II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Evaluasi bahan pencemar udara di lingkungan kerja

Kegiatan program kesehatan kerja dilakukan dalam tiga tahap yaitu: tahap pengenalan lingkungan kerja, tahap penilaian lingkungan kerja dan tahap evaluasi lingkungan kerja yang selanjutnya akan dilakukan upaya kontrol atau pengendalian (Sumakmur,1994, Malaka,1997, Sudrajat,1998). Evaluasi terhadap ancaman kesehatan (*health hazard evaluation*) dari berbagai potensi bahaya baik yang bersifat kimia-fisik, biologik, maupun psikososial, merupakan kegiatan tahap awal yang penting dalam melaksanakan program kesehatan kerja. Bidang kimia-fisik, menyangkut terutama berbagai bahan pencemar, sehingga tenaga kerja atau masyarakat yang berada di sekitarnya dapat terpapar dalam pekerjaannya sehari-hari baik secara akut maupun kronik, yang pada akhirnya dapat memberikan pengaruh buruk terhadap kesehatan pernafasan. Salah satu bahan pencemar yang dapat memberikan pengaruh buruk tersebut adalah debu.

Debu merupakan suatu partikel yang dihasilkan oleh proses mekanis, seperti penghancuran batu dalam proses penambangan dan penggilingan batu, pengeboran dan peledakan suatu penambangan batu bara, timah putih, proses menggerinda besi, dan proses sandblasting pada pabrik besi dan baja.

Secara fisik, pencemar udara dapat digolongkan menjadi dua, yaitu golongan gas dan vapour, serta aerosol. Debu (*particulate*) termasuk kategori aerosol yang kemudian dibagi lagi menjadi dua, yaitu padat (*solid*) dan cair (*liquid*). Debu yang

tediri atas partikel padat dapat dibedakan lagi menjadi tiga macam, yaitu *dust*, *fumes*, dan *smoke*. Pendapat lain menyatakan bahwa, debu industri yang terdapat di udara dibagi menjadi dua, yaitu *Deposit Particulate Matter* dan *Suspended Particulate Matter*. *Deposit Particulate Matter* adalah debu yang hanya berada sementara di udara, partikel ini akan segera mengendap karena gaya tarik bumi. Sedangkan *Suspended Particulate Matter* adalah debu yang berada di udara dan tidak mudah mengendap (Yunus,1997).

Pabrik semen dalam proses produksinya banyak menghasilkan bahan pencemar debu, sehingga dalam melakukan evaluasi perlu memperhatikan komposisi kimiawi, ukuran aerodinamik dan kadar dari debu tersebut karena berhubungan dengan deposit debu di dalam saluran nafas serta nilai ambang batas yang berlaku (Malaka,1997). Nilai ambang batas tersebut berdasarkan pada Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor: SE-01/Men/1997 tentang Penilaian Faktor Kimia Udara Lingkungan Kerja.

Komposisi kimiawi debu semen dapat diketahui berdasarkan informasi dari pihak produsen serta hasil studi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) yang ada. Penentuan kadar dan ukuran partikel dilakukan melalui pengumpulan contoh debu dengan menggunakan metode *settling chamber* kemudian diperiksa ukuran partikelnya, pada pemeriksaan berat dengan teknik gravimetrik yang kemudian ditetapkan dalam unit ppm (*part permillion*) atau bds (bagian dalam sejuta) atau mg/m^3 atau mppf (*million particle per cubic feet*). Metode pengumpulan sampel yang lain dengan : *centrifugal device*, *impingers* dan *impactor*, *scrubbers*, *filters*, *electrostatic precipitator*, dan *thermal precipitator*, serta *cyclone* sehingga dapat

dikumpulkan debu yang kemudian dapat dievaluasi berat dan kadarnya (SE-01/Men/1997).

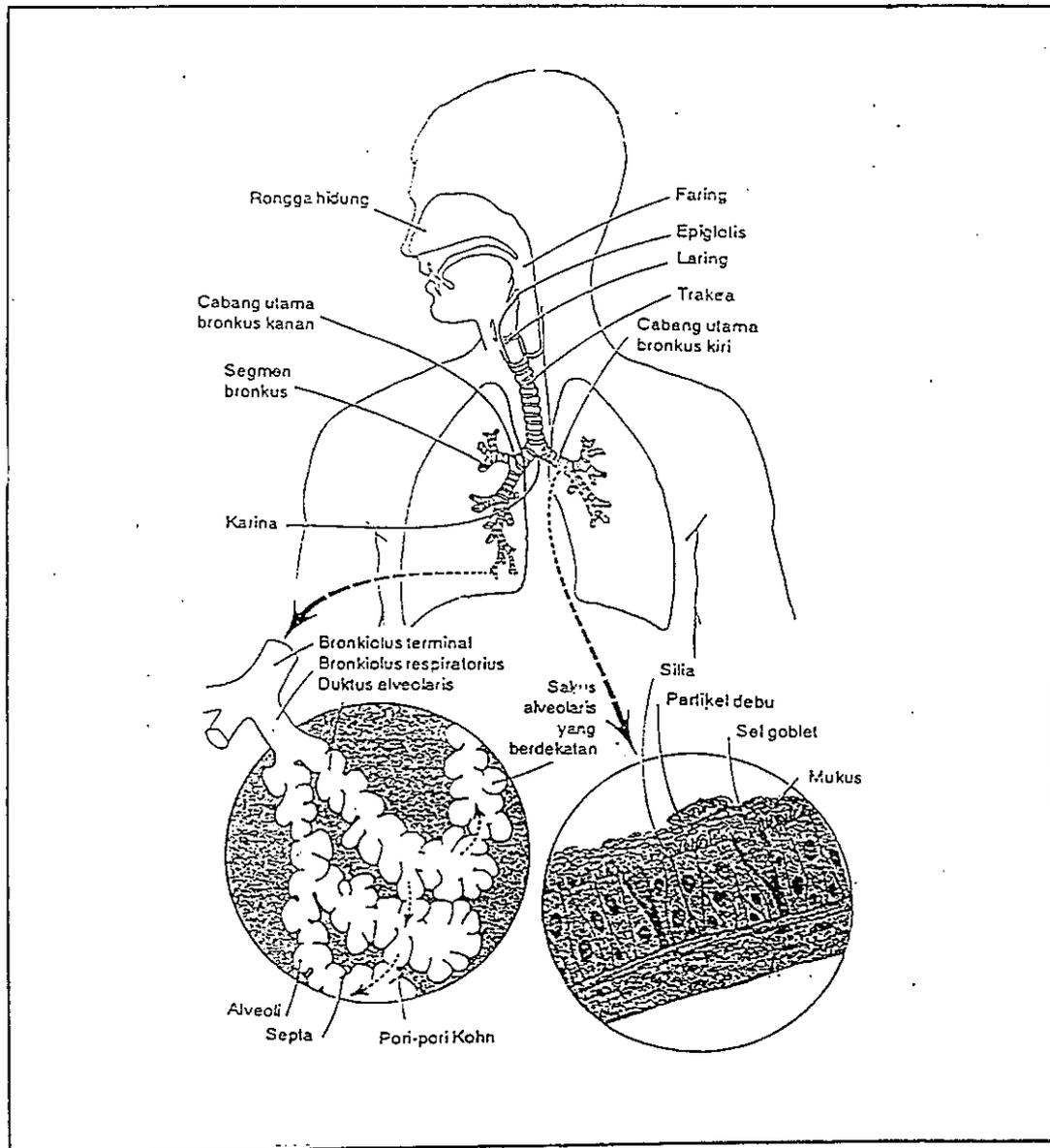
B. Mekanisme penimbunan debu dalam jaringan paru

Faktor yang dapat berpengaruh pada inhalasi bahan pencemar ke dalam paru adalah faktor komponen fisik, faktor komponen kimiawi dan faktor penderita itu sendiri (Amin,1996). Aspek komponen fisik yang pertama adalah keadaan dari bahan yang diinhalasi (gas, debu, uap). Ukuran dan bentuk akan berpengaruh dalam proses penimbunan di paru, demikian pula kelarutan dan nilai higroskopisnya. Komponen kimia yang berpengaruh antara lain kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan disekitarnya, keasaman atau tingkat alkalinitas (dapat merusak silia dan sistem enzim). Bahan-bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas di paru dan dapat bersifat antigen yang masuk paru. Faktor manusia sangat perlu diperhatikan terutama yang berkaitan dengan sistem pertahanan paru, baik secara anatomis maupun fisiologis, lamanya paparan dan kerentanan individu.

Secara anatomis saluran pernafasan/ penghantar udara hingga mencapai paru-paru adalah: hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus. Saluran pernafasan 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 dilapisi oleh lapisan mukus yang disekresi oleh sel goblet dan kelenjar serosa. Partikel debu yang kasar dapat disaring oleh rambut-rambut yang terdapat dalam lubang hidung, sedangkan partikel yang halus akan terjerat dalam

lapisan mukus. Gerakan silia mendorong lapisan mukus ke posterior di dalam rongga hidung, dan ke superior didalam sistem pernapasan bagian bawah menuju faring, dari sini lapisan mukus akan tertelan atau dibatukkan keluar. Udara mengalir dari faring menuju laring yang di dalamnya terdapat glotis sebagai pemisah antara saluran pernapasan bagian atas dan bawah. Jika benda asing mampu melampaui glotis, maka laring yang mempunyai fungsi batuk akan membantu menghalau benda dan sekret keluar dari saluran pernapasan bagian bawah. Struktur trakea dan bronkus dianalogkan dengan sebuah pohon oleh karena itu dinamakan pohon trakeabronkial. Tempat dimana trakea bercabang menjadi bronkus utama kiri dan kanan dikenal sebagai karina, yang memiliki banyak syaraf dan dapat meyebabkan bronkopasme serta batuk yang kuat jika dirangsang. Cabang utama bronkus kiri dan kanan bercabang lagi menjadi bronkus lobaris dan bronkus segmentalis. Percabangan ini berjalan terus menjadi bronkus yang ukurannya semakin kecil sampai akhirnya menjadi bronkiolus terminalis, yaitu saluran udara yang terkecil yang tidak mengandung alveoli (kantong udara). Setelah bronkiolus terdapat asinus yang merupakan unit fungsional paru-paru, yaitu tempat pertukaran gas. Asinus terdiri dari bronkiolus respiratorius, duktus alveolaris, dan sakus alveolaris terminalis.

Gambar anatomi saluran pernapasan tampak seperti di bawah ini :



Gambar.2.1 Anatomi Saluran Pernapasan

Sumber: Anderson.P.S, Mc.Carty.W.L.Clinical Concept of Disease Processes.
Edisi 4. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 1995. h. 646

Reaksi-reaksi yang timbul akibat debu yang terinhalasi pada jaringan paru tergantung beberapa hal antara lain: sifat alamiah kimia debu, ukuran debu, distribusi

partikel yang terinhalasi, kadar partikel debu, lamanya paparan, kerentanan individu, dan pembersihan partikel debu (WHO,1996, Aditama,1992, Aditama,1999).

Mekanisme penimbunan debu dalam paru dapat dijelaskan sebagai berikut: debu diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap, debu yang berukuran antara 5-10 mikron akan ditahan oleh saluran nafas atas, sedangkan debu yang berukuran 3-5 mikron akan ditahan oleh bagian tengah jalan pernafasan, debu yang berukuran 1-3 mikron disebut debu respirabel, merupakan ukuran yang paling berbahaya, karena akan tertahan dan tertimbun (menempel) mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli dan debu yang berukuran 0,1-1 mikron bergerak keluar masuk alveoli sesuai dengan gerak *Brown* (WHO,1986). 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 pada pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru, yaitu pada dinding alveoli dan jaringan ikat intertestisial. Akibat fibrosis paru akan terjadi penurunan elastisitas jaringan paru (pengerasan jaringan paru) dan menimbulkan gangguan pengembangan paru (Anderson P.S, Mc Carty W.L,1995). Bila pengerasan alveoli 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 .

C. Deteksi dini kelainan paru akibat kerja

1. Riwayat medis, dan pekerjaan serta pemeriksaan fisik

Riwayat penderita sangat penting dalam memperkirakan lingkungan atau pekerjaan sebagai faktor yang menimbulkan paparan pada penderita (Aditama, 1999). Pertanyaan pada pekerjaan-pekerjaan spesifik, termasuk kontaminasi bahan-bahan spesifik, penggunaan alat-alat proteksi pernafasan, besar ventilasi ruangan kerja, jumlah pekerja yang potensial terpapar dan adanya pekerja-pekerja lain yang mempunyai keluhan sama. Perlu juga ditanyakan kemungkinan terkena paparan zat toksik di tempat lain, misalnya mengenai hobi dan lingkungan di rumah. Kontak dalam waktu yang singkat yang potensial juga perlu dipertimbangkan (Aditama, 1992).

Berdasarkan riwayat medis/ pekerjaan dapat pula diperkirakan waktu yang diperlukan antara paparan dan awitan gejala, dengan demikian dapat dinilai beratnya penyakit. Terdapat berbagai modifikasi dari kuesioner *British Medical Research Council (BMRC)* untuk penyakit pernafasan individual akibat kerja. Akan tetapi, demi hasil terbaik kuesioner *British Medical Research Council (BMRC)* tersebut harus dibuat dalam bahasa lokal. Riwayat merokok hendaknya harus dilacak dengan cermat (WHO, 1986). Penyakit-penyakit pernafasan yang diklasifikasikan berdasarkan disfungsi ventilasi antara lain Bronkitis kronik, Emfisema paru, dan Asma serta di luar klasifikasi tersebut adalah Tuberkulosis. Bronkitis kronik merupakan gangguan klinis yang ditandai dengan oleh pembentukan mukus yang berlebihan dalam bronkus dan bermanifestasi sebagai batuk kronik serta pembentukan sputum selama sedikitnya 3 bulan dalam setahun sekurang-kurangnya dalam 2 tahun berturut-turut. Emfisema paru merupakan suatu

perubahan anatomis parenkim paru-paru yang ditandai dengan pembesaran alveolus dan duktus alveolaris serta destruksi dinding alveolar. Asma merupakan suatu penyakit yang dicirikan oleh hipersensivitas cabang-cabang trakeobronkial terhadap pelbagai rangsangan. Keadaan ini bermanifestasi sebagai penyempitan saluran-saluran nafas secara periodik dan reversibel.

Pada pemeriksaan fisik akan didapatkan keluhan iritasi saluran nafas bagian atas seperti: bersin-bersin, iritasi pada mata, hidung, stidor dan gambaran trakeobronkitis. Gejala sistemik dapat berupa mual, muntah, sakit kepala, kadang-kadang demam, pada keadaan berat dapat terjadi *oedem pulmonum* (Aditama, 1992). Cedera yang ditimbulkan oleh agent penyebab umumnya menimbulkan gejala, walaupun gejala yang ditimbulkan tidak spesifik, sehingga perlu ditegaskan bahwa riwayat pekerjaan dan medis serta uji faal paru memberikan penilaian yang lebih akurat mengenai derajat penyakit dan kecacatan bila dibandingkan dengan pemeriksaan fisik (WHO, 1986).

2. Uji Fungsi Paru

Fungsi paru yang utama adalah untuk respirasi yaitu pengambilan oksigen dari udara luar ke dalam saluran nafas dan terus ke dalam darah. Oksigen digunakan untuk proses metabolisme dan karbon dioksida yang terbentuk pada proses tersebut dikeluarkan dari dalam darah ke udara luar. Proses respirasi dibagi atas tiga tahap utama, yaitu: proses ventilasi, yaitu proses keluar masuknya udara ke dalam paru serta keluarnya karbon dioksida dari alveoli ke dalam darah serta keluarnya karbon dioksida dari darah ke alveoli; proses perfusi, yaitu distribusi darah yang telah teroksigenasi di dalam paru untuk dialirkan ke seluruh tubuh.

Pemeriksaan spirometer merupakan pemeriksaan terhadap fungsi ventilasi dengan menggunakan alat spirometer yang mengukur arus udara dalam satuan isi dan waktu. Spirometer yang mencatat nilai ekspirasi lebih umum digunakan. Uji ini paling sederhana dan paling murah serta terbukti dapat diandalkan untuk tujuan epidemiologis dan program skrining. Perlu disadari bahwa uji-uji ini hanya memperlihatkan pengaruh yang ditimbulkan penyakit terhadap fungsi paru-paru dan tidak dapat digunakan untuk mendapatkan diagnosis dasar perubahan patologis. Tetapi beberapa penyakit mempunyai gambaran gangguan fungsi yang khas dan dapat dibedakan antara lain ventilasi obstruktif dan restriktif (Anderson.P.S, Mc Carty.W.L,1995). Uji fungsi paru mempunyai nilai khusus dalam mendiagnosis gangguan bronkus (WHO,1986).

Beberapa jenis spirometer yang dikenal, antara lain: *Water-sealed spirometer*, alat ini terdiri dari alat untuk bernafas, penangkap CO₂ (*soda lime*), alat pencatat spirogram (*chymograph*). Contohnya, alat ini terdiri dari penghisap (piston) di dalam silinder, diantara piston dan silinder terdapat semacam lapisan plastik. Misalnya adalah *spirometer Wedge*, *spirometer piston*, *Bellows spirometri*, terdiri dari alat yang dapat mengembang dan mengempis akibat pernafasan, terbuat dari karet dan plastik. Alat ini dihubungkan dengan pena untuk mencatat pergerakan pada kertas grafik yang berputar dengan kecepatan tetap. Spirometer elektronik mempunyai bentuk lebih kecil, mudah dibawa, dan mudah digunakan serta hasil spirometer langsung tertera setelah pemeriksaan.

Beberapa parameter faal paru, seperti :

a). *Vital Capacity (VC)*

Merupakan volume udara maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi yang maksimal. Ada dua macam kapasitas vital berdasarkan cara pengukurannya, yaitu :

1). *Vital capacity (VC)*

Penderita tidak perlu melakukan aktivitas pernafasan dengan kekuatan penuh. Ada dua macam *VC* berdasarkan fase yang diukur, yaitu :

a). *VC inspirasi* : yang diukur besarnya *VC* hanya pada fase inspirasi

b). *VC ekspirasi* : yang diukur besarnya *VC* pada fase ekspirasi

VC merupakan refleksi dari kemampuan elastisitas jaringan paru, atau kekuatan pergerakan dinding toraks. *VC* yang menurun dapat diartikan adanya kekakuan jaringan paru atau dinding toraks, dengan kata lain *VC* mempunyai korelasi yang baik dengan *compliance* paru atau dinding toraks. Pada kelainan obstruksi yang ringan *VC* hanya mengalami penurunan sedikit atau mungkin normal.

2). *Forced Vital Capacity (FVC)*, pemeriksaan dilakukan dengan kekuatan maksimal.

Pada orang normal tidak ada perbedaan antara *VC* dan *FVC*, sedangkan pada keadaan ada kelainan obstruksi, terdapat perbedaan antara *VC* dan *FVC*.

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

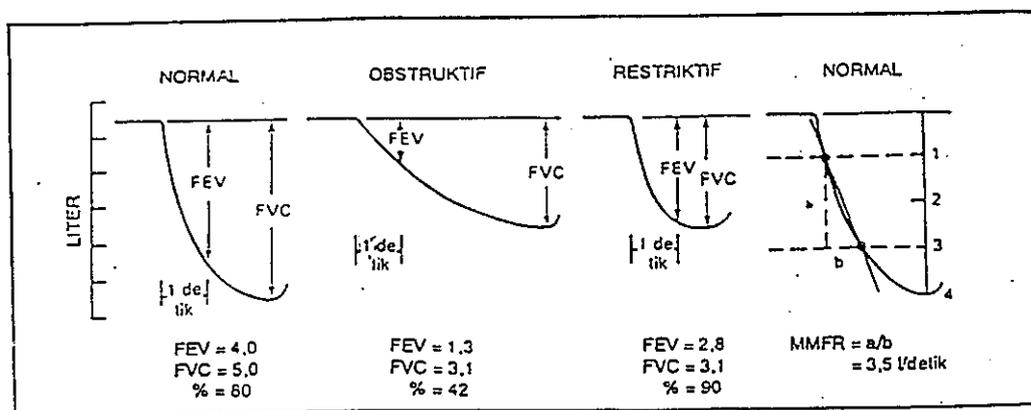
Merupakan besarnya volume udara yang dikeluarkan selama 1 detik pertama. *FEV1* ini merupakan petunjuk yang sangat berharga untuk mengetahui adanya

gangguan kapasitas ventilasi. *FEV1* sebaiknya selalu dihubungkan dengan *FVC* atau *VC*. Lama ekspirasi pada orang normal berkisar 4–5 detik. Pada detik pertama, orang normal dapat mengeluarkan hawa pernafasan sebesar 80 % dari *VC* nya, dinyatakan sebagai rasio *FEV1/FVC*. Rasio ini besar sekali manfaatnya untuk membedakan antara penyakit-penyakit obstruksi saluran nafas dan penyakit-penyakit yang menyebabkan paru-paru tidak mengembang. Fase detik pertama ini dikatakan lebih penting dari sisanya. Interpretasi tidak berdasarkan atas nilai absolutnya akan tetapi perbandingan dengan *FVC*nya. Apabila *FEV1/FVC* kurang dari 75 % berarti abnormal (Assegaf,1993).

c. *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)*

Merupakan flow maksimal yang dihasilkan oleh sejumlah volume tertentu. *PEFR* ini menggambarkan keadaan saluran pernafasan. *PEFR* yang menurun berarti adanya hambatan pada aliran udara di saluran pernafasan. Pengukuran *PEFR* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu: *mini peak flow meter* dan *pneumotachograph* (dengan grafik flow volume).

Kriteria diagnostik penyakit pernafasan seperti pada gambar berikut :



Gambar.2.2. Prosedur Diagnostik Penyakit Pernapasan

Sumber: Anderson.P.S, Mc.Carty.W.L.Clinical Concept of Disease Processes. Edisi 4. Penerbit Buku Kedokteran EGC.Jakarta. 1995.h.646

D. 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 katagori, yaitu penyakit-penyakit yang terutama menyebabkan gangguan ventilasi obstruktif dan penyakit-penyakit yang menyebabkan gangguan ventilasi restriktif. Klasifikasi ini dipilih karena uji spirometri dan uji fungsi ventilasi lain hampir dilakukan secara rutin dan kebanyakan penyakit-penyakit pernapasan 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 pernafasan 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 5 mikron dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran 1 mikron memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit di dalam alveoli. Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah 5 mikron, tetapi debu dengan ukuran 5-10 mikron dengan kadar berbeda dapat masuk dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari 5 mikron akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per milimeter udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel per milimeter udara maka 10 % dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru (WHO,1961).

Akibat debu yang masuk dalam jaringan alveoli sangat tergantung dari solubilitas dan reaktivitasnya. Semakin tinggi reaktivitas suatu substansi yang dapat mencapai alveoli dapat menyebabkan reaksi inflamasi yang akut dan oedema paru.

Pada reaksi yang sub akut dan kronis, ditandai dengan pembentukan granuloma dan fibrosis interstitial. Hampir semua debu yang mencapai alveoli akan diikat oleh makrofag, 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 definisi dari *International Labor Organization* (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 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 ada debu yang benar-benar inert. Dalam dosis besar, semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi itu 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 (WHO,1986, Churg,1985).

Debu fibrogenik dapat menimbulkan reaksi jaringan paru sehingga terbentuk jaringan parut (fibrosis). Penyakit ini disebut dengan pneumokoniosis kolagen. Termasuk jenis ini adalah debu silika bebas, batu bara dan asbes (Parkes, 1982, WHO, 1986).

Debu yang masuk saluran nafas, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan non spesifik berupa batuk, bersin, gangguan transport mukosilier dan fagositosis oleh makrofag (Parkes,1982). Otot polos disekitar jalan nafas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini biasanya terjadi bila kadar debu melebihi nilai ambang batas.

Sistem mosikuler 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 kedalam 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 intertestisial. Akibat fibrosis paru akan menjadi kaku, menimbulkan gangguan pengembangan paru, yaitu kelainan fungsi paru yang restriktif.

Salah satu faktor yang paling sulit diukur disini adalah kerentanan dari individu. Seorang individu yang terekspose 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.

E. Proses Industri Semen

P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap dengan status PMDN merupakan hasil akuisisi P.T. Semen Nusantara dengan status PMA milik Jepang, yang didirikan pada tanggal 18 Desember 1974. Kapasitas produksinya mencapai 4.100.000 ton semen per tahun (tahun. 2000), menempati area dengan luas 118,2 hektar (*building coverage ratio* = 30 : 70) dengan jumlah karyawan sebanyak 800 orang.

Ada 3 (tiga) jenis produksi semen yang dikenal yaitu:

1. Semen *Portland (PC)*

PC terdiri atas 5 tipe yang berbeda (T Austin, 1996) antara lain:

- a. Tipe I : Untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus.
- b. Tipe I : Memerlukan ketahanan terhadap sulfat, dengan panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III : Memerlukan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Tipe IV : Memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- e. Tipe V : Memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Spesifikasi kimia sement portland, dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel.2.1. Spesifikasi Kimia Semen Portland

	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Alkali Oksida	SO ₃
Minimum	61,17	18,58	3,86	1,53	0,60	0,66	0,82
Maksimun	66,92	0,26	7,44	6,18	5,24	2,90	2,26
Rata-rata	63,85	21,08	5,79	2,86	2,47	1,40	1,73

Sumber : Austin, George T, Industri Proses Kimia, Edisi 1 Jilid 5, Erlangga, Jakarta, 1996, h. 182

Komposisi senyawa potensial di dalam contoh semen adalah sebagai berikut :

Tabel.2.2 Komposisi Senyawa Potensial Contoh Semen

	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Tipe I	55	19	10	7
Tipe II	51	24	6	11
Tipe III	56	19	10	7
Tipe IV	28	49	4	12
Tipe V	38	43	4	9

Sumber : Austin, George.T, Industri Proses Kimia, Edisi 1 Jilid 5, Erlangga, Jakarta, 1996, h. 183

2. Semen *Blended*

Terdiri atas :

a. Semen *Portland Pozolan (PPC)*

Pengertian dari *pozzolan* adalah bahan alami atau buatan yang jika dicampur dengan kapur padam dan air akan membentuk senyawa yang bersifat semen.

b. Semen *Portland Slag*

c. Semen Portland Abu Terbang

3. Semen lain

Termasuk dalam kelompok ini adalah :

a. *Oil Well Cement*

b. Semen Putih

c. *Semen Castable*

Dilihat dari jenis bahan, jumlah kebutuhan bahan dan sumber bahan pertahun pada proses pembuatan semen di P.T. Semen Cibinong, Pabrik Cilacap adalah sebagai berikut :

Tabel.2.3 Jenis Bahan, Jumlah Kebutuhan dan Sumber Bahan Pada Proses Pembuatan Semen di P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap

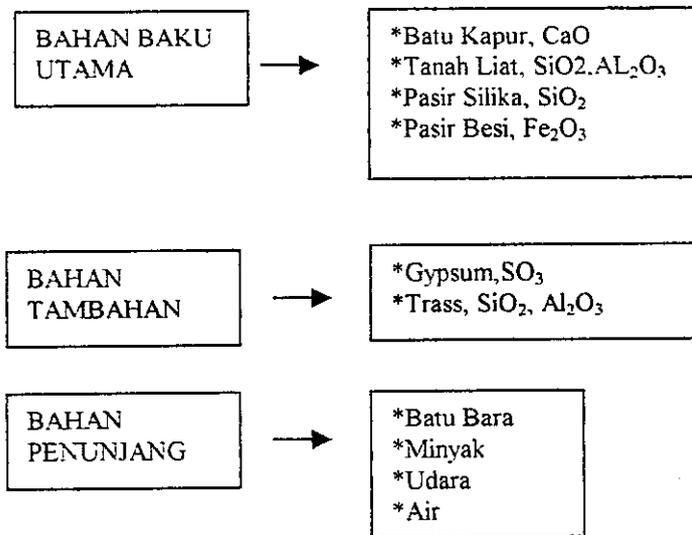
NO	JENIS BAHAN	KEBUTUHAN	SUMBER BAHAN
A.	<u>BAHAN BAKU</u>		
1.	Batu kapur (<i>Lime Stone</i>)	1,258 Ton/ Ton Clinker	Nusa Kambangan, Cilacap
2.	Tanah liat (<i>Clay</i>)	0,210 Ton/ Ton Clinker	Desa Tritih, Jeruk Legi, Cilacap
3.	Pasir Silika (<i>Silica Sand</i>)	0,117 Ton/ Ton Clinker	*Jatirogo, Jawa Timur *Yogyakarta *Malingping *Padalarang, Jawa Barat
4.	Pasir besi	0,002 Ton/ Ton Clinker	P.T. Aneka Tambang, Cilacap
5.	Gypsum	0,04 Ton/ Ton Semen	*Petrokimia, Gresik *Import (Thailand)
B.	<u>BAHAN BAKAR</u>		
1.	Batu bara	0,130 Ton/ Ton Clinker	*Ombilin, Sumatra Barat *Bengkulu *Banjarasin
2.	Energi Listrik	120 KWh/ Ton Semen	Dengan Diesel sendiri, kapasitas 4 X 5.400 KVA
	a. CP. I		
	b. CP. II	120 KWh/ Ton Semen	Dipenuhi dari PLN, kapasitas 50.000 KVA

Proses pembuatan semen, di unit produksi meliputi proses penambangan, pemecahan/reduksi ukuran batuan bahan baku (kapur dan lempung), pencampuran, pemecahan/reduksi ukuran partikel, pengeringan, kalsinasi, pembakaran, pencampuran dan reduksi ukuran *clinker*, hingga diperoleh ukuran semen yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Secara skematis proses pembuatan semen dapat digambarkan sebagai

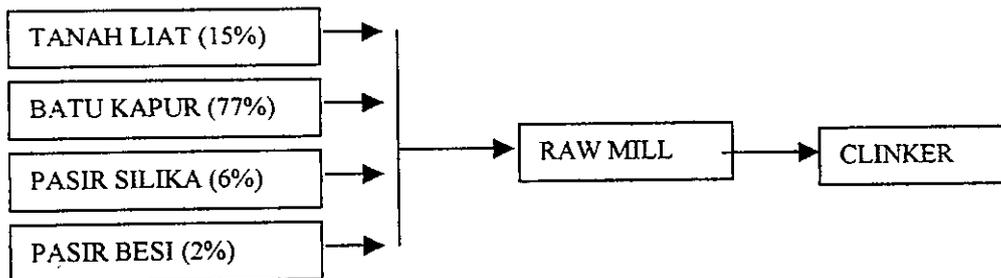
berikut :

1. Proses pembuatan semen secara umum



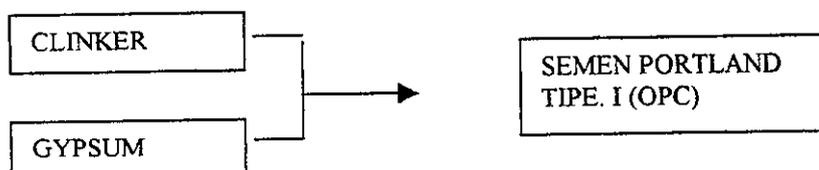
Gambar.2.3 Skema Proses Pembuatan Semen

2. Proses pembuatan clinker



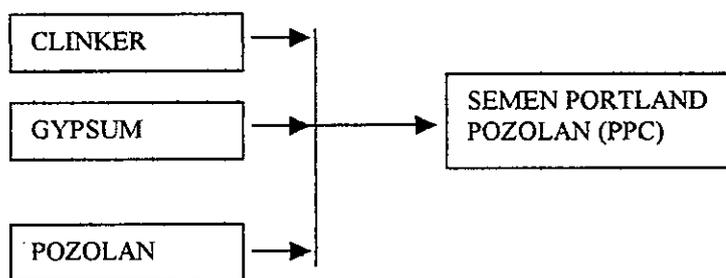
Gambar.2.4 Skema Proses Pembuatan Clinker

3. Proses pembuatan semen portland Tipe. I (OPC)



Gambar.2.5 Skema Proses Pembuatan OPC

4. Pembuatan semen portland pozolan (PPC)



Gambar.2.6 Skema Proses Pembuatan Semen Pozolan

Flow sheet proses pembuatan semen secara lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Penerimaan bahan baku, bahan bakar, dan bahan penolong dalam proses pembuatan semen dapat dideskripsikan sebagai berikut :

1. Batu kapur

- a. Batu kapur yang diambil dari pulau Nusa Kambangan, diangkut ke pabrik melalui 2 *Jetty* di Karang Talun dengan menggunakan tongkang, dan *pusher boat*.
- b. Dengan menggunakan 2 *unloading crane* yang dilengkapi dengan *grabe* 300 ton/ jam pada *Jetty I* dan 700 ton/ jam, serta 1 *screw unloader* 2.500 ton/ jam pada *Jetty II*, batu kapur dibongkar untuk kemudian di transfer ke pabrik.
- c. Batu kapur dengan ukuran maksimum 70 mm selanjutnya disimpan dalam *storage (stacker anda reclaimer)* yang berkapasitas 35.000 ton. *Storage* ini juga untuk mencampur batu-batuan yang kualitasnya berbeda.

2. Tanah liat (*Clay*)

- a. Tanah liat yang diambil di desa Tritih Wetan, Kecamatan Jeruk Legi, Cilacap, dibawa dengan menggunakan *dump truck* ke pabrik, lalu dibongkar dan

dihancurkan (*crushing*) hingga ukuran 30 X 30 mm. Tanah liat yang sudah dihancurkan dimasukkan ke dalam *preliminary storage*.

b. Pada CP. I (unit lama)

- 1). Dari *Preliminary Storage* melalui *Constant Weight (CW)* masuk ke dalam *rotary dryer*, untuk pengeringan.
- 2). Gas panas yang dipakai dalam pengeringan ini bersumber dari *Exhaust Gas Power Station* (300 °C).
- 3). Gas dari *Rotary Dryer* dimasukkan ke dalam *Electrostatic Precipitator (EP)* untuk disaring, dan selanjutnya dibuang melalui cerobong.
- 4). Debu tanah liat yang ditangkap dalam EP dimasukkan kembali ke dalam proses.
- 5). Tanah liat yang sudah kering dimasukkan disimpan dalam *storage*

b. Pada CP. II (unit baru), tanah liat tidak perlu dikeringkan dalam *Clay Dryer*.

3. Pasir kuarsa

Pasir kuarsa yang diambil dari Jatirogo Jawa Timur dan Yogyakarta diangkut dengan kereta api, sedangkan yang diambil dari Jawa Barat (Padalarang) diangkut dengan truk. Pasir kuarsa dari kedua lokasi ini dibongkar didalam *storage*. Sedangkan pasir kuarsa yang diambil dari Malimping dengan tongkang diterima di Jetty II, Karang Talun dan langsung dimasukkan dalam *storage*. Ukuran rata-rata pasir kuarsa 1- 2 mm.

4. Pasir besi

Pasir besi yang diambil dari penambangan pasir besi Cilacap, dibawa dengan truk ke pabrik, lalu dibongkar dan ditimbun dalam *storage*. Ukuran pasir besi relatif kecil (< 1 mm).

5. Batu bara

- a. Batu bara yang diambil dari Ombilin, Bengkulu dan Kalimantan, diangkut dengan kapal ke pelabuhan umum Cilacap, dan dari pelabuhan diangkut dengan truk menuju gudang terbuka pabrik. Selain itu ada pula yang diangkut dengan tongkang (7.500 ton) menuju Jetty pabrik
- c. Batu bara dibongkar dengan menggunakan *screw unloader* 2.500 ton/jam, masuk ke dalam *Belt Conveyor* untuk didistribusikan ke CP. I dan CP. II. Batu bara disimpan dalam *open storage* untuk menghindari terjadinya akumulasi gas hidrokarbon, yang dapat menimbulkan peledakan. Ukuran rata-rata batu bara sekitar 20 – 30 mm.

6. Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk mesin pembangkit disel.

- a. Bahan bakar minyak *Industrial Diesel Oil* (IDO) dan solar (HSD) diangkut dari Pertamina Cilacap dengan menggunakan truk tangki.
- b. Pembongkaran BBM dilakukan dengan pompa dan disimpan dalam storage tank dengan kapasitas 5.000 kl dan 1.000 kl.

7. Gypsum

- a. Gypsum diambil dari Gresik, diangkut dengan kapal menuju pelabuhan umum Cilacap, dengan kapasitas 6.000 ton per kapal.
- b. Pengangkutan dari pelabuhan ke pabrik memakai *dump truk* dan selanjutnya disimpan dalam *storage*. Gypsum pada umumnya berupa butiran dengan ukuran 20 – 30 mm namun ada juga yang berupa serbuk.

8. Kertas kraft

- a. Kertas kraft diambil dari Lhoseumawe (Aceh) dengan kapal menuju pelabuhan Cilacap, dengan kapasitas 1.000 ton per kapal.

- b. Kertas kraft dibawa ke pabrik dengan menggunakan truk dan disimpan dalam gudang.

Kegiatan pada proses pembuatan semen meliputi proses penggilingan bahan baku, pembakaran *Raw Mill* dan pendinginan terak (*clinker*), proses penggilingan batu bara, proses penggilingan pendahuluan, proses penggilingan akhir, proses pembuatan kantong dan terakhir adalah proses pengantongan itu sendiri. Masing-masing proses dapat dideskripsikan sebagai berikut :

1. Proses penggilingan bahan baku

- a. Bahan baku yang berupa batu kapur, tanah liat, pasir kuarsa dan pasir besi dimasukkan ke dalam *Raw Mill* melalui *Automatic Weighing Feeder (AWF)* dan digiling sehingga berbentuk serbuk atau tepung yang dinamakan *Raw Mill*. Kehalusan *Raw Mill* kurang lebih 170 mesh lolos 82 %.
- b. Gas panas (300°C) hasil buangan dari pembakaran dalam *Kiln* digunakan sebagai bahan pengering dalam *Raw Mill*.
- c. *Raw Mill* dihomogenkan dalam *Blending Silo* dan selanjutnya disimpan dalam *Storage Silo*, dan siap diumpankan dalam tanur putar (*Rotary Kiln*)

2. Pembakaran *Raw Mill* dan pendinginan terak (*clinker*)

- a. *Raw Mill* dari *Storage Silo* melalui *AWF* diumpankan dalam *Suspension Preheater (SP)* yang secara bertahap dipanasi sampai 800°C . Pada bagian ini terjadi proses pengeringan lanjut, pra pemanas dan kalsinasi, dimana komponen seperti CaCO_3 bereaksi menjadi CaO . Keluar dari *SP*, *raw mill* masuk ke dalam kiln untuk dipanasi lanjut dan dibakar sampai suhu 1.400°C di daerah *burning zone*.

- b. Didalam *SP raw mill* dipanasi dengan gas buang yang berasal dari pemanasan batu bara. Gas buang selanjutnya masuk ke *EP* dengan kecepatan sebesar 3,759 m³/menit, dengan konsentrasi debu maksimal 0,08 gr/m³. Debu yang mengendap di *cooling tower* bersama-sama dengan debu dari *EP* selanjutnya dimasukkan ke *Homogenizing Silo* dengan menggunakan *fuller pump*.
 - c. *Raw Mill* yang dibakar di *Rotary Kiln* bereaksi secara kimiawi dan berubah menjadi *Clinker* untuk selanjutnya didinginkan dalam pendinginan (*Clinker Grate Cooler*) hingga suhu menjadi 150 °C. Hasil dari *Cooler* ini dinamakan *Clinker* dengan ukuran rata-rata 20 –30 mm.
 - d. *Clinker* ditransport masuk dalam *Clinker Silo*, dan siap digiling menjadi semen.
3. Proses penggilingan batu bara
- a. Bahan bakar batu bara digunakan untuk membakar *raw mill* menjadi *clinker* dengan cara disemburkan/ disemprotkan ke dalam *Rotary Kiln* menggunakan udara tekan. Sebelum disemburkan udara, batu bara harus digiling dan dikeringkan lebih dahulu didalam *Coal Mill* diambil dari dalam *Clinker Cooler*.
 - b. Melalui *AWF* batu bara masuk ke dalam *Coal Mill* dan digiling sehingga berupa tepung batu bara dengan ukuran sekitar 88 mikron, selanjutnya disimpan dalam *Coal Bin*.
 - c. Dengan menggunakan udara tekanan tinggi, tepung batu bara disemprotkan kedalam *Rotary Kiln*.

4. Proses penggilingan pendahuluan

- a. *Clinker* dari *Silo* dimasukkan kedalam mesin penggilingan pendahuluan vertikal (*Vertical Pregrinder*) untuk diremukkan dengan menggilas di atas landasan meja yang berputar horisontal yang diadu dengan 4 (empat) *Roller Vertical* sehingga menjadi butiran-butiran kecil dengan diameter < 2 cm.
- b. *Clinker* yang keluar dari *Vertical Pregrinder* bagian yang kasar dan halus dipisahkan dalam separator, dimana bagian yang masih kasar > 2 cm dengan *conveyor* ditransport langsung ke dalam 2 (dua) mesin penggiling semen (*Cement Mill*) masing-masing dengan kapasitas 150 ton/ jam dan 45 ton/ jam.

5. Proses penggilingan akhir

- a. *Clinker* yang berasal dari mesin *Vertical Pregrinder* ditambah dengan gypsum (3-4%) yang diatur dengan menggunakan *AWF*, dimasukkan ke dalam 2 (dua) gilingan semen atau *Cement Mill (Finish Mill)*.
- b. Didalam *Cement Mill* ada bola-bola kaca berdiameter 5 – 8 cm, sehingga cara penggilingan adalah benturan antara bola-bola tersebut. Suhu ruangan antara $100 - 120$ ° C, yang diatur dengan semburan air (*water spray*) agar air hidrat pada gypsum tidak hilang.
- c. Hasil dari *Cement Mill* dimasukkan kedalam *Air Separator (AS)* untuk pengayakan, material yang kasar kembali ke *Cement Mill* dan yang halus berupa tepung semen dimasukkan ke dalam *Cement Silo* yang siap didistribusikan dalam bentuk *Bulk* dan siap untuk dimasukkan ke dalam bagian pengantongan yang akan didistribusikan dalam bentuk kantong.

6. Proses pembuatan kantong

- a. Kertas kraft yang diterima dalam bentuk rol (gulungan), selanjutnya dipotong (*Cutting Machine*) dan dicap (*Printing Machine*).
- b. Kantong yang sudah dipotong kemudian dijahit (*Sewing Machine*).
- c. Sesudah proses penjahitan selesai, kantong disimpan didalam *storage* dan selanjutnya siap dikirim ke *Packing Plant*.

7. Proses pengantongan

- a. Proses pengantongan semen dilakukan di tempat pengantongan (*Packing Plant*) didalam pabrik dan beberapa terminal.
- b. Semen dari Silo ditransport dengan *Belt Conveyor* ke dalam *Buffer Silo* di dalam *Packing Plant* dan didistribusikan ke dalam mesin-mesin pengantongan dengan menggunakan kertas kantong.
- c. Semen dalam kantong dengan *Conveyor* langsung dimasukkan ke dalam truk ataupun kereta api untuk didistribusikan.

G. Hipotesis

Adapun hipotesis alternatif yang diajukan adalah sbb :

Ada hubungan antara kadar Total Suspended Particulate (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan Industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap.

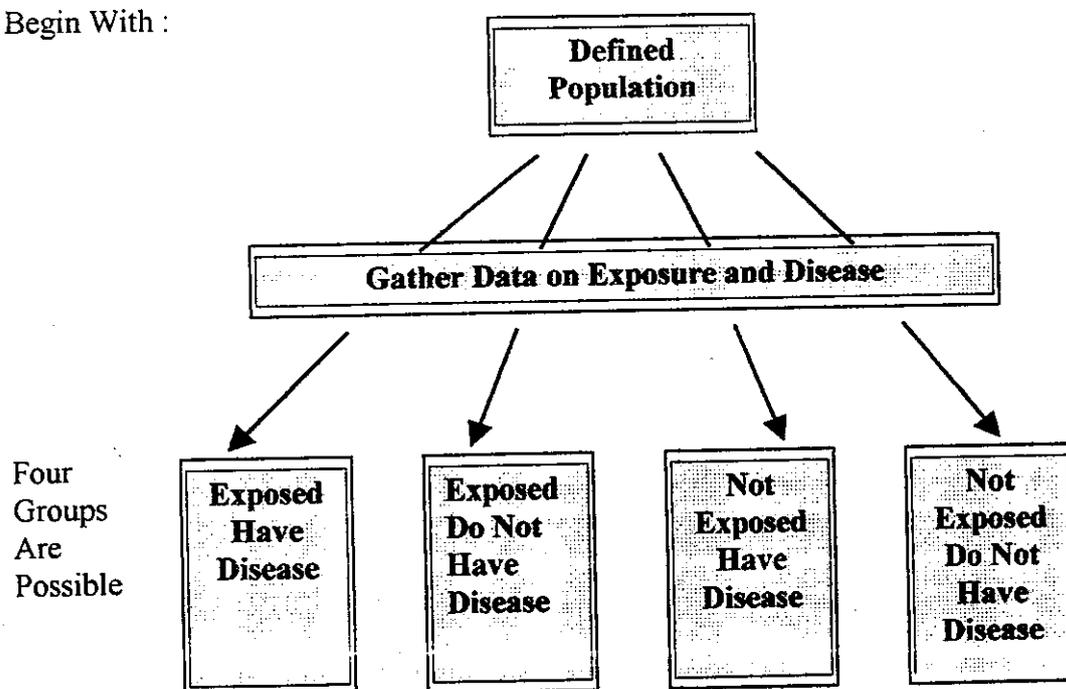
BAB. III

MATERI DAN METODE

A. Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian survei observasional analitik dengan pendekatan *Cross sectional*, yaitu rancangan studi epidemiologi yang mempelajari hubungan penyakit dan paparan (faktor penelitian) dengan cara mengamati status paparan dan penyakit serentak pada individu-individu dari populasi tunggal, pada suatu saat atau periode (Murti,1997). Skema rancangan studi ini dapat dilihat sebagai berikut (Gordes,1995):

Begin With :



Gambar 3.1 Skema Rancangan Studi Cross sectional

B. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada lingkungan kerja industri semen P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, terutama pada kualitas udara dengan parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) dan pada karyawan. Pelaksanaan penelitian pada bulan Januari s.d. Juni 2002 (*Time Schedule* terlampir).

C. Populasi dan sampel

Sebagai populasi adalah seluruh karyawan pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap yang melakukan medical check up berjumlah 704 orang.. Sampel penelitian diambil dari sebagian populasi, cara penarikan sampel dengan menggunakan metode *simple random sampling*, penentuan besar sampel menggunakan rumus sebagai berikut (Lameshow,1997) :

$$n = \frac{Z^2_{1-\frac{1}{2}\alpha} p(1-p)N}{d^2(N-1) + Z^2_{1-\frac{1}{2}\alpha} p(1-p)}$$

dimana :

d = Derajat kesalahan yang diterima (5 %)

Z = Standart deviasi normal (1,96)

P = Proporsi terjadinya gangguan fungsi paru(35 %)

N= Besar populasi (704)

n = Besar sampel

Berdasarkan rumus tersebut, didapatkan besar sampel sebanyak 234 orang.

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 departemen.

4. Pengambilan sampel secara acak sistematis.

Kriteria inklusi yang diajukan adalah :

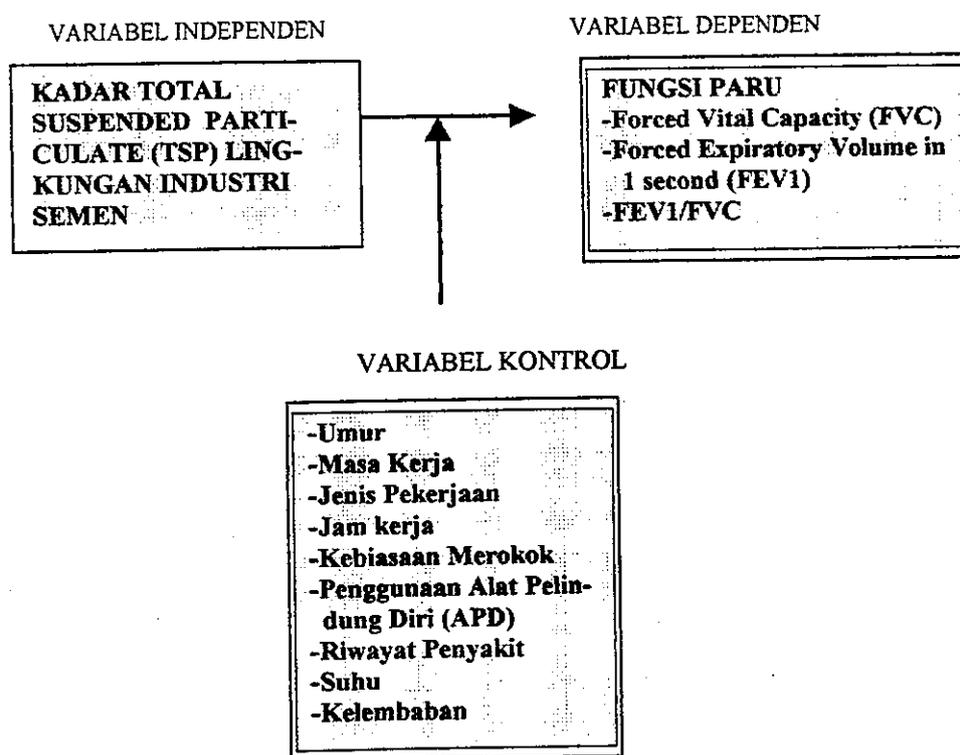
1. Bersedia mengikuti penelitian.
2. Melakukan *Medical Chek Up* pada bulan November tahun 2001.
3. Jenis kelamin laki-laki

Kriteria eksklusi :

Pada saat diteliti tidak menderita penyakit pernapasan seperti: bronkitis, radang paru, flu alergi, TBC paru dan asma

D. Hubungan antar variabel dan definisi operasional

Pola hubungan antar variabel dapat digambarkan ssebagai berikut:



Gambar 3.2 Pola Hubungan Antar Variabel

Definisi Operasional :

Tabel. 3.1 Definisi Operasional Variabel

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIOAL	KATEGORI/ SATUAN	SKALA
1.	Kadar Total Suspended Particulate (TSP)	Hasil pengukuran dari Total Suspended Particulate/ TSP yang dinyatakan dalam numerik, merupakan hasil pengukuran dari Dep. LK3 PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap dan Balai Hyperkes Semarang, dengan menggunakan metode gravimetric.	Mg/m ³	Rasio
2.	Fungsi Paru	Kondisi ventilasi paru yang dinilai dengan menggunakan parameter, Forced Vital Capacity (FVC), Force Expiratory Volime in 1 second (FEV 1), FEV1/FVC, yang diper-oleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan spirometer type HI-501 oleh Tm medis P.T. Semen Cibinong, Narogong. Fungsi paru dikatakan normal jika FVVI/FVC \geq 75 %, dan prediksi FVC \geq 75 %	Mililiter	Rasio
3.	Umur	Lamanya orang hidup yang dihitung dari lahir sampai dengan sekarang, didapatkan dari hasil medical chek up/ kuesioner	Tahun	Rasio
4.	Masa Kerja	Lamanya seseorang bekerja pada bagian/ bidang tertentu pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, yang dihitung pada saat ia mulai bekerja sampai dengan sekarang, didapatkan dari hasil pengisian kuesioner	Tahun	Rasio
5.	Jam Kerja	Adalah waktu yang dihabiskan oleh karyawan di area kerja P.T Semen Cibinong Pabrik Cilacap.	Jam/hari	Rasio
6.	Jenis Pekerjaan	Kegiatan selama jam kerja yang dilakukan sehari-hari oleh karyawan menurut departemen yang ada pada P.T.	1.Dep. Produksi CP.1. 2.Dep. Produksi CP.2. 3.Dep. Pengelu-	Nominal

		Semen Cibinong Pabrik Cilacap yang diperoleh dari hasil medical check up/ kuesioner	<p>aran Semen</p> <p>4.Dep. Perencanaan Produksi</p> <p>5.Dep. Perencanaan dan Pemeliharaan Mesin</p> <p>6.Dep. Pemeliharaan Listrik dan Instrumen</p> <p>7.Dep. Utilitas</p> <p>8.Dep. Kontrol Proses</p> <p>9.Dep. LK3</p> <p>10.Dep. Umum dan Administrasi</p> <p>11.Dep. Sumber Daya Manusia</p> <p>12.Departemen Tambang</p> <p>13.Departemen Marketing</p> <p>14.Departemen Accunting</p> <p>15.Dep. Wahana</p> <p>16.Dep. Operasi Teknik Informatika</p> <p>17.Staf Divisi Operasi</p> <p>18.Departemen Procurement</p>	
7.	Kebiasaan Merokok	Kebiasaan merokok dari karyawan yang didapatkan dari hasil medical check up/ kuesioner	<p>1.Perokok Orang yang merokok 1 batang rokok perhari dan masih merokok sampai dengan sekarang</p> <p>2.Bekas perokok Perokok yang telah berhenti merokok sekurangnya selama 1 bulan terakhir</p> <p>3.Bukan perokok Orang yang tidak pernah merokok atau</p>	Nominal

			kurang dari 100 batang rokok selama hidupnya.	
8.	Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	Jenis alat pelindung diri yang sesuai yang digunakan pada saat bekerja, yang diperoleh dari hasil medical chek up/ kuesioner	1.Menggunakan APD yang sesuai 2.Tidak menggunakan APD	Nominal
9.	Riwayat Penyakit Pernapasan	Kondisi penyakit pernapasan masa lalu responden yang dapat mengganggu atau mempengaruhi hasil pemeriksaan fungsi paru	1.Pernah menderita penyakit Bronkitis, radang paru, Flu alergi, Tuberkulosis, Asma. 2.Tidak pernah menderita penyakit Bronkitis, radang paru, Flu alergi, Tuberkulosis, Asma	Nominal
10.	Suhu	Keadaan temperatur yang diukur dengan menggunakan thermometer	$^{\circ}\text{C}$	Interval
11.	Kelembaban	Kadar uap air di udara, diukur dengan menggunakan Hygrometer	%	Interval

E. Instrumen penelitian

1. Pengukuran Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) di lingkungan industri.

Dengan menggunakan alat *Sibata High Volume Air Sampler* (HVS)-500. Prosedur pengukuran dilakukan sebagai berikut :

- a. Menimbang kertas saring (filter) sebelum dipasang (berat awal).
- b. Memasang kertas saring (filter) pada klip filter.
- c. Mengatur flowmeter
- d. Memasang pada area pemeriksaan selama 4 jam.
- e. Mengambil kertas saring (filter), dan menimbang beratnya kembali (berat akhir).

Perhitungan berat :

$$\text{Rumus : } F_{rn} = F_{ra} \times \frac{p}{P_a} \times \frac{(273 + T_a)}{(273 + T_k)}$$

$$F_{ra} = F_r \pm f. m^3$$

$$X_d = \frac{B_d}{F_{rn}}$$

Dimana :

F_{rn} = *Flow rate* normal

P_a = Tekanan udara aktual/ lapangan

T_a = Temperatur aktual/ lapangan

T_k = Temperatur kalibrasi (20 ° C)

P = 760 mm H₂O

T = 25 ° C (normal)

F = faktor koreksi (2,876)

F_r = *Flow rate* (420 h/ min, skala 6)

B_d = selisih berat debu akhir - berat debu awal

X_d = Kandungan debu

2. Fungsi Paru

Dengan menggunakan microspiro HI-500 yang dilakukan oleh Tim medis P.T.

Semen Cibinong Narogong.

Prosedur pengukuran fungsi paru dilakukan sebagai berikut :

a. Persiapan subjek.

Menerangkan kepada subjek tentang :

1). Cara bekerjanya alat

2). Perintah-perintah yang harus dilaksanakan

3). Menegaskan bahwa pemeriksaan ini tidak menyakitkan

b. Demonstrasi kepada subjek.

Agar pemeriksaan dapat berjalan dengan baik dan benar, pemeriksa memberi contoh terlebih dahulu.

c. Pemeriksaan.

1). Pemeriksaan dilakukan dengan berdiri

2).Pertama kali responden diminta untuk bernafas biasa melalui mulut, untuk membiasakan bernafas dengan spirometer.

3).Setelah terbiasa, responden diminta untuk menarik nafas dalam-dalam, ditahan sebentar, kemudian dihembuskan dengan sekuat-kuatnya.

Parameter faal paru yang diukur adalah :

- *Forced Vital Capacity* (FVC)
- *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1)
- Rasio FEV1/FVC

3. Kuesioner

Untuk mendapatkan data pendukung lain yang tidak didapatkan pada hasil *medical chek up* (terlampir).

E. Cara pengumpulan data

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

Tabel 3.2. Cara Pengambilan Data

NO	DATA/VARIABEL	METODE/CARA PENGAMBILAN DATA	KETERANGAN
1.	Kadar <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) di lingkungan industri semen	-Gravimetric Hi Vol Lokasi pengambilan sampel : 1.Coal yard CP. 1 2.Limestone yard CP. 1 3.Raw Mill CP. 1 4.Cooler CP. 1 5. Clay crusher CP. 1 6.Cement Mill CP. 1 7.Packing CP. 1 8.Unloading Jetty 9.Water Pool 10.Office 11.Truck Scale 12.Coal yard CP. 2 13.Limestone yard CP. 2 14.Raw feed bin 15.Clay receiving CP. 2 16.Raw Mill CP. 2 17.Cement Mill CP. 2 18.Packing CP. 2 19.Cooler 20.Ship Unloader Jetty 21.Pos Jl. Nusantara 22.Office CP.2 23.Pos Juanda 24.Ware House 25.Parkir Truck 26.Tambang	Data Sekunder dari Dep. LK3, selama 1 tahun, terdiri atas 4 kali periode pengambilan sampel yaitu Januari-Maret, April-Juni, Juli-September, Oktober-Desember
2.	Variabel Kontrol (umur, masa kerja, jam kerja, jenis pekerjaan, kebiasaan merokok, penggunaan APD, suhu, kelembaban)	-Kuesioner -Hasil medical chek up -Catatan medis	-Data primer -Data sekunder Dep. SDM dan Poliklinik
3.	Fungsi Paru : -FVC -FEV1 -FEV1/FVC	-Spirometri test -Hasil medical chek up	Data sekunder Dep. SDM dan Poliklinik

G. Pengolahan dan analisis data

1. Pengolahan data

a. *Total Suspended Particulate* (TSP) di lingkungan industri.

Penentuan kadar untuk *Total Suspended Particulate* (TSP) merupakan hasil perhitungan rata-rata 4 kali pengukuran untuk periode 1 (satu) tahun, dengan satuan mg/m^3 .

b. fungsi paru

Penentuan gangguan fungsi paru, berdasarkan parameter uji fungsi paru dengan kriteria sebagai berikut :

- 1). Dikatakan normal apabila nilai % prediksi *Forced Vital Capacity* $\geq 75 \%$
- 2). Dikatakan normal apabila perbandingan nilai antara *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) dan *Forced Vital Capacity* (FVC) lebih besar atau sama dengan 75 % ($\text{FEV1}/\text{FVC} \geq 75 \%$).
- 3). Penentuan interpretasi fungsi paru restriktif berdasarkan pada % prediksi FVC dengan kriteria sebagai berikut:
 - Normal, jika % Prediksi FVC $\geq 75 \%$
 - Restriksi Ringan, jika % Prediksi FVC 60-74,9 %
 - Restriksi Sedang , jika % Prediksi FVC 45-59,9 %
 - Restriksi Berat , jika % Prediksi FVC $< 45 \%$

2. Analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) Versi 9, yang meliputi analisis sebagai berikut :

a. Univariat

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

b. Bivariat

Paparan hasil penelitian dengan menggunakan tabel silang untuk variabel/ sub variabel yang akan dianalisa. Prosedur analisis dilakukan sebagai berikut :

- 1). Uji hubungan Kadar *Total Suspended Particulate* dengan fungsi paru untuk menguji hubungan antara kadar TSP dengan fungsi paru, menggunakan uji korelasi parsial.

Karakteristik koefisien korelasi sebagai berikut :

- a). Jika $r = -1$, maka kedua variabel (X dan Y) berhubungan linier negatif sempurna
- b). Jika $r = +1$, maka kedua variabel (X dan Y) berhubungan linier positif sempurna
- c). Jika $r = 0$, maka kedua variabel (X dan Y) tidak berhubungan

Apabila diketahui nilai $r \neq 0$, maka untuk menguji hipotesis dilanjutkan dengan uji t test sebagai berikut :

$$t = r \sqrt{(n - 2)(1 - r^2)}, \text{ dengan degree of freedom (df) = } n - 2 \text{ dan } \alpha = 0,05.$$

Kesimpulan penerimaan/penolakan hypotesa dilakukan dengan berdasarkan :

(1). Tabel : Jika $t \text{ hitung} \geq t \text{ tabel}$, maka H_0 ditolak

(2). Nilai p : Jika nilai $p < 0,05$, maka H_0 ditolak

2). Prosedur untuk menentukan rasio prevalensi

a). Membuat variabel bebas dan variabel terikat menjadi dikotomis

- Variabel bebas : paparan TSP rendah $< 10,00 \text{ mg/m}^3$

Paparan TSP tinggi $\geq 10,00 \text{ mg/m}^3$

- Variabel terikat : fungsi paru normal (%prediksi FVC $\geq 75 \%$,

FEV1/FVC $\geq 75 \%$)

fungsi paru tidak normal (%prediksi FVC $< 75 \%$

, FEV1/FVC $< 75 \%$)

b). Membuat tabel 2 x 2

		FUNGSI PARU		JUMLAH
		TIDAK NORMAL	NORMAL	
PAPARAN KADAR TSP	TINGGI	A	B	A + B
	RENDAH	C	D	C + D

Menghitung Rasio Prevalensi dengan rumus : $(RP) = A / A + B : C / C + D$

Interpretasi Hasil :

- Jika nilai rasio prevalen = 1, berarti paparan kadar TSP pada lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap bukan merupakan faktor resiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.
- Jika nilai rasio prevalen > 1 , berarti paparan kadar TSP pada lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap merupakan faktor resiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.

- Jika nilai rasio prevalen <1 , berarti paparan kadar TSP pada lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap merupakan faktor protektif untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.

BAB. IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian

Berdasarkan pengisian kuesioner dan hasil medical chek up karyawan P.T.

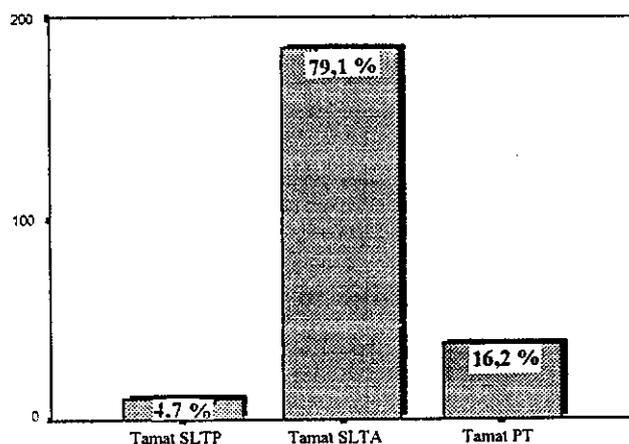
Semen Cibinong Pabrik Cilacap didapatkan hal-hal sebagai berikut:

Tabel.4.1. Distribusi Responden Menurut Umur Pada PT. Semen Cibinong Cilacap, Tahun 2001

UMUR	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 30 tahun	56	23,9
30 – 39 tahun	63	26,9
40 – 49 tahun	85	36,3
≥ 50 tahun	30	12,9
JUMLAH	234	100

Tabel di atas menunjukkan bahwa sebagian besar responden (87,1 %) berusia dibawah 50 tahun dan hanya 12,9 % yang berusia diatas atau sama dengan 50 tahun. Umur termuda responden adalah 24 tahun sedangkan umur yang tertua 55 tahun, dengan rata-rata sebesar 38,87 tahun.

Tingkat pendidikan responden disajikan pada grafik berikut :



Gambar.4.1. Tingkat Pendidikan Responden Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

Latar belakang pendidikan yang terbesar dari responden adalah tamat SLTA (79,1 %), dan yang berpendidikan tamat SLTP hanya 4,7 %.

Masa kerja responden di pabrik semen dapat diketahui sebagai berikut :

Tabel.4.2. Distribusi Responden Menurut Masa Kerja Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

MASA KERJA	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 5 tahun	4	1,7
5 – 10 tahun	113	48,3
11 – 15 tahun	5	2,1
16 – 20 tahun	10	4,3
> 20 tahun	102	43,6
JUMLAH	234	100

Masa kerja responden yang terendah adalah 4 tahun dan yang tertinggi adalah 30 tahun, dengan rata-rata masa kerja 14,91 tahun. Frekuensi terbesar (48,3 %) pada responden dengan masa kerja antara 5–10 tahun dan yang terkecil (1,7 %) pada responden dengan masa kerja kurang dari atau sama dengan 4 tahun.

Berdasarkan departemen yang ada pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, responden dapat dikelompokkan sebagai berikut :

Tabel.4.3. Distribusi Responden Menurut Departemen Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

DEPARTEMEN	FREKUENSI	PERSEN(%)
Produksi CP. 1	27	11,5
Produksi CP. 2	30	12,8
Perenc. Pemeliharaan Mesin	34	14,5
Pengeluaran Semen	24	10,3
Sumber Daya Manusia	23	9,8
Pem. Listrik & Instrumen	22	9,4
Utilitas	13	5,6
Kontrol Proses	10	4,3
Tambang	9	3,8
Umum & Adminstrasi	8	3,4
Wahana	2	0,9
Operasi Teknik Informasi	1	0,4
Staf. Divisi Operasi	3	1,3
Procurement	2	0,9
Marketing	3	1,3
Accounting	7	3,0
Perencanaan Produksi	9	3,8
Lingk. Keselamatan & Kes Ja	7	3,0
JUMLAH	234	100

Masa kerja responden pada departemen tersebut diatas dapat diketahui sebagai berikut :

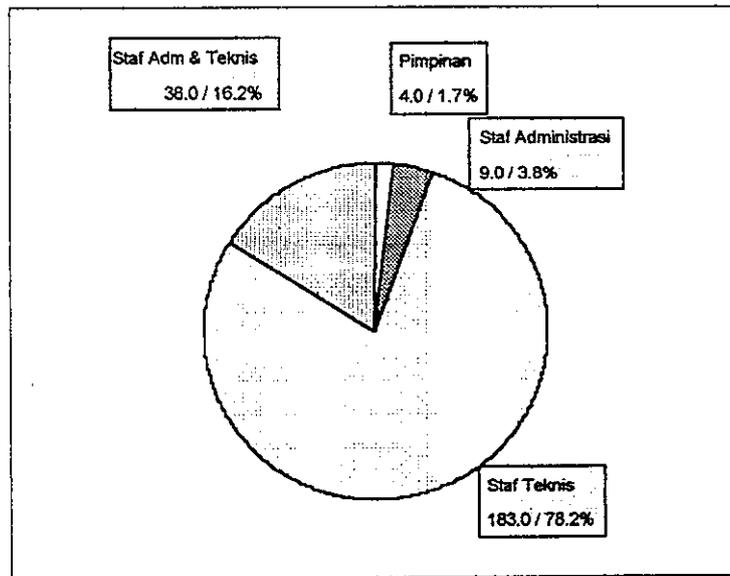
Tabel.4.4. Distribusi Responden Menurut Masa Kerja Pada Departemen di P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

MASA KERJA	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 5 tahun	35	15
5 – 10 tahun	110	47
11 – 15 tahun	16	6,8
16 – 20 tahun	18	7,7
> 20 tahun	55	23,5
JUMLAH	234	100

Masa kerja responden di departemen yang tertinggi adalah selama 27 tahun , dan yang terendah 1 tahun, dengan rata-rata masa kerja selama 11, 35 tahun. Berdasarkan tabel di

atas, masa kerja responden terbanyak (47 %) adalah antara 5–10 tahun, sedangkan yang terkecil (7,7 %) mempunyai masa kerja antara 16–20 tahun.

Jika dilihat dari jabatan yang ada di departemen, maka dapat dikelompokkan sebagai berikut :



Gambar.4.2. Distribusi Responden Menurut Jabatan Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

Sebagian besar responden (78,2 %) merupakan staf teknis/lapangan dan hanya 1,7 % responden yang menduduki jabatan sebagai pimpinan di departemen yang ada pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap.

Area kerja yang digunakan oleh responden dalam melakukan kegiatan sehari-hari

adalah sebagai berikut :

Tabel.4.5. Distribusi Responden Menurut Area Kerja Pada
P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

AREA KERJA	FREKUENSI	PERSEN(%)
Coal Yard CP. 1	6	2,6
Lime Stone Yard CP. 1	5	2,1
Raw Mill CP. 1	10	4,3
Cooler CP. 1	8	3,4
Clay Crusher CP. 1	7	3,0
Cement Mill CP. 1	15	6,4
Packing CP. 1	18	7,7
Water Pool CP. 1	3	1,3
Office CP. 1	10	4,3
Truck Scale CP. 1	1	0,4
Coal Yard CP. 2	7	3,0
Lime Stone Yard CP. 2	5	2,1
Raw Feed Bin CP. 2	3	1,3
Clay Receiving CP. 2	3	1,3
Raw Mill CP. 2	16	6,8
Cooler CP. 2	14	6,0
Cement Mill CP. 2	23	9,8
Packing CP. 2	15	6,4
Office CP. 2	29	12,4
Kantin CP. 2	1	0,4
Jetty Baru	9	3,8
Pos Djuanda	13	5,6
Parkir Truck	1	0,4
Ware House	3	1,3
Tambang	9	3,8
JUMLAH	234	100

Tabel di atas menunjukkan bahwa distribusi area kerja responden sangat bervariasi, terbesar pada lokasi office CP. 2 sebanyak 12,4 % selebihnya hampir merata pada 24 area kerja lainnya.

Jam kerja per hari yang digunakan dalam melakukan aktivitas kerja di area kerja tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

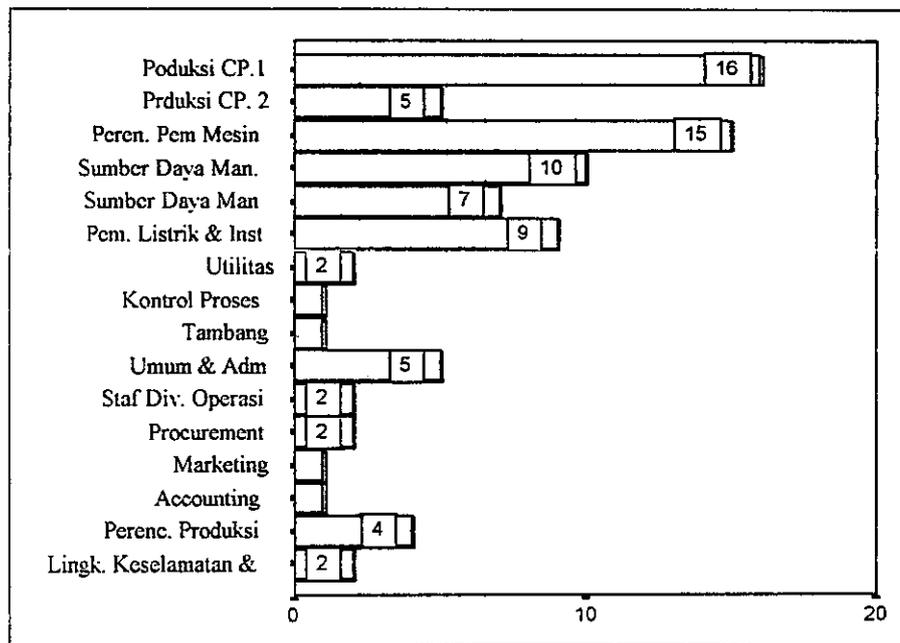
Tabel.4.6. Distribusi Responden Menurut Jam Kerja Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JAM KERJA	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 3 jam/hari	8	3,4
3 – 5 jam/hari	47	20,1
6 – 8 jam/hari	176	75,2
8 jam /hari	3	1,3
JUMLAH	234	100

Rata-rata waktu per hari yang digunakan responden di area kerja selama 6,6 jam dengan waktu minimal di area kerja selama 2 jam dan waktu maksimal 10 jam. Sebagian besar (75,2 %) responden menggunakan waktunya antara 6–8 jam/hari di area kerja, dan hanya sebagian kecil (1,3 %) yang menggunakan waktu lebih dari 8 jam/hari di area kerja.

Berdasarkan hasil pengisian dari kuesioner dapat diketahui bahwa 83 responden (35,5 %) menyatakan sudah pernah pindah dari departemen lain dan sisanya sebanyak 151 responden (64,5 %) tidak pernah pindah.

Asal departemen bagi responden yang pernah pindah adalah sebagai berikut :



Gambar.4.3. Distribusi Area Kerja Responden Menurut Departemen Terdahulu Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

Responden tersebar dalam 16 departemen dengan frekuensi untuk masing-masing departemen bervariasi, frekuensi terbesar (19,3 %) pada departemen Produksi CP.1 dan yang terkecil (1,2 %) pada departemen Kontrol Proses, Tambang, Marketing serta Accounting.

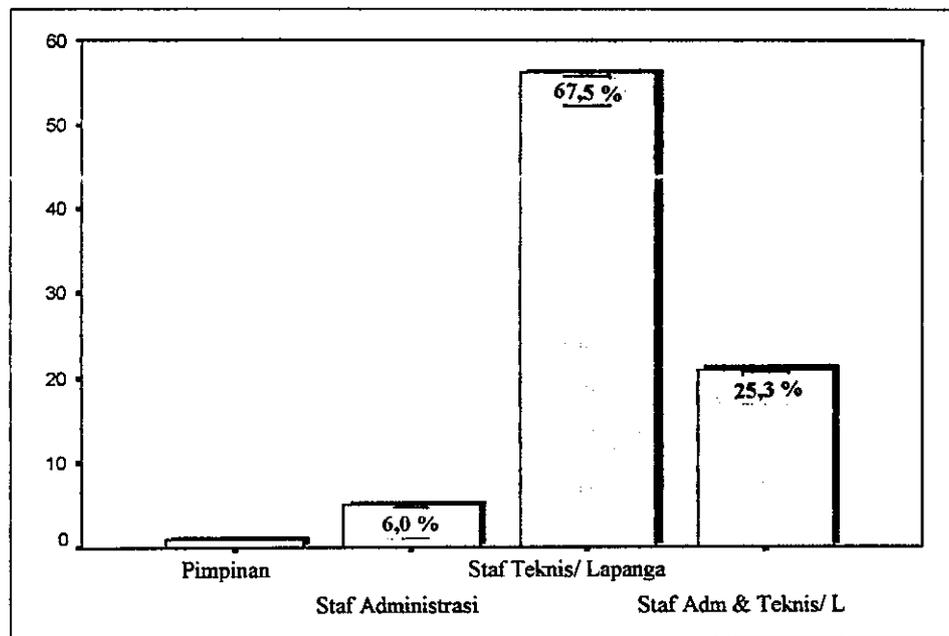
Area kerja 83 responden pada departemen terdahulu dimana responden pernah bekerja dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.7. Distribusi Responden Menurut Area Kerja di Departemen Terdahulu Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

AREA KERJA	FREKUENSI	PERSEN(%)
Coal Yard CP. 1	4	4,8
Lime Stone Yard CP. 1	1	1,2
Raw Mill CP. 1	13	15,7
Cooler CP. 1	8	9,6
Clay Crusher CP. 1	4	4,8
Cement Mill CP. 1	2	2,4
Packing CP. 1	9	10,8
Office CP. 1	11	13,3
Truck Scale CP. 1	2	2,4
Coal Yard CP. 2	2	2,4
Lime Stone Yard CP. 2	2	2,4
Raw Feed Bin CP. 2	2	2,4
Clay Receiving CP. 2	1	1,2
Raw Mill CP. 2	1	1,2
Cooler CP. 2	2	2,4
Cement Mill CP. 2	2	2,4
Packing CP. 2	1	1,2
Office CP. 2	8	9,6
Jetty Lama	1	1,2
Pos Djuanda	2	2,4
Ware House	4	4,8
Tambang	1	1,2
JUMLAH	83	100

Area kerja responden tersebar pada 22 lokasi dengan frekuensi yang bervariasi, frekuensi terbesar (13,3 %) pada area office CP. 2 dan yang terkecil (1,2 %) pada area Lime Stone Yard CP. 1, Clay Receiving CP. 2, Raw Mill CP. 2, Packing CP. 2, Jetty Lama dan Tambang.

Jabatan pada departemen dimana responden pernah bekerja dapat dilihat pada tabel berikut :



Gambar.4.4. Distribusi Responden Menurut Jabatan di Departemen Terdahulu Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

83 responden yang pernah bekerja pada departemen lain, ternyata sebagian besar responden (67,5 %) merupakan staf teknis/lapangan dan hanya sebagian kecil saja (1,20 %) yang mempunyai jabatan sebagai pimpinan pada departemen terdahulu.

Masa kerja responden pada departemen terdahulu sebagai berikut :

Tabel.4.8. Distribusi Responden Menurut Masa Kerja di Departemen Terdahulu Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

MASA KERJA	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 5 tahun	23	27,7
5 – 10 tahun	32	38,6
11 – 15 tahun	8	9,6
16 – 20 tahun	11	13,3
> 20 tahun	9	10,8
JUMLAH	83	100

Rata-rata masa kerja responden pada departemen terdahulu adalah selama 9,47 tahun, dengan masa kerja tercepat 1 tahun dan terlama 25 tahun. Sebagian besar responden (89,2 %) mempunyai masa kerja kurang dari 20 tahun, dan hanya 10,8 % yang mempunyai masa kerja lebih dari 20 tahun pada departemen terdahulu.

Waktu kerja per hari responden pada area kerja di departemen terdahulu dapat dilihat pada tabel berikut :

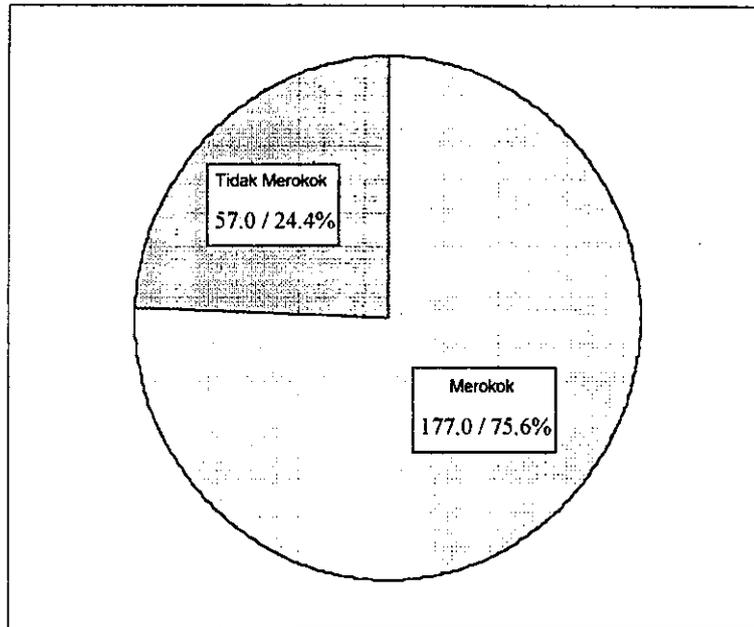
Tabel.4.9. Distribusi Responden Menurut Jam Kerja di Departemen Terdahulu Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JAM KERJA	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 3 jam/ hari	2	2,4
3 – 5 jam/ hari	22	26,5
6 – 8 jam/ hari	58	69,9
> 8 jam/ hari	1	1,2
JUMLAH	83	100

Rata-rata waktu per hari yang dihabiskan pada area kerja di departemen terdahulu adalah 2,7 Jam, dengan waktu terbanyak selama 9 jam dan terkecil selama 2 jam. Sebagian besar responden (69,9 %) bekerja selama 6–8 jam/ hari pada area kerja tersebut dan hanya 1,2 % yang bekerja lebih dari 8 jam/ hari.

Berdasarkan riwayat merokok responden dapat diketahui seperti pada grafik

berikut :



Gambar.4.5. Distribusi Responden Berdasarkan Riwayat Merokok Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

Sebanyak 177 responden (75,6 %) menyatakan merokok dan sisanya sebanyak 57 responden (24,4 %) tidak merokok. Pada responden yang merokok (177 responden) , dapat diketahui bahwa sebanyak 67 responden (37,9 %) telah berhenti merokok dan sebanyak 110 responden (62,1 %) masih aktif merokok. Distribusi usia responden pada saat mulai merokok secara teratur dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel.4.10. Distribusi Responden Menurut Usia Saat Mulai Merokok Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

USIA	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 20 tahun	31	28,2
20 – 29 tahun	70	63,6
30 – 40 tahun	9	8,2
JUMLAH	110	100

Usia termuda responden pada saat mulai merokok secara teratur adalah 15 tahun dan yang tertua 40 tahun, dengan rata-rata 22,24 tahun. Sebagian besar responden (63,6 %)

mulai merokok pada usia antara 20–29 tahun dan 8,2 % responden yang mulai merokok pada usia 30–40 tahun.

Jumlah rokok per hari yang dihisap responden yang masih aktif merokok adalah sebagai berikut :

Tabel.4.11. Distribusi Responden Yang Merokok Menurut Jumlah Rokok Yang Dihisap Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JUMLAH ROKOK	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 6 batang/hari	38	34,5
6–12 batang/hari	48	43,6
13–24 batang/hari	20	18,2
> 24 batang/hari	4	3,7
JUMLAH	110	100

Sebagian besar responden (43,6 %) merokok antara 6–12 batang/ hari, dan hanya 3,7 % yang merokok lebih dari 24 batang/ hari. Kebiasaan merokok dengan menghisap rokok sampai dada dilakukan oleh 53 responden (48,2 %), dan selebihnya sebanyak 57 responden (51,8 %) tidak menghisap rokok sampai dada. Jenis rokok yang dihisap dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel.4.12. Distribusi Responden Yang Merokok Menurut Jenis Rokok Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JENIS ROKOK	FREKUENSI	PERSEN(%)
Rokok kretek	48	43,6
Rokok putih/ filter	58	52,7
Lainnya	4	3,6
JUMLAH	110	100

Terlihat bahwa sebagian besar responden (52,7 %) merokok jenis putih/ filter dan hanya 3,6 % yang merokok jenis lainnya atau campuran keduanya.

Pada 67 responden (37,9 %) yang sudah tidak merokok/berhenti merokok, dapat diketahui usia berhenti merokok sebagai berikut :

Tabel.4.13. Distribusi Usia Responden Saat Berhenti Merokok Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

USIA	FREKUENSI	PERSEN(%)
20 – 29 tahun	39	58,2
30 – 39 tahun	18	26,9
40 – 50 tahun	10	14,9
JUMLAH	67	100

Usia termuda saat berhenti merokok adalah 20 tahun dan yang tertua 50 tahun, dengan rata-rata usia berhenti merokok 29,82 tahun. Sebagian besar responden (58,2 %) berhenti merokok pada usia 20–29 tahun.

Jumlah rokok per hari yang dihisap oleh responden selama masih merokok dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.14. Distribusi Responden Yang Pernah Merokok Menurut Jumlah Rokok PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JUMLAH ROKOK	FREKUENSI	PERSEN(%)
< 6 batang/hari	49	73,1
6–12 batang/hari	13	19,3
12–24 batang/hari	4	5,9
≥ 24 batang/ hari	1	1,5
JUMLAH	67	100

Sebagian besar responden (73,1%) menghisap rokok kurang dari 6 batang/ hari, dan hanya 1,5 % responden yang menghisap lebih dari 24 batang/ hari. Kebiasaan merokok 12 responden (17,9 %) dengan menghisap rokok sampai dada dan sisanya 55 responden (82,1 %) tidak menghisap rokok sampai dada.

Jenis rokok yang dihisap selama masih merokok adalah sebagai berikut :

Tabel.4.15. Distribusi Responden Yang Pernah Merokok Menurut Jenis Rokok Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JENIS ROKOK	FREKUENSI	PERSEN(%)
Rokok Kretek	28	41,8
Rokok Putih/ Filter	38	56,7
Lainnya	1	1,5
JUMLAH	67	100

Jenis rokok yang pernah dihisap oleh responden yang telah berhenti merokok adalah rokok putih/filter sebesar 56,7 % dan hanya 1,5 % yang menghisap rokok jenis lainnya atau campuran (kretek dan putih/filter).

Riwayat penyakit responden secara lengkap dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel. 4.16. Distribusi Responden Menurut Riwayat Penyakit Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

RIWAYAT PENYAKIT	YA		TIDAK		JUMLAH	
	FREK	%	FREK	%	FREK	%
Menderita Bronkhitis	28	12,0	206	88,0	234	100
Menderita Radang Paru	4	1,7	230	98,3	234	100
Menderita Flu Alergi	72	30,8	162	69,2	234	100
Menderita TBC Paru	-	-	234	100	234	100
Menderita Asma	2	0,9	232	99,1	234	100

Jenis penyakit terbesar yang diderita oleh responden adalah flu alergi (30,8 %) diikuti dengan bronkhitis (12,0 %), radang paru (1,7 %) dan asma (0,9 %) serta tidak ada seorang respondenpun yang menderita penyakit TBC Paru. Pada penyakit bronkhitis, 79,3 % dipastikan oleh dokter dan sisanya sebesar 20,7 % tidak dipastikan oleh dokter, sedangkan untuk penyakit radang paru dan asma semuanya (100 %) dipastikan oleh dokter.

Gangguan kenyamanan kerja karena faktor lingkungan kerja telah dinyatakan oleh 153 responden (65,4 %) dan selebihnya sebanyak 81 responden (34,6 %) menyatakan tidak ada gangguan.

Sebab-sebab gangguan tersebut seperti pada tabel berikut :

Tabel.4.17. Distribusi Sebab Gangguan di Lingkungan Kerja Pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JENIS GANGGUAN	FREKUENSI	PERSEN (%)
Udara berdebu	65	42,5
Bahan/ Zat/ Uap kimia	12	7,8
Kebisingan	43	28,1
Suhu panas	22	14,4
Getaran	11	7,2
JUMLAH	153	100

Gangguan terbesar (42,5 %) yang dikeluhkan oleh responden adalah karena udara yang berdebu, dan yang terkecil (7,2 %) karena adanya getaran di area kerja.

Kebiasaan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) dilakukan oleh 143 responden (61,1 %) dan selebihnya 74 responden (31,6 %) menyatakan kadang-kadang menggunakan APD serta ada 17 responden (7,3 %) yang tidak pernah menggunakan APD.

Jenis Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan oleh responden seperti tampak pada tabel berikut :

Tabel.4.18. Distribusi Jenis Alat Pelindung Diri Yang Digunakan Responden Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JENIS APD	FREKUENSI	PERSEN(%)
Helm	37	25,9
Ear Plug/ Sumbat telinga	21	14,7
Masker	42	29,4
Kaca mata / Gogle	9	6,3
Sepatu boot/ Safety shoes	28	19,6
Sarung tangan	6	4,1
JUMLAH	143	100

Jenis alat pelindung diri yang paling banyak digunakan oleh responden (29,4 %) adalah masker, kemudian diikuti dengan helm (25,9 %) dan yang paling sedikit digunakan adalah sarung tangan (4,1 %).

Alasan yang dikemukakan oleh responden yang kadang-kadang atau tidak menggunakan Alat Pelindung Diri adalah sebagai berikut :

Tabel.4.19. Distribusi Responden Menurut Alasan Tidak Menggunakan Alat Pelindung Diri Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

ALASAN TIDAK MENGGUNAKAN APD	FREKUENSI	PERSEN(%)
Malas menggunakan	9	9,9
Mengganggu pekerjaan	6	6,6
Tidak tersedia/ jumlahnya tidak cukup	5	5,4
Tidak harus menggunakan APD	26	28,6
Lainnya	45	49,5
JUMLAH	91	100

Sebagian besar responden (49,5 %) menyatakan alasan lainnya seperti disesuaikan dengan situasi, dan hanya 5,4 % responden yang menyatakan alasan jumlah APD yang tidak mencukupi.

Hasil pengukuran fungsi paru dengan menggunakan Spirometer dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.20. Distribusi Interpretasi Hasil Pengukuran Fungsi Paru Responden Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

FUNGSI PARU	FREKUENSI	PERSEN(%)
Normal	74	31,6
Restriksi Ringan	104	44,4
Restriksi Sedang	53	22,6
Restriksi Berat	3	1,3
JUMLAH	234	100

Tabel di atas menunjukkan bahwa 160 responden (68,4 %) telah mengalami gangguan fungsi paru restriktif dan sisanya 74 responden (31,6 %) mempunyai fungsi paru yang normal. Gangguan tersebut meliputi restriksi ringan (44,4 %), restriksi sedang (22,6 %) dan restriksi berat (1,3 %).

Hasil pengukuran kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) di berbagai area kerja pada lingkungan industri semen dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.21. Distribusi Hasil Pengukuran Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) di Lingkungan Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

LOKASI	RERATA (mg/m ³)
Coal Yard CP. 1	0,59
Lime Stone Yard CP. 1	0,21
Raw Mill CP. 1	2,27
Cooler CP. 1	1,63
Clay Crusher CP. 1	0,36
Cement Mill CP. 1	14,54
Packing CP. 1	4,35
Water Pool CP. 1	0,35
Office CP. 1	0,29
Truck Scale CP. 1	0,23
Coal Yard CP. 2	0,36
Lime Stone Yard CP. 2	0,26
Raw Feed Bin CP. 2	0,031
Clay Receiving CP. 2	1,02
Raw Mill CP. 2	1,79
Cooler CP. 2	5,04
Cement Mill CP. 2	18,05
Packing CP. 2	1,30
Office CP. 2	0,08
Kantin CP. 2	0,18
Jetty Lama	0,34
Jetty Baru	0,081
Pos Djuanda	0,03
Parir Truck	0,44
Ware House	0,05
Tambang	0,341

Hasil pengukuran tertinggi pada lokasi Cement Mill CP. 2 sebesar 18,05 mg/m³ dan yang terendah pada lokasi Pos Djuanda sebesar 0.03 mg/m³.

Berdasarkan semua data yang telah paparkan diatas, jika dihubungkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.22. Distribusi Umur Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

U M U R	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
< 30 tahun	28 (50 %)	21 (37,5 %)	7 (12,5 %)	-	56 (100 %)
30 – 39 tahun	28 (44,4 %)	29 (46 %)	6 (9,6 %)	-	63 (100 %)
40 – 49 tahun	14 (16,5 %)	40 (47,1 %)	30 (35,3 %)	1 (1,1 %)	85 (100 %)
≥ 50 tahun	4 (13,3 %)	14 (46,7 %)	10 (33,3 %)	2 (6,7 %)	30 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4%)	53 (22,6 %)	3 (1,4%)	234 (100 %)

Tabel di atas menunjukkan bahwa perbandingan antara berbagai kelompok umur responden dengan hasil pengukuran spirometri normal terlihat angka persentase yang semakin menurun sejalan dengan meningkatnya umur. Sedangkan pada gangguan fungsi paru sedang dan restriksi berat terjadi hal yang sebaliknya, yaitu angka persentase yang cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya umur.

Masa kerja responden dihubungkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.23. Distribusi Masa Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

MASA KERJA	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
< 4 tahun	2 (50 %)	2 (50 %)	-	-	4 (100 %)
5-10 tahun	53 (46,9 %)	47 (41,6 %)	13 (11,5 %)	-	113 (100 %)
11-15 tahun	1 (20 %)	2 (40 %)	1 (20 %)	1 (20 %)	5 (100 %)
16-20 tahun	4 (40 %)	4 (40 %)	2 (20 %)	-	10 (100 %)
> 20 tahun	14 (13,7 %)	49 (48 %)	37 (36,3)	2 (2 %)	102 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4 %)	234 (100 %)

Responden dengan masa kerja kurang dari 5 tahun, hasil pengukuran spirometrinya menunjukkan gangguan fungsi paru sampai dengan restriksi ringan, tetapi untuk masa kerja yang lebih lama (11-15 tahun) gangguan fungsi paru akan semakin meningkat sampai dengan restriksi berat.

Masa kerja responden di departemen dikaitkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri dapat dipaparkan sebagai berikut :

Tabel.4.24. Distribusi Masa Kerja Responden di Departemen Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spiromerti Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

MASA KERJA DI DEPARTEMEN	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
< 5 tahun	13 (37,1 %)	17 (48,6 %)	5 (14,3 %)	-	35 (100 %)
5-10 tahun	47 (42,7 %)	43 (39,1 %)	20 (18,2 %)	-	110(100%)
11-15 tahun	3 (18,8 %)	9 (56,3 %)	3 (18,8 %)	1 (6,1 %)	16 (100 %)
16-20 tahun	4 (22,2 %)	10 (55,6 %)	4 (22,2 %)	-	18 (100 %)
> 20 tahun	7 (12,7 %)	25 (45,5 %)	21 (38,2 %)	2 (3,6 %)	55 (100%)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4 %)	234 (100%)

Responden dengan masa kerja di departemen lebih dari 20 tahun hasil pengukuran spirometri normal menunjukkan angka persentase terkecil (12,7 %) dan tertinggi untuk restriksi sedang (38,2 %) serta ada yang telah mengalami restriksi berat (3,6 %).

Departemen yang ada pada P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap jika dihubungkan dengan kesimpulan hasil pengukuran spirometri adalah sebagai berikut :

Tabel.4.25. Distribusi Departemen Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

DEPARTEMEN	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Produksi CP. 1	6 (22,2 %)	11(40,7 %)	9 (33,3 %)	1 (3,8 %)	27 (100 %)
Produksi CP. 2	10 (3,3 %)	16 (53,3 %)	4 (13,4 %)	-	30 (100 %)
Perenc. Pem. Mesin	10 (29,4 %)	20 (58,8 %)	4 (11,8 %)	-	34 (100 %)
Pengeluaran Semen	8 (33,3 %)	11 (45,8 %)	4 (16,7 %)	1 (4,2 %)	24 (100 %)
Sumber Daya Man.	7 (30,4 %)	8 (34,8 %)	7 (30,4 %)	1 (4,4 %)	23 (100 %)
Pem. Listrik & Inst	7 (31,8 %)	11 (50 %)	4 (18,2 %)	-	22 (100 %)
Utilitas	2 (15,3 %)	5 (38,5 %)	6 (46,2 %)	-	13 (100 %)
Kontrol Proses	4 (40 %)	5 (50 %)	1 (10 %)	-	10 (100 %)
Tambang	3 (33,3 %)	4 (44,4 %)	2 (22,3 %)	-	9 (100 %)
Umum & Adm	2 (25 %)	4 (50 %)	2 (25 %)	-	8 (100 %)
Wahana	1 (50 %)	1 (50 %)	-	-	2 (100 %)
Ops. Teknik Inf	1 (100 %)	-	-	-	1 (100 %)
Staf. Divisi Operasi	1 (33,3 %)	1 (33,3 %)	1 (33,3 %)	-	3 (100 %)
Procurement	-	1 (50 %)	1 (50 %)	-	2 (100 %)
Marketing	2 (66,7 %)	-	1 (33,3 %)	-	3 (100 %)
Accounting	4 (57,1 %)	2 (28,6 %)	1 (14,3 %)	-	7 (100 %)
Perenc. Produksi	4 (44,4 %)	1 (11,2 %)	4 (44,4 %)	-	9 (100 %)
Lingk. Keselamatan & Kes Ja	2 (28,7 %)	3 (42,6 %)	2 (3,8 %)	-	7 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4 %)	234 (100 %)

Hasil tersebut menunjukkan bahwa responden yang bekerja pada departemen yang bersifat non teknis mempunyai kecenderungan mempunyai fungsi paru normal

yang lebih besar dibandingkan dengan responden yang bekerja pada departemen yang bersifat teknis.

Area kerja responden berdasarkan interpretasi hasil pengukuran spirometri dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel.4.26. Distribusi Area Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spiromerti Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

AREA KERJA	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Coal Yard CP. 1	-	4 (57,1 %)	3 (42,9 %)	-	7 (100 %)
Cement Mill CP.1	3 (20 %)	6 (40 %)	4 (26,7 %)	2 (13,3 %)	15 (100 %)
Packing CP. 1	7 (38,9 %)	7 (38,9 %)	4 (22,2 %)	-	18 (100 %)
Water Pool CP. 1	1 (33,3 %)	1 (33,3 %)	1 (33,3 %)	-	3 (100 %)
Office CP. 1	7 (70 %)	1 (10 %)	2 (10 %)	-	10 (100 %)
Truck Scale CP. 1	1 (100 %)	-	-	-	1 (100 %)
Coal Yard CP. 2	3 (42,9 %)	3 (42,9 %)	1 (14,2 %)	-	7 (100 %)
LimeStoneYard CP.2	4 (80 %)	-	1 (20 %)	-	5 (100 %)
Raw Feed Bin CP. 2	-	3 (100 %)	-	-	3 (100 %)
Clay Receiving CP. 2	1 (33,3 %)	2 (66,7 %)	-	-	3 (100 %)
Raw Mill CP. 2	2 (12,5 %)	12 (75 %)	2 (12,5 %)	-	16 (100 %)
Cooler CP. 2	2 (14,3 %)	9 (64,3 %)	3 (21,4 %)	-	14 (100 %)
Cement Mill CP. 2	8 (34,8 %)	7 (30,4 %)	8 (34,8 %)	-	23 (100 %)
Packing CP. 2	3 (20 %)	7 (46,7 %)	5 (33,3 %)	-	15 (100 %)
Office CP. 2	11 (37,9 %)	15 (51,7 %)	3 (10,4 %)	-	29 (100 %)
Kantin CP. 2	-	-	1 (100 %)	-	1 (100 %)
Jetty Baru	3 (33,3 %)	5 (55,6 %)	1 (11,1 %)	-	9 (100 %)
Pos Djuanda	5 (38,5 %)	6 (46,2 %)	2 (15,3 %)	-	13 (100 %)
Parkir Truck	1 (100 %)	-	-	-	1 (100 %)
Ware House	2 (66,7 %)	1 (33,3 %)	-	-	3 (100 %)
Tambang	3 (33,3 %)	4 (44,4 %)	2 (22,3 %)	-	9 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4%)	234 (100 %)

Responden yang bekerja pada area dengan nilai kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) lebih tinggi dari Nilai Ambang Batas (Cement Mill CP.1 dan CP. 2) mempunyai

angka persentase fungsi paru normal yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan area kerja lainnya (< NAB).

Jam kerja responden berdasarkan interpretasi hasil pengukuran spirometri adalah sebagai berikut :

Tabel.4.27. Distribusi Jam Kerja Responden di Area Kerja Tertentu Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spiromerti Pada PT. Semen Cibinong Pabrik, Tahun 2001

JAM KERJA	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
< 3 jam/hari	2 (25 %)	5 (62,5 %)	1 (12,5 %)	-	8 (100 %)
3-5 jam/hari	12 (25,5 %)	24 (51,1 %)	10 (21,8 %)	1 (1,6 %)	47 (100 %)
6-8 jam/hari	58 (33 %)	75 (42,6 %)	41 (23,3 %)	2 (1,1 %)	176 (100 %)
> 8 jam/hari	2 (66,7 %)	-	1 (33,3 %)	-	3 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4%)	234 (100 %)

Interpretasi hasil pengukuran spirometri pada gangguan fungsi paru restriksi sedang terlihat angka persentase yang semakin meningkat sejalan dengan lama waktu kerja yang dihabiskan responden dalam melaksanakan kegiatan di area kerjanya. Gangguan fungsi paru restriksi berat telah terjadi pada responden yang mempunyai jam kerja lebih dari 3 jam/hari.

Jabatan responden jika dihubungkan dengan kesimpulan hasil pengukuran spirometri adalah sebagai berikut :

Tabel.4.28. Distribusi Jabatan Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spiromerti Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JABATAN	INTERPRETASI HASIL SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Pimpinan	3 (75 %)	-	1 (25 %)	-	4 (100 %)
Staf adminstrasi	2 (22,3 %)	4 (44,4 %)	3 (33,3 %)	-	9 (100 %)
Staf Teknis/ lapangan	61 (33,3 %)	81 (44,3 %)	39 (21,3 %)	2 (1,1 %)	183 (100 %)
Staf adm dan teknis	8 (21,1 %)	19 (50 %)	10 (26,3 %)	1 (2,6 %)	38 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4 %)	234 (100 %)

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa pada jabatan adminstrasi/non teknis mempunyai fungsi paru normal dengan persentase terbesar (75 %). Gangguan fungsi paru restriksi berat telah terjadi pada staf lapangan/teknis sebesar 1,1 % serta campuran staf adminstrasi dan teknis sebesar 2,6 %.

Riwayat merokok responden jika dihubungkan dengan interpretasi hasil spirometri pengukuran didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel.4.29. Distribusi Riwayat Merokok Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spiromerti Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

RIWAYAT MEROKOK	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Merokok	56 (31,6 %)	80 (45,2 %)	40 (22,6 %)	1 (0,6 %)	177 (100 %)
Tidak Merokok	18 (31,6 %)	24 (42,1 %)	13 (22,8 %)	2 (3,5 %)	57 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4 %)	234 (100 %)

Responden yang merokok mempunyai angka persentase gangguan fungsi paru (restriksi sedang dan restriksi berat) yang lebih banyak dibandingkan dengan yang tidak merokok, dan angka persentase fungsi paru normal sama dengan responden yang merokok.

Lebih jauh bahwa pada responden yang merokok, ternyata 110 responden masih aktif merokok dan 67 responden telah berhenti merokok. Distribusi untuk hal tersebut di atas seperti pada tabel berikut ini :

Tabel.4.30. Distribusi Responden Merokok Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

SEKARANG MASIH MEROKOK	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Ya	31 (28,2 %)	51 (46,4 %)	27 (24,5 %)	1 (0,9 %)	110 (100 %)
Tidak	25 (37,3 %)	29 (43,3 %)	13 (19,4 %)		67 (100 %)
JUMLAH	56 (31,6 %)	80 (45,2 %)	40 (22,6%)	1 (0,6%)	177 (100 %)

Jika dibandingkan antara responden yang aktif merokok dengan yang telah berhenti merokok, ternyata pada responden yang masih aktif merokok mempunyai angka persentase yang lebih besar mengalami gangguan fungsi paru restriksi ringan (46,4 %), restriksi sedang (24,5 %) dan restriksi berat (0,9 %). Sedangkan responden yang sudah berhenti merokok mempunyai fungsi paru normal lebih besar (37,3 %) dibandingkan dengan responden yang masih merokok.

Kebiasaan merokok responden dengan menghisap rokok sampai dalam dada jika dihubungkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri didapatkan bahwa 1 responden (100 %) yang mempunyai kebiasaan menghisap merokok sampai dada mengalami gangguan fungsi paru restriksi berat, sedangkan pada responden yang tidak

mempunyai kebiasaan menghisap rokok sampai dalam dada tidak ada yang mengalami gangguan fungsi paru restriksi berat.

Jumlah rokok yang dihisap oleh responden berdasarkan interpretasi hasil pengukuran spirometri adalah sebagai berikut :

Tabel.4.31 Distribusi Jumlah Rokok Yang Dihisap Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spiromerti Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap Tahun 2001

JUMLAH ROKOK YG DIHISAP	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
< 6 batang/ hari	13 (34,2 %)	18 (47,4 %)	7 (18,4 %)	-	38 (100 %)
6-12 batang/hari	15 (31,3 %)	22 (45,8 %)	11 (22,9 %)	-	48 (100 %)
13-24 batang/hari	3 (15 %)	10 (50 %)	7 (35 %)	-	20 (100 %)
> 24 batang/hari	-	1 (25 %)	2 (50 %)	1 (25 %)	4 (100 %)
JUMLAH	31 (28,2 %)	51 (46,4 %)	27 (24,5 %)	1 (0,9 %)	110 (100 %)

Responden yang merokok kurang dari 6 batang per hari mempunyai fungsi paru normal terbesar (34,2 %) dan gangguan fungsi paru restriksi sedang yang terkecil (18,4 %). Sedangkan pada responden yang merokok lebih dari 24 batang per hari telah mengalami gangguan fungsi paru restriksi sedang (50 %) dan restriksi berat (25%).

Riwayat penyakit responden dihubungkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.32 Distribusi Jenis Penyakit Yang Pernah di Derita Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

JENIS PENYAKIT	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Bronkitis	4 (14,3 %)	14 (50 %)	10 (35,7 %)	-	28 (100 %)
Flu alergi	14 (19,5 %)	34 (47,2 %)	24 (33,3 %)	-	72 (100 %)
Radang paru	1 (25 %)	3 (75 %)	-	-	4 (100 %)
Asma	-	-	2 (100 %)	-	2 (100 %)

Berdasarkan tabel di atas tampak bahwa responden yang menderita penyakit-penyakit pernapasan mempunyai fungsi paru normal lebih sedikit dan pada responden yang pernah menderita asma semuanya (100 %) telah mengalami gangguan fungsi paru restriksi sedang.

Gangguan kenyamanan kerja yang dirasakan oleh responden jika dihubungkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri didapatkan sebagai berikut :

Tabel.4.33 Distribusi Gangguan Kenyamanan Kerja Responden Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spirometri Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

MENGANGGU KENYAMANAN KERJA	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Ya	48 (31,4 %)	65 (42,5 %)	38 (24,8 %)	2 (1,3 %)	153 (100 %)
Tidak	26 (32,1 %)	39 (48,1 %)	15 (18,5 %)	1 (1,3 %)	81 (100 %)
JUMLAH	74 (31,6 %)	104 (44,4 %)	53 (22,6 %)	3 (1,4 %)	234 (100 %)

Responden yang menyatakan adanya gangguan kenyamanan kerja ternyata mengalami gangguan fungsi paru restriksi sedang (24,8 %) dan restriksi berat (1,3 %) sama dengan responden yang menyatakan tidak ada gangguan kenyamanan kerja.

Sebab gangguan kenyamanan kerja jika dihubungkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.34 Distribusi Sebab Gangguan Kenyamanan Kerja Menurut Interpretasi Hasil Pengukuran Spiromerti Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

SEBAB GANGGUAN KENYAMANAN KERJA	INTERPRETASI HASIL PENGUKURAN SPIROMETRI				JUMLAH
	NORMAL	RESTRIKSI RINGAN	RESTRIKSI SEDANG	RESTRIKSI BERAT	
Udara berdebu	22 (33,8 %)	27 (41,5 %)	14 (21,5 %)	2 (3,2 %)	65 (100 %)
Bahan/Zat/Uap kimia	4 (33,3 %)	5 (41,7 %)	3 (25 %)	-	12 (100 %)
Kebisingan	12 (27,9 %)	18 (41,9 %)	13 (30,2 %)	-	43 (100 %)
Suhu Panas	9 (40,9 %)	6 (27,3 %)	7 (31,8 %)	-	22 (100 %)
Getaran	1 (9,1 %)	9 (81,8 %)	1 (9,1 %)	-	11 (100 %)
JUMLAH	48 (31,4 %)	65 (42,5 %)	38 (24,8 %)	2 (1,3 %)	153 (100 %)

Tabel di atas menunjukkan bahwa responden yang menyatakan adanya gangguan kenyamanan kerja karena udara yang berdebu mengalami gangguan fungsi paru restriksi ringan (41,5 %), restriksi sedang (21,5 %) dan restriksi berat (3,2 %). Gangguan fungsi paru restriksi berat ini hanya terjadi pada sebab gangguan kenyamanan kerja karena udara yang berdebu.

Kebiasaan menggunakan alat pelindung diri berupa masker (42 responden) jika dihubungkan dengan interpretasi hasil pengukuran spirometri diketahui bahwa fungsi paru normal sebesar 28 responden (66,7 %), restriksi ringan 9 responden (21,4%), restriksi sedang 5 responden (11,9 %) dan tidak ada responden yang mengalami restriksi berat.

Hasil pengujian statistik dengan menggunakan Korelasi Parsial antara variabel independen dan variabel dependen dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel.4.35. Hasil Pengujian Korelasi Parsial antara Total Suspended Particulate (TSP) dengan Fungsi Paru Karyawan Pada PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap, Tahun 2001

INDEPENDEN VAR \ DEPENDEN VAR	% PRED FVC	% PRED FEV1	FEV1/FVC
	KADAR TSP	-,1424 (232) P= 0,29*	-,1443 (232) P= 0,27*
MASA KERJA	-,4324 (232) P= 0,00**	-,2477 (232) P= 0,00**	-,0102 (232) P= 0,877
LAMA PAPARAN	-,0282 (232) P= 0,667	-,382 (232) P= 0,56	-,0578 (232) P= 0,378*

* Signifikan, $p < 0,05$

** Signifikan, $p < 0,01$

Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa ada korelasi negatif antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan gangguan fungsi paru dengan parameter % prediksi *Forced Vital Capacity* (FVC), % Prediksi *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) dan perbandingan antara FEV1/FVC.

Besarnya rasio prevalensi pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi dan paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah di lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap adalah dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel.4.36 Distribusi Tinggi Rendah Kadar Total Suspended Particulate (TSP) Menurut Normal Tidak Normalnya Fungsi Paru Responden

KADAR TSP	FUNGSI PARU		JUMLAH
	TIDAK NORMAL	NORMAL	
Tinggi	40 (75,5 %)	13 (24,5 %)	53 (100 %)
Rendah	120 (66,3 %)	61 (33,7 %)	181 (100 %)
JUMLAH	160 (68,4 %)	74 (31,6 %)	234 (100 %)

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa responden yang berada pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi 75,5 % mengalami gangguan fungsi paru dan pada responden yang berada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah 66,3 % mengalami gangguan fungsi paru atau lebih rendah dibandingkan dengan pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi .

B. Pembahasan

Salah satu dampak negatif dari industri semen adalah timbulnya pencemaran udara oleh debu yang timbul baik dalam proses pengolahannya ataupun hasil dari industri itu sendiri. Debu ini akan mencemari baik daerah industri maupun lingkungannya, sehingga pekerja dan masyarakat di sekitar industri akan terpapar oleh debu baik karena bahan baku, bahan antara, ataupun produk akhir. Industri semen dengan penggunaan bahan baku alami yang besar seperti batu kapur (*limestone*), tanah liat (*clay and shale*), pasir silika (*silica sand*), gypsum dan pasir besi menghasilkan komposisi senyawa potensial di dalam contoh semen dengan kandungan terbesar adalah Kalsium Oksida (CaO), Silika Dioksida (SiO₂), dan yang terkecil adalah Alkali Oksida (Austin, George.T, 1996).

Faktor yang berpengaruh dalam timbulnya penyakit/gangguan pada saluran nafas akibat debu adalah faktor debu dan faktor individual (Yunus, 1997), serta faktor penyerta potensial seperti: umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, faktor alergen (Epler GR, 2000). Konsekuensi patologis dan klinis exposure debu terhadap fungsi paru sangat bervariasi dan tergantung dari faktor-faktor tersebut di atas.

Uji spirometri merupakan pemeriksaan terhadap fungsi ventilasi dengan menggunakan alat spirometer yang mengukur arus udara dalam satuan isi dan waktu. Uji fungsi paru ini penting sebagai bagian dari evaluasi klinis dan menempatkannya sebagai alat bantu diagnosis. Walaupun uji ini hanya memperlihatkan pengaruh yang ditimbulkan penyakit/paparan terhadap fungsi paru, dan tidak dapat digunakan untuk mendapatkan diagnosis dasar perubahan patologis tetapi dapat memberikan informasi yang berharga (Anderson P.S, Mc Carty W.L, 1995)

Riwayat pekerjaan penting dalam memperkirakan lingkungan atau pekerjaan sebagai faktor yang menimbulkan paparan pada penderita (Aditama, 1999). Responden

dengan masa kerja kurang dari 5 tahun telah mengalami gangguan fungsi paru berupa restriksi ringan, lebih lanjut lagi pada masa kerja 11–15 tahun ada yang mengalami restriksi berat dan responden dengan masa kerja lebih dari 20 tahun mengalami restriksi berat lebih banyak lagi (Tabel.4.23). Fenomena yang sama seperti di atas juga terjadi masa kerja responden di departemen, yang cenderung berbanding lurus dengan terjadinya gangguan fungsi paru .

Area kerja responden berhubungan erat dengan paparan debu yang diterima setiap harinya. Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) di area kerja bervariasi (Tabel.4.21), mulai dari yang terendah sebesar $0,03 \text{ mg/m}^3$ (Pos Djuanda) sampai dengan yang tertinggi $18,05 \text{ mg/m}^3$ (*Cement Mill CP.2*). Responden yang bekerja pada area kerja dengan kondisi TSP tinggi ($> \text{NAB}$) seperti pada *Cement Mill CP. 1* ($18,05 \text{ mg/m}^3$) dan *Cement Mill CP.1* ($14,54 \text{ mg/m}^3$) telah mengalami gangguan fungsi paru mulai restriksi ringan, restriksi sedang dan restriksi berat lebih besar dibandingkan dengan area kerja lainnya, dan sebaliknya mempunyai jumlah fungsi paru normal yang lebih sedikit (Tabel.4.26). *Cement Mill (Finish Mill)* merupakan suatu area yang digunakan untuk menggiling semen, sebagai proses lanjut setelah bahan melalui *clinker* dan ditambah dengan gypsum sebesar 3–4 %. Dalam *Cement Mill* terdapat bola-bola kaca berdiameter 5–8 cm, sehingga cara penggilingannya adalah dengan benturan antara bola-bola tersebut. Hasil dari *Cement Mill* dimasukkan dalam *Air Separator* untuk pengayakan, material yang kasar kembali ke *Cement Mill* dan material yang halus (berupa tepung) dimasukkan ke dalam *Cement Silo* yang siap di distribusikan dalam bentuk *Bulk* serta siap untuk diproses ke bagian pengantongan (*Packing*). Melihat proses di atas jelas bahwa pada area kerja tersebut akan banyak menghasilkan debu dibandingkan dengan area kerja lainnya. Hal tersebut membuktikan bahwa kontak pada area kerja yang mempunyai konsentrasi debu tinggi cenderung akan lebih besar

untuk terkena gangguan fungsi paru restriktif. Secara patofisiologis dapat dijelaskan bahwa debu yang diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid dengan kandungan terbesar CaO dan SiO₂. Partikel yang berukuran kurang dari atau sama dengan 5 mikron dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran 1 mikron memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit di alveoli. Partikel debu yang masuk ke dalam alveoli akan membentuk fokus dan berkumpul dibagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag seperti silika bebas akan 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 intertestisial. Akibat fibrosis paru akan menjadi kaku, dan menimbulkan gangguan pengembangan paru, yaitu kelainan paru yang restriktif. Sedangkan kandungan kapur yang terdapat dalam debu semen termasuk dalam debu inert (dianggap tidak merusak jaringan paru), walaupun belakangan diketahui bahwa tidak ada debu yang benar-benar inert. Dalam konsentrasi besar semua debu akan merangsang dan menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi tersebut berupa produksi lendir berlebihan dan bila terus berlangsung dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Tidak satupun responden ditemukan mempunyai gangguan fungsi paru obstruktif.

Lama paparan berkaitan dengan jumlah jam kerja yang dihabiskan responden di area kerja. Semakin lama responden menghabiskan waktu untuk bekerja di area kerjanya, maka akan semakin lama pula paparan debu semen yang diterimanya, sehingga kemungkinan untuk terjadi gangguan fungsi paru juga akan lebih besar (Tabel. 4.27), tetapi hal tersebut juga tergantung dari konsentrasi debu yang ada di area

kerja dan mekanisme *clearance* dari masing-masing individu. Pada pekerjaan administrasi responden yang mempunyai angka persentase fungsi paru normal cenderung lebih banyak dibandingkan dengan pekerjaan teknis/lapangan. Hal ini disebabkan waktu untuk kontak di area kerja/lokasi industri semen pada pekerjaan yang sifatnya teknis mempunyai frekuensi yang semakin sering dibandingkan dengan responden pada pekerjaan non teknis (administrasi). Hal di atas juga dapat dibuktikan pada departemen dimana responden bekerja. Pada departemen non teknis (Kontrol Proses, Staf Divisi Operasional, Perencanaan Produksi, Umum dan Administrasi, Marketing, Accounting, Sumber Daya Manusia) cenderung mempunyai jumlah fungsi paru normal yang lebih banyak dibandingkan dengan departemen lainnya (departemen teknis) (Tabel.4.25).

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di depan dapat diketahui bahwa masa kerja, area kerja (termasuk jabatan dan departemen) dan jam kerja/lama paparan berhubungan dengan terjadinya gangguan fungsi paru. Seperti diketahui bahwa reaksi-reaksi yang timbul akibat debu terinhalasi tergantung dari sifat alamiah kimia dari debu, ukuran debu; distribusi dari partikel yang terinhalasi, kadar partikel debu, lamanya paparan, kerentanan individu dan pembersihan partikel debu (WHO,1996; Aditama,1992;1999).

Umur dan kebiasaan merokok merupakan faktor penyerta potensial terjadinya gangguan terhadap fungsi paru (Epler.GR,2000). Hasil pengukuran spirometri pada responden menunjukkan adanya kecenderungan semakin muda umur responden maka gangguan fungsi parunya pun akan semakin kecil atau sebaliknya semakin tua umur responden maka gangguan fungsi parunya juga akan semakin besar (Tabel. 4.22).

Hasil pengukuran spirometri pada responden yang merokok ternyata telah mengalami gangguan fungsi paru restriksi ringan, sedang dan berat dengan jumlah

lebih banyak dibandingkan dengan responden yang tidak merokok (Tabel.4.29). Walaupun dari responden yang merokok, sebagian (37,9 %) telah berhenti merokok, tetapi jika dibandingkan antara yang aktif merokok dan yang telah berhenti merokok hasilnya tetap mendukung bahwa pada responden yang masih aktif merokok mengalami gangguan fungsi paru restriksi ringan, sedang, dan berat dengan jumlah yang lebih besar juga dibandingkan dengan yang telah berhenti merokok (Tabel.4.30). Hasil tersebut di atas juga diperberat lagi dengan kebiasaan merokok responden yang menghisap rokok sampai dalam dada dan jumlah rokok yang dihisap yang berbanding lurus dengan terjadinya gangguan fungsi paru (Tabel.4.31). Secara teoritis dikatakan bahwa merokok merupakan salah satu hal yang dapat mengganggu mekanisme pertahanan saluran pernafasan, sehingga akan memudahkan seseorang terserang oleh masuknya benda asing (debu) yang masuk bersama udara inspirasi terutama pada bagian makrofag alveolar yang dapat membersihkan paru-paru secara menakjubkan (Anderson P.S, Mc Carty W.L,1995).

Penyakit-penyakit pernafasan dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi, letak anatomis, sifat kronik penyakit dan perubahan-perubahan struktur serta fungsi. Penyakit pernafasan yang diklasifikasikan dengan disfungsi ventilasi dibagi dalam 2 katagori, yaitu penyakit yang terutama menyebabkan gangguan ventilasi obstruktif dan penyakit yang mengakibatkan gangguan ventilasi restriktif. Klasifikasi ini dipilih karena uji spirometri dan uji fungsi ventilasi lain hampir dilakukan secara rutin dan kebanyakan penyakit-penyakit pernafasan akan mempengaruhi ventilasi. Sedangkan gangguan paru yang tidak termasuk penyakit obstruktif atau restriktif salah satunya adalah Tuberkulosis.

Riwayat penyakit yang diderita responden mulai yang terbesar adalah flu karena alergi, bronkitis, radang paru dan asma (Tabel.4.16). Pada 28 responden yang

menderita bronkitis ternyata hanya 14,3 % yang mempunyai fungsi paru normal. Hal diatas juga sejalan dengan responden yang menderita flu karena alergi, radang paru, dan asma dimana diketahui bahwa responden dengan fungsi paru normal jumlahnya lebih kecil dibandingkan dengan yang telah mengalami gangguan fungsi paru (restriksi). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penyakit bronkitis, flu karena alergi, radang paru dan asma berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru (hasil pengukuran spirometri).

Gangguan kenyamanan kerja telah dinyatakan oleh 65,4 % reponden dan sebagai salah satu penyebab terbesar adalah karena udara yang berdebu (42,5 %) sehingga telah berakibat pada terjadinya gangguan fungsi paru berupa restriksi ringan sampai dengan berat. Walaupun kebiasaan menggunakan alat pelindung diri telah dilakukan oleh sebagian besar responden (61,1 %) tetapi angka gangguan fungsi paru (mengalami restriksi) masih besar. Hal ini kemungkinan terjadi karena alat pelindung diri yang digunakan tidak sesuai dengan sebab gangguan, hal tersebut dapat diketahui pada responden yang menggunakan alat proteksi yang tepat yaitu berupa masker diketahui mempunyai fungsi paru normal sebesar 66,7 %. Disamping itu secara teori menyebutkan bahwa setiap individu mempunyai mekanisme pertahanan saluran nafas, yang berupa refleks menelan atau refleks muntah yang mencegah masuknya makanan atau cairan kedalam trakea, juga kerja eskalaotor mukosiliaris yang menjebak debu dan bakteri kemudian memindahkannya ke kerongkongan. Refleks batuk merupakan mekanisme lain yang lebih kuat untuk mendorong sekresi ke atas sehingga dapat ditelan atau dikeluarkan. Makrofag alveolar merupakan pertahanan yang paling akhir dan paling penting terhadap inhalasi ke paru-paru. Partikel debu kemudian diangkut oleh makrofag ke pembuluh limfe atau bronkiolus dimana partikel tersebut akan dibuang oleh eskalator mukosiliaris (Anderson P.S, Mc Carty W.L,1995).

Pengujian hipotesis menggunakan uji korelasi parsial, sebelum dilakukan pengujian dilakukan uji normalitas terhadap distribusi data dengan menggunakan uji *One Sample Kolmogorov Smirnov Test*. Berdasarkan uji tersebut diketahui bahwa distribusi data adalah normal (hasil pengujian terlampir), sehingga data diatas dapat diuji dengan menggunakan uji korelasi parsial .

Hipotesa yang diajukan adalah sebagai berikut :

H_0 = Tidak ada hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan Industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap.

H_a = Ada hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan Industri Semen Cibinong, Pabrik Cilacap.

Hasil uji korelasi adalah sebagai berikut :

1. % Prediksi *Forced Vital Capacity* (FVC) didapatkan bahwa nilai $r = - 0.142$ dengan nilai Syg (2-tailed) adalah 0,029 nilai tersebut lebih kecil dari p value sebesar 0,05.
2. % Prediksi *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) didapatkan bahwa nilai $r = - 0.144$ dengan nilai Syg (2-tailed) adalah 0,027 nilai tersebut lebih kecil dari p value sebesar 0,05.
3. FEV1/ FVC didapatkan bahwa nilai $r = - 0.075$ dengan nilai Syg (2-tailed) adalah 0,253 nilai tersebut lebih kecil dari p value sebesar 0,05.

Dengan demikian maka H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti ada hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan Industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap.

Untuk lebih meyakinkan hasil korelasi di atas, dilakukan pengujian dengan menggunakan *independent sample t test*.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada *levene's test for equality of variances* sebagai berikut :

LEVENE'S TEST	FUNGSI PARU		
	% PREDIKSI FVC	% PREDIKSI FEV1	FEV1/ FVC
F	0,47	1,00	0,223
Sig	0,828	0,752	0,637

Hasil di atas menunjukkan bahwa semua nilai probabilitas $> 0,05$ berarti bahwa varian nilai persen prediksi *Force Vital Capacity* (FVC), *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) pada kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah sama dengan varian nilai persen prediksi *Force Vital Capacity* (FVC), *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) pada kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi. Karena tidak ada perbedaan yang nyata dari kedua varians maka untuk membandingkan rata-rata populasi menggunakan t test dengan dasar *Equal Varians Assumed*. Hasil perhitungan sebagai berikut :

EQUAL VARIANS ASSUMED	FUNGSI PARU		
	% PREDIKSI FVC	% PREDIKSI FEV1	FEV1/ FVC
t	2,386	2,405	-0,687
df	232	232	232
Sig. (2-tailed)	0,018 *	0,017 *	0,49

* $p < 0,05$

Nilai probabilitas % prediksi FVC dan FEV1 $< 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai persen prediksi *Force Vital Capacity* (FVC) dan *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) pada kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah berbeda dengan rata-rata nilai persen prediksi *Force Vital Capacity* (FVC) dan *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) pada kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi.

Besarnya rasio prevalensi pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi dan *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah di lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap adalah sebagai berikut:

KADAR TSP	FUNGSI PARU		JUMLAH
	TIDAK NORMAL	NORMAL	
Tinggi	40	13	53
Rendah	120	61	181
JUMLAH	160	74	234

Rasio prevalensi (RP) = A/ A+B : C/ C+D

$$= 40/53 : 120/181 = 1,12$$

Dengan hasil nilai rasio prevalen > 1, maka paparan kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) pada lingkungan industri Semen Cibinong, Pabrik Cilacap merupakan faktor resiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.

BAB . V

KESIMPULAN

Berdasarkan pada uraian yang telah dikemukakan di depan didapatkan beberapa hal sebagai berikut :

A. Kesimpulan

1. Kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) di lingkungan industri semen Cibinong Pabrik Cilacap tertinggi pada area *Cement Mill CP. 2* ($18,05 \text{ mg/m}^3$) dan terendah pada Pos Djuanda ($0,03 \text{ mg/m}^3$).
2. Hasil pengukuran fungsi paru menunjukkan bahwa 31,6 % responden mempunyai fungsi paru normal dan sisanya 68,4 % telah mengalami gangguan fungsi paru (restriksi ringan, sedang dan berat).
3. Ada hubungan negatif antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap.
4. Besarnya rasio prevalensi pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi dan paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah di lingkungan industri Semen Cibinong, Pabrik Cilacap terhadap terjadinya gangguan fungsi paru karyawan adalah 1,12.

B. Saran

1. Kepada peneliti lain

Kepada peneliti lain yang ingin mengkaji lebih dalam tentang paparan debu semen dan gangguan fungsi paru hingga bisa menjelaskan kausalitas sebaiknya melakukan penelitian dengan desain *case control*.

2. Kepada pihak manajemen P.T. Semen Cibinong, Pabrik Cilacap

- a. Dalam melaksanakan rekrutmen karyawan baru hendaknya melakukan *medical chek up* sampai dengan pengukuran fungsi paru, sehingga dapat diketahui bahwa karyawan yang akan diterima benar-benar baik fungsi parunya sebelum memulai bekerja.
- b. Melakukan upaya pengendalian lingkungan dengan memperbaiki sistem pengolah debu di area Cement Mill sehingga kualitas debu udara ambien di lingkungan kerja tersebut dapat dibawah nilai ambang batas.
- c. Pemberlakuan dengan ketat alat proteksi pernapasan terutama masker bagi karyawan bila berada di area lingkungan industri semen (out door).

BAB. VI

RINGKASAN

Debu (partikel) yang timbul pada proses pengolahan atau hasil dari industri semen akan mencemari daerah industri atau lingkungannya, sehingga pekerja dan masyarakat di sekitar industri semen terpapar oleh debu baik karena bahan baku, bahan antara, atau produk akhir. Salah satu akibat dari paparan debu semen tersebut adalah terganggunya fungsi fisiologis paru-paru dan saluran pernapasan seperti: iritasi saluran pernapasan, peningkatan produksi lendir, penyempitan saluran pernapasan, lepasnya silia dan lapisan sel selaput lendir, serta kesulitan bernapas (Mukono,2000)

Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan akibat debu (Yunus,1999), salah satunya adalah faktor debu antara lain konsentrasi atau kadar dari debu. Berdasarkan hasil survey pendahuluan diketahui bahwa hasil pemeriksaan kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) diberbagai lokasi area kerja pada Semen Cibinong Pabrik Cilacap dengan hasil rata-rata tertinggi adalah $7,97 \text{ mg/m}^3$ (*Cement Mill CP. 1*) dan terendah sebesar $0,07 \text{ mg/m}^3$ (*Raw Feed Bin*). Hasil pemeriksaan fungsi paru menunjukkan bahwa sebesar 34,4 % pekerja telah mengalami gangguan fungsi paru, selain itu diketahui bahwa pola penyakit terbesar yang dilaporkan oleh poliklinik adalah penyakit pernapasan (44 %). Fenomena di atas menunjukkan adanya bahan-bahan yang berpengaruh terhadap kesehatan khususnya pada fungsi paru. Atas dasar itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian untuk mengetahui hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap dan sekaligus menilai besarnya rasio prevalensi pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi dan rendah terhadap terjadinya gangguan fungsi paru karyawan.

Evaluasi terhadap ancaman kesehatan (*Health Hazard Evaluation*) dari berbagai potensi bahan baik yang bersifat kimia-fisik, biologik, maupun psikososial, merupakan tahap awal yang penting dalam melaksanakan program kesehatan kerja. Pabrik semen dalam proses produksinya banyak menghasilkan bahan pencemar debu, sehingga dalam melaksanakan evaluasi perlu memperhatikan komposisi kimiawi, ukuran aerodinamik dan kadar dari debu tersebut karena berhubungan dengan deposit debu di saluran pernapasan serta nilai ambang batas yang berlaku (Malaka,1997). Spesifikasi kimia semen portland yang terbesar adalah CaO, diikuti oleh SiO₂ dan yang terkecil merupakan Alkali Oksida (Austin G.T,1996).

Faktor yang dapat berpengaruh pada inhalasi bahan pencemar kedalam paru adalah faktor komponen fisik (bahan yang diinhalasi, ukuran dan bentuk, kelarutan dan nilai higroskopis), faktor komponen kimiawi (tingkat alkalinitas) dan faktor manusia (sistem pertahanan paru, lama paparan dan kerentanan individu) (Amin,1996). Reaksi-reaksi yang timbul akibat debu yang terinhalasi pada jaringan paru tergantung dari sifat alamiah kimia dari debu, ukuran debu, distribusi dari partikel, kadar partikel debu, lamanya paparan, kerentanan individu dan pembersihan partikel debu (WHO,1996; Aditama,1999).

Deteksi dini kelainan paru akibat kerja dapat dilakukan dengan mengetahui riwayat medis/pekerjaan. Hal ini penting dalam memperkirakan lingkungan atau pekerjaan sebagai faktor yang menimbulkan paparan pada penderita dan memperkirakan waktu yang diperlukan antara paparan dan awitan gejala (Aditama,1999). Selain hal tersebut di atas, deteksi dini kelainan paru juga dapat dilakukan uji fungsi paru dengan menggunakan spirometer, yang merupakan pemeriksaan terhadap fungsi ventilasi. Walaupun uji ini tidak dapat digunakan untuk mendapatkan diagnosis dasar perubahan patologis, tetapi beberapa penyakit mempunyai gangguan fungsi yang khas dan dapat dibedakan antara ventilasi

obstruktif dan ventilasi restriktif (Anderson P.S, Mc Carty.W.L,1995). 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) (Assegaf, 1993).

Konsekuensi patologis dan klinis akibat paparan terhadap debu sangat bervariasi. Bagian alat pernapasan yang terkena respons paparan tergantung dari sifat kimia, fisika dan toksisitasnya. Akibat debu yang masuk jaringan alveoli sangat tergantung dari solubilitas dan reaktivitasnya. Debu yang dapat mencapai alveoli akan diikat oleh makrofag, dikeluarkan bersama sputum atau tertelan dan dapat mencapai interstitial. Mekanisme *clearance* dari alveoli sangat efisien dan efektif dalam mengeliminasi debu. Debu non fibrogenik akan menimbulkan reaksi berupa produksi lendir yang berlebihan dan dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Jaringan paru juga dapat berubah dengan terbentuknya jaringan ikat retikulin. Penyakit ini disebut pneumokoniosis non kolagen. Sedangkan debu fibrogenik dapat menimbulkan reaksi jaringan paru sehingga terbentuk jaringan parut (fibrosis). Penyakit ini disebut dengan pneumokoniosis kolagen (Parkes,1982; WHO,1986).

Landasan teori penelitian ini bahwa debu dapat diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid atau suatu campuran dan asap. Partikel yang berukuran kurang dari atau sama dengan 5 mikron dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran 1 mikron memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit di alveoli. Partikel debu yang masuk ke dalam alveoli akan membentuk fokus dan berkumpul dibagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag seperti silika bebas akan 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 intertestisial. Akibat fibrosis paru akan menjadi kaku, dan menimbulkan gangguan pengembangan paru, yaitu kelainan paru yang restriktif.

Penelitian ini merupakan penelitian survei observasional analitik dengan pendekatan *Cross sectional*. Sebagai populasi adalah karyawan P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap yang melakukan *medical chek up* pada bulan November 2001 dengan jumlah 704 orang. Pengambilan sampel dengan menggunakan teknik *simple random sampling*, besar sampel ditentukan dengan perhitungan menggunakan rumus dari Lameshow (1997) dengan jumlah 234 orang. Kriteria inklusi yang digunakan adalah bersedia mengikuti penelitian dan berjenis kelamin laki-laki. Sedangkan kriteria eksklusi adalah tidak menderita penyakit pernapasan pada saat dilakukan penelitian. Pengumpulan data dari variabel-variabel yang diteliti merupakan data sekunder dari pihak P.T. Semen Cibinong Pabrik Cilacap dan data primer dari hasil pengisian kuesioner. Pengolahan data dengan menggunakan program *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) versi 9.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa riwayat pekerjaan (masa kerja, departemen tempat bekerja, area kerja, dan lama jam kerja) merupakan faktor yang berhubungan dengan terjadinya gangguan fungsi paru. Umur dan kebiasaan merokok merupakan faktor penyerta terjadinya gangguan fungsi paru yang bersifat restriktif, dimana terdapat kecenderungan semakin muda umur maka gangguan fungsi parunya akan semakin kecil dan sebaliknya. Demikian juga dengan kebiasaan merokok, diketahui bahwa ada kecenderungan pada responden yang merokok, jumlah yang mengalami gangguan fungsi paru restriktif lebih besar dibandingkan dengan responden yang tidak merokok. Penyakit-penyakit pernapasan akan mempengaruhi dan

menyebabkan gangguan ventilasi yang pada akhirnya juga akan mempengaruhi hasil uji spirometri. Gangguan kenyamanan kerja karena udara yang berdebu telah dinyatakan oleh sebagian responden (42,5 %). Pembuktian hipotesa dilakukan dengan menggunakan uji korelasi parsial didapatkan bahwa :

1. % Prediksi *Forced Vital Capacity* (FVC) didapatkan bahwa nilai $r = - 0.142$ dengan nilai *Syg* (2-tailed) adalah 0,029 nilai tersebut lebih kecil dari *p* value sebesar 0,05.
2. % Prediksi *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) didapatkan bahwa nilai $r = - 0.144$ dengan nilai *Syg* (2-tailed) adalah 0,027 nilai tersebut lebih kecil dari *p* value sebesar 0,05.
3. FEV1/ FVC didapatkan bahwa nilai $r = - 0.075$ dengan nilai *Syg* (2-tailed) adalah 0,253 nilai tersebut lebih kecil dari *p* value sebesar 0,05.

dengan demikian H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti ada hubungan antara kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan fungsi paru karyawan di lingkungan industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap. Kemudian hasil tersebut diatas diuji lagi dengan menggunakan *Independent Sample t Test*, dengan menggunakan dasar *Equal Varians Assumed* didapatkan nilai probabilitas % prediksi FVC = 0,018 dan % prediksi FEV1 = 0,017 ($p < 0,05$), maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai persen prediksi *Forced Vital Capacity* (FVC) dan *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) pada kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah berbeda dengan rata-rata nilai persen prediksi *Forced Vital Capacity* (FVC) dan *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1) pada kadar *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi. Besarnya rasio prevalensi pada paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) tinggi dan paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) rendah di lingkungan industri Semen Cibinong Pabrik Cilacap terhadap terjadinya gangguan fungsi paru karyawan adalah 1,12 yang berarti bahwa paparan kadar *Total Susepended Particulate* (TSP) pada lingkungan industri

Semen Cibinong Pabrik Cilacap merupakan faktor resiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.

Kepada peneliti lain yang ingin mengkaji lebih dalam tentang paparan debu semen dan gangguan fungsi paru hingga bisa menjelaskan kausalitas sebaiknya melakukan penelitian dengan desain *case control*. Kepada pihak manajemen PT. Semen Cibinong Pabrik Cilacap diharapkan melakukan upaya pengendalian lingkungan dengan memperbaiki sistem pengolah debu di area Cement Mill sehingga kualitas debu yang dihasilkan dibawah nilai ambang batas.

DAFTAR PUSTAKA

Assegaf.H. **Nilai Normal Faal Paru Orang Indonesia Pada Usia Sekolah dan Pekerja Dewasa Berdasarkan Rekomendasi American Thoracic Society (ATS) 1987.** Airlangga University Press. Surabaya. 1993; 5-27.

Aditama.T.Y. Penyakit Paru Akibat Kerja. **Majalah Medika** Vol.2. Tahun1992 ; 46-51.

Aditama.T.Y. Penilaian Polusi Udara. **Jurnal Respirologi Indonesia** Vol. 19. Tahun 1999; 4-10.

Amin.M. Pengaruh Polusi Udara Terhadap fungsi Paru. **Majalah Paru** Vol.15. Tahun 1995; 137-145.

Amin.M. Hubungan Antara Debu Kapas Dengan Kelainan Faal Paru. **Jurnal Respirologi Indonesia** Vol. 16. Tahun 1996; 8-22.

Amin.M. **Faal Paru Klinik.** Kursus Asma. Surabaya Tanggal 24- 30 Agustus 1983.

Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal). **Peraturan Pemerintah Nomor : 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara,** Jakarta, 1999.

Biro Pusat Statistik. **Statistik Industri Tahun 1998.** Jakarta. 1999.

Balai Hyperkes. **Laporan Hasil Pengukuran Kualitas Udara pada Semen Cibinong. Pabrik Cilacap.** 2000.

Churg.A.W. **Small Airways Diseases And Mineral Dust Exposure.** Am. Rev. Respir. Dis.1985; 43-139.

Departemen Tenaga Kerja R.I. **Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor : SE-01/Men/1997, tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja.** Jakarta. 1997.

Epler.G.R. **Environmental and Occupational Lung Disease.** In : **Cinical Overview Of Occupational Lung Diseases.** Return To Epler.Com, 2000; 1-9.

Gordes.L. **Epidemiology.** W.B.Sounders.1995;137-139

Knapp.G.R, Miller. M.C, **Clinical Epidemiology and Biostatistics.** Harval Publishing Company. Malvern. Pensylvania. 1992; 255-271.

UPT-PUSTAK-UNDIP

Junaidi.P. **Pengantar Analisis Data**. Rhineka Cipta. Jakarta. 1995; 62-80

Kenneth.W. **Air Pollution**. Second Edition. Harper and Row Publishers. New York. 1981; 6

Koentjaraningrat. **Metode-Metode Penelitian Masyarakat**. Edisi 3. P.T. Gramedia. Jakarta.1997; 70-108, 292-317.

Magnani.C, Leporati.M. Mortality From Lung Cancer and Population Risk Atributable to Asbestos in an AsbestosCement Manufacturing Town in Italy. **Occupational Environmental Medicine**.1998;111-114

Lameshow S, Hosmer D, Klar J. **Besar Sampel Untuk Penelitian Kesehatan**. Edisi Bahasa Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 1997; 57

Scott.R.M.. **Chemical Hazard in the Work Place**. Lewis Publisher. Michigan. 1989; 33-38.

Michael.J.G.**Air Pollutant**. Clays Hand Book of Environmental Health. Sixteenth Edition.Chapman and Hall Medical. London, 1992.

Mukono. **Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan**. Airlangga University Press. Surabaya. 2000; 10-17.

Malaka.T. Evaluasi Bahan Pencemar di Udara Lingkungan. **Jurnal Respirologi Indonesia**. Vol. 16. Tahun 1996; 32-127.

Murti. B. **Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.1997; 72-81, 104-109, 214

Talbot.E.O. **Introduction to Environmental Epidemiology**. Lewis Publisher. Michigan. 1995.

Program Pasca Sarjana UNDIP. **Petunjuk Penulisan Thesis**. Semarang. 2001.

Parkes.W.R. **Occupational Lung Disorders**. London Butterworth. 1982; 17-26, 45-53.

Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Universitas Gadjah Mada. **Kerangka Acuan ANDAL Rencana Pembangunan Pabrik Semen P.T. Semen Nusantara Cilacap**. Yogyakarta. 1996; II-1 – II-16.

Sukarman. **Kapasitas Pernafasan Untuk Evaluasi Faal Paru**. Desertasi di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Surabaya. 1978.

- Santoso. S. **Mengolah Data Statistik Secara Profesional**. P.T. Gramedia. Jakarta. 1999; 68-371.
- Soedomo. M. **Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara**. Penerbit ITB. Bandung. 1999; 155-170.
- Sumakmur.P.K. **Hygiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja**. Rineka Cipta. Jakarta. 1994; 124-140.
- Slamet.J.S. **Kesehatan Lingkungan**. Cetakan IV. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 2000; 54-59.
- Santoso. D. I. Penyakit Paru Suatu Investasi Penyakit. **Jurnal Respirologi Indonesia** Vol 21. Tahun 2001; 8-9.
- Suyanto. H. **Industri Semen dan Pengendalian Pencemaran Lingkungannya**. **Buletin Gema Teknologi FNGT UNDIP** Nomor 03. Tahun 1989.
- Sastroasmoro.S, Ismael. S. **Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis**. Bina Aksara. Jakarta. 1995; 67-77, 173-192
- Siabata Scientific Technology LTD. **Operation Manual for High Volume Air Sampler Model HVC-500**; 1-6.
- Sudrajat, Kustiawan.W, aipassa.M.I. **Manajemen Lingkungan Kerja**. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.1989;45-60
- Austin.G.T. **Industri Proses Kimia**. Penerbit Airlangga. Surabaya. 1996; 175-197.
- World Health Organozation. **Effect Air Pollutant on Human Health**. WHO Monograph Series. 1961; 46.
- Word Health Organization. **Early Detection of Occupational Diseases**. 1986.
- Yunus. F. Dampak Debu Industri pada Paru dan Pengendaliannya. **Jurnal Respirologi Indonesia**. Vol 17. Tahun 1997; 4-7.