

4 BKP Astoro laser Ungu

**FAKTOR - FAKTOR RISIKO PENURUNAN
KAPASITAS PARU PEKERJA TAMBANG
BATU KAPUR**

(STUDI KASUS PEKERJA INDUSTRI PENAMBANGAN BATU KAPUR
DI DESA DARMAKRADENAN KECAMATAN AJIBARANG
KABUPATEN BANYUMAS)



T E S I S

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN PERSYARATAN
MENCAPAI DERAJAD SARJANA S2**

MAGISTER EPIDEMIOLOGI

**BUDI UTOMO
NIM : E4D002067**

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2005**

LEMBAR PENGESAHAN

**FAKTOR-FAKTOR RISIKO PENURUNAN KAPASITAS PARU
PEKERJA TAMBANG BATU KAPUR**

(STUDI KASUS DI DESA DARMAKRADENAN KECAMATAN
AJIBARANG KABUPATEN BANYUMAS)

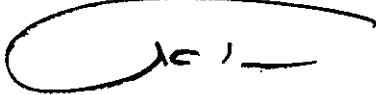
disusun oleh :
Nama : Budi Utomo
NIM : E4D002067

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 22 Februari 2005
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

Semarang,Maret 2005

Mengesahkan

Pembimbing Utama



Prof. DR.dr. Suharyo Hadisaputro, Sp.PD (K)

Pembimbing Kedua



Prof.dr. Pasiyan Rachmatullah, Sp.PD (KP)

Penguji I



drq. Henry Setyawan, M.Sc

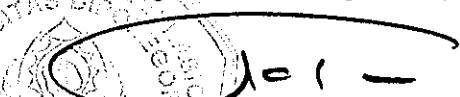
Penguji II



dr. M. Sakundarno Adi, M.Sc

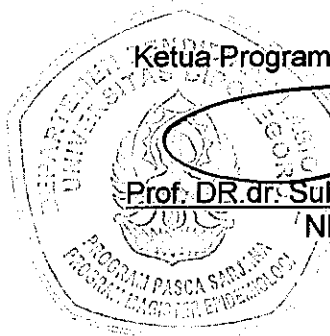
Mengetahui :

Ketua-Program Studi Magister Epidemiologi



Prof. DR.dr. Suharyo Hadisaputro, Sp.PD (K)

NIP. 130 368 070



PERNYATAAN

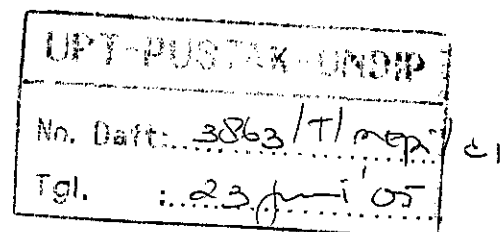
Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, 22 Februari 2005

Budi Utomo

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

- N a m a** : Budi Utomo
- Tempat dan Tanggal Lahir** : Kebumen, 28 Oktober 1967
- A g a m a** : I s l a m
- Riwayat Pendidikan** : 1. Tahun 1980, tamat SD Negeri III, Karanganyar, Kebumen.
2. Tahun 1983, tamat SMP Masehi Gombang.
3. Tahun 1986, tamat SMA Masehi Kebumen.
4. Tahun 1989, tamat APK-TS Depkes Yogyakarta
5. Tahun 1989, tamat FKM-UI Jakarta.
6. Program Pasca Sarjana, Program Studi Epidemiologi UNDIP, tahun 2002 sampai sekarang.
- Riwayat Pekerjaan** : 1. Tahun 1990 – 1993, Asisten Dosen APK-TS Yogyakarta.
2. Tahun 1993 – 2000, Dosen PAM-SKL Depkes Purwokerto.
3. Tahun 2000 – sekarang, Dosen Politeknik Kesehatan Semarang, Jurusan Kesehatan Lingkungan Purwokerto.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya, dengan judul “ Faktor-Faktor Risiko Penurunan Kapasitas Paru Pekerja Batu Kapur”

Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi, salah satu tugas akhir untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Epidemiologi Program Pasca Sarjana UNDIP Semarang.

Dalam penyusunan thesis ini penulis banyak mendapatkan bimbingan, arahan dan koreksi, sehingga penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. DR. dr. Suharyo Hadisaputro, Sp.Pd (K), selaku Ketua Program Studi Epidemiologi dan Pembimbing Utama.
2. Prof. Dr. Pasiyan Rachmatullah, Sp.PD (KP), selaku pembimbing II
3. drg. Henry Setyawan, M.Sc, selaku nara sumber dan Penguji I.
4. dr. M.Sakundarno Adi, M.Sc, selaku narasumber dan Penguji II.
5. Seluruh Staff Dosen Program Studi Epidemiologi.
6. Kepala dan staff Puskesmas Ajibarang I, yang telah memberikan ijin dan bantuan teknis dalam penelitian ini.
7. Kepala Desa Darmakradenan beserta perangkatnya, yang telah mendampingi sela pelaksanaan penelitian ini.

8. Bapak Sartono dan Mas Erwin, selaku koordinator pekerja tambang batu kapur, yang telah membantu mengkoordinir dan mengumpulkan para pekerja.
9. Kedua orang tuaku yang memberikan dorongan moril dan do'a.
10. Istri dan anakku tercinta yang terus memberikan kekuatan moril.
11. Semua rekan mahasiswa Magister Epidemiologi UNDIP, senasib sepenanggungan yang telah banyak berdiskusi guna penyempurnaan tesis ini

Penulis menyadari bahwa tesis ini ini masih kurang sempurna, oleh karena itu kritik dan saran selalu diharapkan , akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Semarang, 22 Maret 2005

Budi Utomo

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	li
PERNYATAAN.....	iii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR BAGAN.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	8
C. Tujuan	11
D. Manfaat Penelitian.....	13
E. Keaslian Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	18
A. Pencemaran Udara.....	18
B. Debu.....	20
C. Batu Kapur.....	23
D. Penyakit Paru Kerja.....	25
E. Mekanisme Penimbunan debu dalam Jaringan Paru.....	27
F. Pengaruh Debu Batu Kapur Terhadap Penurunan Fungsi Paru...	31
G. Volume Paru dan Kapasitas Paru	33

	H. Pemeriksaan Kapasitas Paru.....	35
	I. Faktor Risiko Penurunan Fungsi Paru.....	38
	J. Kerangka Teori.....	46
	K. Kerangka Konsep.....	48
	L. Hipotesis.....	49
BAB III	METODE PENELITIAN.....	51
	A. Rancangan Penelitian.....	51
	B. Lokasi Penelitian.....	52
	C. Populasi dan Sampel.....	52
	D. Variabel Penelitian.....	56
	E. Definisi Operasional Variabel.....	57
	F. Jenis Data	59
	G. Analisis Data.....	60
	H. Instrumen penelitian.....	61
	I. Prosedur Penelitian.....	64
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	66
	A. Hasil Penelitian	66
	B. Pembahasan	85
	C. Keterbatasan Penelitian.....	96
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN.....	98
	A. Simpulan	98
	B. S a r a n.....	99
BAB VI	RINGKASAN.....	101

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul Tabel	Hal.
Tabel. 1.1	Beberapa penelitian tentang kapasitas paru	14
Tabel. 2.1	Katagori hasil pembacaan fungsi paru menggunakan spirometer	37
Tabel. 2.2	Batas ambang indek massa tubuh (imt)	44
Tabel. 3.1	Nilai odds ratio beberapa variabel penelitian	52
Tabel. 3.3	Matrik pelaksanaan kegiatan penelitian	64
Tabel. 4.1	Distribusi karakteristik kapasitas paru responden	69
Tabel. 4.2	Distribusi umur responden	70
Tabel. 4.3	Distribusi tingkat pendidikan responden	70
Tabel. 4.4	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan umur	71
Tabel. 4.5	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan jenis kelamin	72
Tabel. 4.6	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan indek massa tubuh	73
Tabel. 4.7	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan riwayat penyakit paru	74
Tabel. 4.8	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan kadar debu total	74
Tabel. 4.9	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan masa kerja	75
Tabel. 4.10	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan jam kerja	76
Tabel. 4.11	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan jenis pekerjaan	77
Tabel. 4.12	Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan kebiasaan berolah raga	78

- Tabel. 4.13 Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan kebiasaan merokok 79
- Tabel. 4.14 Distribusi kasus dan kontrol berdasarkan kebiasaan memakai masker 80
- Tabel. 4.15 Hasil perhitungan statistik korelasi logistik faktor risiko dengan variabel dependent 81

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul Gambar	Hal.
Gambar 2.1	Anatomi saluran paru-paru Anatomi saluran paru-paru	29

DAFTAR BAGAN

No. Gambar	Judul Bagan	Hal.
Bagan 2.2	Kerangka Teori	46
Bagan 2.3	Kerangka Konsep	48
Bagan 3.1	Desain <i>case control study</i>	51
Bagan 3.2	Prosedur penelitian	65
Bagan 4.1	Tahap proses produksi batu kapur	68

DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Lampiran
Lampiran 1	Kuesioner
Lampiran 2	Check List
Lampiran 3	Foto Penelitian
Lampiran 4	Perhitungan Statistik
Lampiran 4	Peta Desa Darmakradenan
Lampiran 5	Surat Ijin Penelitian
Lampiran 6	Surat Pernyataan Telah Melaksanakan Penelitian

ABSTRAK

Budi Utomo

Faktor-Faktor Risiko Penurunan Kapasitas Paru Pekerja Tambang Batu Kapur
(Studi Kasus di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang
Kabupaten Banyumas Tahun 2005)

xiv, 107 halaman, 16 tabel, 3 gambar, 5 lampiran.

Pekerja industri batu kapur mempunyai risiko terpapar debu kapur, yang dapat berakibat pada penurunan kapasitas paru. Hasil studi pendahuluan pengukuran kapasitas paru terhadap 283 pekerja diketahui 24,0 % kapasitas paru normal, 28,6 % restriksi, 16,2 % obstruksi dan 31,1 % kombinasi restriksi dan obstruksi. Hal ini menunjukkan ada kenaikan prevalensi penurunan kapasitas paru pekerja tambang batu kapur dari 24,0 % tahun 1997 menjadi 75 % tahun 2004.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh antara faktor-faktor instrinsik dan ekstrinsik dengan kejadian penurunan kapasitas paru.

Jenis penelitian ini adalah penelitian analitik dengan metode survei dan pendekatan *case control*, terhadap 63 kasus dan 63 kontrol. Kasus adalah pekerja dengan kelainan kapasitas paru kombinasi restriksi dan obstruksi. Kontrol adalah pekerja dengan kondisi kapasitas paru normal. Sampel diambil secara random.

Hasil penelitian ini adalah (1) faktor-faktor instrinsik yang terbukti berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah indek masa tubuh kurus (OR=25,2; 95%CI=9,1-224,4). (2) Faktor faktor ekstrinsik yang terbukti berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah kadar debu lebih dari 350 mg/m³ udara / hari (OR=2,8; 95%CI=1,8-9,9), tahap proses produksi pembakaran (OR=7,9; 95% CI = 1,6-78,9), kebiasaan merokok tingkat sedang (OR=6,0; 95% CI=1,6-78,9), kebiasaan tidak pernah memakai masker (OR=5,4; 95% CI = 1,5-32,5).

Saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah perlu dilakukan rotasi jenis pekerjaan secara berkala. Pekerja perlu diberikan pemberian makanan tambahan, penyediaan dan pemakaian masker terhadap pekerja serta upaya mengurangi kebiasaan merokok.

Daftar bacaan : 50 buah
Tahun : 1986 - 2003
Kata kunci : Kapasitas Paru, Industri Batu Kapur, Faktor Risiko Kapasitas Paru, Faktor Instrinsik, Faktor Ekstrinsik

ABSTRACT

Budi Utomo

The risk factors of the decreasing of the lung capacity in the lime-stone mine worker
(A case study at Desa Darmakradenan, Ajibarang, Banyumas 2004)

xiv, 107 pages, 3 pictures, 5 index

The lime-stone industrial workers have a risk to be soiled the lime dust which is able to result in the impairment of the lung capacity. The initial research result on the measurement of the lung capacity to 283 workers was established that 24.0% of them had a normal lung capacity, 28.6 % had experienced lung restriction, 16.2 % had lung obstruction and 31.1% had suffered a combination of lung restriction and lung obstruction. The result showed there was an increased prevalence in the reduction of the lung capacity for the lime-stone worker from 24,0% in 1997 to 75% in 2004.

The aim of this study is to identify the involvement of the intrinsic and extrinsic factors to the reduction of the lung capacity incidence.

The type of this study was an analytic study with survey and used a case control approach to the 63 cases and 63 controls. The cases were the workers who suffered the impairment of the lung with the combination of lung obstruction and lung restriction. The controls were the worker with normal lung function. The sample was random sampling. The result revealed as followed (1) the proven intrinsic factors which related to the reduction of the lung capacity was thin body mass index (OR = 25,2; 95% CI = 9,1 – 224,4). (2) The shown extrinsic factors which related to the reduction of the lung capacity was the dust disposal more than 350 mg/m³ of air per day (OR = 2,8; 95% CI = 1,8 – 9,9), the stage of flame production process (OR = 7,9; 95% CI = 1,6-78,9), the moderate smoking habits (OR = 6,0; 95% CI = 1,6 – 78,9), and had never using mask (OR = 5,4; 95% CI = 1,5 – 32,5).

The recommendation of this study was the necessity of doing rotation regularly to the workers every 2 two years. The workers need to be provided an additional food, preparing and using masks for the workers and the effort of the smoking habits cutback.

References : 50

Year : 1986 – 2003

Key words : Lung capacity, lime stone, Darmakradenan Banyumas

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Pertumbuhan industri kecil khususnya di Jawa Tengah , sangat mendukung pertumbuhan perekonomian masyarakat, karena di samping memperluas lapangan kerja juga membantu perkembangan perekonomian daerah. Di samping dampak positif tersebut juga dapat memberikan kontribusi terhadap penurunan kualitas udara di lingkungan kerja dan lingkungan masyarakat, yang pada akhirnya dapat merugikan kesehatan pekerja dan masyarakat di sekitar industri. Guna menekan dampak negatif tersebut perlu adanya pengawasan kesehatan tenaga kerja.

Pengawasan keselamatan dan kesehatan kerja merupakan hal yang wajib dilaksanakan bagi industri besar dan industri kecil, berupa aplikasi higiene perusahaan kesehatan dan keselamatan kerja (hiperkes). Penerapan hiperkes bagi industri besar lebih mudah dilaksanakan dibandingkan industri kecil/rakyat. Hal ini disebabkan beberapa faktor, di antaranya keterbatasan modal untuk pengadaan sarana perlindungan tenaga kerja terhadap risiko bahaya kerja, tingkat pengetahuan tentang hiperkes yang rendah, perilaku penggunaan alat pelindung diri yang

dianggap mengganggu kerja, asupan gizi kerja yang tidak seimbang, (Ernowo 2001).

Dalam rangka perlindungan terhadap tenaga kerja, beberapa hal yang perlu mendapat perhatian di antaranya upah yang layak, jaminan sosial yang memadai, kondisi kerja aman, nyaman dan selamat yang pada gilirannya akan diperoleh tenaga kerja yang sehat efisien dan produktif. Ditinjau dari segi hiperkes salah satu faktor penyebab adalah adanya bahan-bahan yang digunakan dalam proses industri, baik sebagai bahan utama atau bahan tambahan seperti batu kapur yang berpotensi membahayakan bagi kesehatan tenaga kerja.

Salah satu industri yang mempunyai potensi berbahaya bagi tenaga kerja dan masyarakat di sekitar, adalah industri penambangan batu kapur (*limestone*). Eksploitasi sumber daya alam ini berpotensi pada kerusakan lingkungan yang sangat besar. Di samping itu melalui proses fisik dan kimia dalam pengolahan bahan baku cenderung menghasilkan polusi udara utama yaitu partikel debu. Debu ini akan mencemari daerah industri dan lingkungan, sehingga pekerja maupun masyarakat sekitar dapat terpapar oleh debu.

Debu sebagai partikel padat adalah komponen kimia dan salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran pernafasan. Komponen debu yang berbahaya bagi kesehatan paru meliputi, ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya

larut dan sifat kimiawi, serta lama paparan (Yunus, 1997). Selain komponen debu faktor instrinsik individu pekerja juga ikut mempengaruhi, yang meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran nafas serta faktor imunologis. Penilaian paparan pada manusia yang perlu dipertimbangkan antara lain sumber paparan atau jenis industri, lamanya paparan, paparan sumber lain, pola aktifitas sehari-hari dan faktor penyerta yang potensial seperti umur, jenis kelamin, etnis, kebiasaan merokok, dan faktor alergen (Epler GR, 2000).

Efek utama debu kapur terhadap tenaga kerja berupa kelainan paru baik bersifat akut dan kronis, terganggunya fungsi fisiologis, iritasi mata, iritasi sensorik, serta penimbunan bahan berbahaya dalam tubuh. Efek terhadap saluran pernafasan adalah terjadinya iritasi saluran pernafasan, peningkatan produksi lendir, penyempitan saluran pernafasan, lepasnya silia dan lapisan sel selaput lendir serta kesulitan bernafas (Mukono, 2000).

Paru merupakan organ manusia yang mempunyai fungsi sebagai ventilasi udara, difusi oksigen dan karbondioksida antara alveoli dan darah, transportasi oksigen dan karbondioksida dan pengaturan ventilasi serta hal-hal lain dari pernafasan (Anonim, 2003). Fungsi paru dapat menjadi tidak maksimal oleh karena faktor dari luar tubuh atau faktor ekstrinsik yang meliputi kandungan komponen fisik udara, komponen kimiawi dan faktor dari diri dari dalam tubuh penderita itu sendiri atau

instrinsik (Amin, 1996). Faktor ekstrinsik yang pertama adalah keadaan bahan yang diinhalasi (gas, debu, uap). Ukuran dan bentuk berpengaruh dalam proses penimbunan paru, demikian pula dengan kelarutan dan nilai higroskopisnya. Komponen kimia yang berpengaruh antara lain kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan di sekitarnya, keasaman atau tingkat alkalinitas (dapat merusak silia dan sistim enzim). Bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas di paru dan dapat bersifat antigen yang masuk paru. Faktor ekstrinsik lainnya adalah lamanya paparan, perilaku merokok, perilaku penggunaan alat pelindung diri terutama yang dapat melindungi sistim pernafasan dan kebiasaan berolah raga. Faktor instrinsik dari dalam diri manusia juga perlu diperhatikan, terutama yang berkaitan dengan sistim pertahanan paru, baik secara anatomis maupun fisiologis, jenis kelamin, riwayat penyakit yang pernah diderita, berat badan dan tinggi badan penderita dan kerentanan individu.

Penumpukan dan pergerakan debu pada saluran nafas dapat menyebabkan peradangan jalan nafas. Selanjutnya peradangan ini dapat menyebabkan penyumbatan jalan nafas, sehingga akhirnya dapat menurunkan kapasitas paru. (American Thoracic Society, 1995).

Penyakit paru akibat debu industri sering menimbulkan tanda dan gejala yang sama dengan penyakit paru yang disebabkan oleh faktor lain.

Penegakan diagnosis harus dilakukan dengan anamnesis yang teliti, meliputi riwayat pekerjaan, pemeriksaan faal paru (Yunus, 1997).

Dampak paparan debu yang terus menerus dapat menurunkan faal paru berupa obstruktif (Mukono, 2000). Akibat penumpukan debu yang tinggi di paru dapat menyebabkan kelainan dan kerusakan paru yang berarti. Penyakit akibat penumpukan debu pada paru disebut *pneumoconiosis*.

Salah satu bentuk kelainan paru yang bersifat menetap adalah berkurangnya elastisitas paru, yang ditandai dengan penurunan pada kapasitas vital paru. Prevalensi yang tinggi kasus ini berkorelasi dengan biaya kesehatan yang harus ditanggung oleh perusahaan untuk pengobatan dan rehabilitasi penderita. Untuk mengetahui secara dini, penegakan diagnosis kasus penurunan kapasitas paru harus dilakukan secara rutin, minimal setahun sekali dengan melakukan pengukuran kapasitas paru.

Beberapa penelitian tentang kapasitas paru dilaporkan bahwa terjadinya penyakit paru obstruksi kronis (PPOK) pada masyarakat Jawa Timur yang tinggal di kawasan industri di Kota Surabaya sebesar 13,5% dari 6.144 responden Mukono (1999). Di Bogor 10 % tenaga kerja industri meubel menderita PPOK (Hendrawati, 1998), di Boyolali 55,7 % pekerja pengrajin tembaga kapasitas parunya kurang dari normal (Syamsudin, 2003). Penurunan kapasitas paru juga terjadi pada pekerja penambangan

pasir dan pemecah batu, kelainan paru terjadi setelah terpapar 1 – 3 tahun, sedangkan pada pekerja industri keramik gejala klinik umumnya timbul setelah 5 tahun. Hasil survei tahun 1992, menunjukkan bahwa kematian karena penyakit bronchitis kronis, emfisema paru, serta asma bronkial menduduki peringkat ke 6 dari penyebab kematian terbanyak di Indonesia.

Salah satu sentra industri batu kapur di Kabupaten Banyumas, adalah kawasan industri penambangan kapur, yang terletak di Desa Darma Kradenan, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas. Industri batu kapur ini merupakan usaha kegiatan turun temurun dari orang tua. Jumlah industri yang aktif 27 buah dengan kapasitas produksi pertahun sekitar 5.640 ton/tahun. Industri kapur menyerap tenaga kerja sekitar 650 orang. Profil pekerja berasal dari daerah setempat dan sebagian kecil dari tetangga desa dan dari luar daerah. Sebagian besar (90 %) pekerja adalah laki-laki berusia antara 20 sampai 50 tahun. Dari pengamatan pendahuluan, sebagian besar mereka bekerja tanpa menggunakan alat pelindung diri, seperti masker, sarung tangan, sepatu boot dan kaca mata.

Hasil studi prevalensi pengukuran kapasitas paru tanggal 23 Agustus – 7 September 2004 terhadap 283 pekerja tambang batu kapur. Diperoleh data kapasitas paru pekerja normal 68 orang (24.03 %); dan kapasitas paru tidak normal 215 orang (75,97 %), yang terdiri dari restriksi 81 orang (28.62 %); obstruksi 46 orang (16.25 %) dan

kombinasi (obstruksi dan restriksi) 88 orang (31.10 %). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kasus hampir dua kali lipat dibanding tahun 1997, prevalensi kelainan kapasitas paru pekerja batu kapur sebesar 35 %. (DKK Banyumas dan Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, 1997)

Hasil pengukuran kualitas debu total menggunakan alat *dustfall collector* (alat pengukur debu jatuhan) oleh Dinas Kesehatan Kabupaten Banyumas rata-rata 430,50 mg/m³ udara. Kadar debu terendap ini sudah melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan sebesar 350 mg/m³ udara. Data kesehatan haji Banyumas tahun 2003 juga memperlihatkan hasil foto rontgen paru pada peserta jemaah haji yang berasal dari daerah penambangan kapur 70 % juga menunjukkan adanya kelainan paru (DKKS Kab. Banyumas 2003).

Menurut hasil Survei Kesehatan Rumah Tangga (SKRT) (1995),, penyakit saluran pernafasan merupakan penyebab kematian nomor dua pada semua kelompok usia, sedangkan pada tahun 1998 penyakit saluran pernafasan menduduki urutan nomor tiga, setelah gangguan perinatal dan penyakit jantung (Depkes, RI, 2001: 106). Data di Kabupaten Banyumas tahun 2000 menunjukkan bahwa TB paru menduduki urutan ketiga setelah penyakit stroke dan pembuluh darah, serta penyakit jantung (DKKS Kab Banyumas, 2000). Di wilayah Puskesmas Ajibarang I, data penyakit ISPA menduduki urutan pertama

dalam urutan sepuluh besar penyakit, urutan nomor dua dan tiga masing-masing dermatitis dan konjungtivitis. Salah satu langkah untuk mengatasi percepatan penurunan kapasitas paru pada pekerja tambang batu kapur tersebut adalah melakukan diagnosis dini, dengan melakukan pengukuran kapasitas paru, sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan (WHO, 1996).

Berdasarkan uraian di atas perlu untuk melakukan penelitian dengan judul “ Faktor-faktor risiko penurunan kapasitas paru pekerja tambang batu kapur ”. di kawasan industri batu kapur di Desa Darmakradenan Kabupaten Banyumas.

B. Perumusan masalah

Kasus kesehatan paru merupakan masalah kesehatan masyarakat yang prevalensinya cenderung meningkat. Salah satu di antaranya adalah menurunnya kapasitas paru, yang banyak dialami oleh pekerja penambangan batu kapur dengan lingkungan kadar debu yang tinggi. Dampak selanjutnya dapat menyebabkan turunnya produktifitas kerja, dan meningkatkan biaya yang harus ditanggung untuk pengobatan dan perawatan. Di samping faktor debu batu kapur faktor risiko lainnya adalah faktor individual meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran nafas serta faktor imunologis, pola aktifitas sehari-hari dan faktor penyerta yang potensial seperti umur, jenis kelamin, etnis,

kebiasaan merokok, perilaku penggunaan alat pelindung diri dan faktor alergen (Epler GR, 2000).

Secara garis besar identifikasi masalah penelitian sebagai berikut :

1. Pencemaran udara oleh debu kapur yang berpengaruh terhadap saluran pernafasan adalah iritasi saluran pernafasan, peningkatan produksi lendir, penyempitan saluran pernafasan, lepasnya silia dan lapisan sel selaput lendir.
2. Terjadi peningkatan kasus kejadian kapasitas paru tidak normal jumlah pekerja tambang batu kapur dari 35 % tahun 1997 menjadi 75 % tahun 2004.
3. Kasus penurunan kapasitas paru disebabkan oleh faktor ekstrinsik dan instrinsik.
4. Hasil pengukuran kualitas udara di kawasan industri batu kapur di desa Darmakradenan sudah melebihi nilai ambang batas, yaitu rata-rata 430,5 mg/m³ udara.

Dari identifikasi masalah di atas, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Masalah Umum.

Apakah faktor risiko instrinsik dan ekstrinsik berpengaruh terhadap penurunan kapasitas paru pekerja tambang batu kapur ?

2. Masalah khusus.

Masalah khusus dalam penelitian dibedakan menjadi dua yaitu masalah khusus faktor risiko instrinsik dan masalah khusus faktor risiko ekstrinsik ?

a. Masalah khusus faktor risiko instrinsik dalam penelitian ini adalah :

- 1) Apakah makin tua umur pekerja tambang batu kapur, makin besar risiko penurunan kapasitas paru ?
- 2) Apakah Indeks massa tubuh yang kurang dari 18,5 (kurus) mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru ?
- 3) Apakah pekerja tambang batu kapur dengan riwayat penyakit paru mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru ?

b. Masalah khusus faktor risiko ekstrinsik dalam penelitian ini adalah :

- 1) Apakah makin tinggi kadar debu total , makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru ?
- 2) Apakah makin lama masa kerja makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru ?
- 3) Apakah makin lama jam kerja semakin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru ?
- 4) Apakah pekerja pada tahap proses pembakaran batu kapur lebih besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru ?

- 5) Apakah makin tidak melakukan olah raga makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru ?
- 6) Apakah makin banyak jumlah rokok yang dihisap makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru ?
- 7) Apakah kebiasaan tidak memakai masker mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru ?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui faktor-faktor risiko instrinsik dan ekstrinsik yang berpengaruh terhadap penurunan kapasitas paru pekerja tambang batu kapur.

2. Tujuan khusus.

a. Mengetahui apakah faktor risiko instrinsik berpengaruh terhadap penurunan kapasitas paru pekerja batu kapur, yang meliputi :

- 1) Mengetahui apakah makin tua umur pekerja tambang batu kapur, makin besar risiko penurunan kapasitas paru.
- 2) Mengetahui apakah Indek massa tubuh yang kurang dari 18,5 (kurus) mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru.

- 3) Mengetahui apakah pekerja tambang batu kapur dengan riwayat penyakit paru mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru.
- b. Mengetahui apakah faktor risiko ekstrinsik berpengaruh terhadap penurunan kapasitas paru pekerja batu kapur, meliputi :
- 1) Mengetahui apakah makin tinggi kadar debu total , makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
 - 2) Mengetahui apakah makin lama masa kerja makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru .
 - 3) Mengetahui apakah makin lama jam kerja semakin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
 - 4) Mengetahui apakah pekerja pada tahap proses pembakaran batu kapur lebih besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
 - 5) Mengetahui apakah makin tidak melakukan olah raga makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
 - 6) Mengetahui apakah makin banyak jumlah rokok yang dihisap makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
 - 7) Mengetahui apakah kebiasaan tidak memakai masker mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru.

C. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh :

1. Dinas terkait

- a. Merupakan informasi tentang risiko penurunan kapasitas paru guna melakukan perencanaan pembinaan dan tindakan pencegahan pada pekerja tambang batu kapur.
- b. Mengetahui informasi tentang daya ungkit faktor risiko yang berpengaruh terhadap penurunan kapasitas paru, guna melakukan tindakan pencegahan pada pekerja tambang batu kapur.

2. Pekerja tambang.

Merupakan informasi tentang kondisi kapasitas paru masing-masing pekerja, sehingga dapat dijadikan pegangan untuk melakukan kewaspadaan dini secara pribadi.

3. Peneliti lain.

Secara teoritis hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan kajian pustaka bagi peneliti lain, terutama peneliti yang karena pertimbangan tertentu ingin melakukan penelitian lanjutan, atau melakukan penelitian yang sejenis.

D. Keaslian Penelitian

Dari studi pustaka, yang melakukan penelitian tentang analisis faktor risiko kejadian penurunan kapasitas paru pada pekerja tambang

batu kapur di Indonesia belum banyak dilakukan. Sebagian besar penelitian yang sudah dilakukan adalah penelitian prevalensi penyakit paru, dengan desain *crossectional*.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan antara lain seperti tercantum dalam tabel 1.1 :

Tabel 1.1.
BEBERAPA PENELITIAN TENTANG KAPASITAS PARU

No	Peneliti dan Desain	Subyek	Tujuan	Hasil
1	Harre, (Journal Thorax, vol.52, 1997). Kasus Kontrol	40 penderita PPOK berusia 50 tahun ke atas yang bertempat tinggal di Ibukota Selandia Baru.	Mengetahui hubungan antara polusi udara NO ₂ , SO ₂ , CO ₂ , dengan kejadian PPOK	Kejadia PPOK pada kelompok yang terpapar polusi udara NO ₂ , SO ₂ , CO ₂ , 6 kali lebih besar dibandingkan yang tidak terpapar polusi udara NO ₂ ,SO ₂ , CO ₂ .
2	Hendrawati, Prihartono, Yunus, 1998 (Jurnal respirasi Indonesia vol.18). <i>Crossectional</i>	70 pekerja industri mebel kayu PT " X " di Bogor.	Mengetahui hubungan paparan debu industri mebel kayu dengan kejadian PPOK	1. Prevalensi kejadian PPOK 5,85 % pada seluruh subyek. 2. Pekerja yang bekerja di lingkungan yang terpa-par debu 10 kali lebih besar terkena PPOK dibandingkan dengan pekerja di lingkungan yang tidak terpapar debu.

3	Mukono (Unair Surabaya, 1999) <i>Retrospektive Cohort Study</i>	75 ibu rumah tangga yang tinggal di kawasan industri Surabaya	Mengetahui hubungan kualitas udara ambien di daerah industri pada ibu rumah tangga dengan kejadian PPOK	Prevalensi PPOK secara keseluruhan 11,3 %, yang terbagi atas daerah paparan 8,67 % dan daerah tidak terpapar 2,66%
4	Syamsudin (UGM Yogyakarta, 2003) <i>Crossectional</i>	122 pekerja pengrajin tembaga di Cepogo Boyolali	Mengetahui hubungan kualitas udara ruang kerja dengan kejadian PPOK	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevalensi PPOK pada pekerja sebesar 55,7 %. 2. Terdapat hubungan antara kualitas udara ruang kerja dengan kejadian PPOK
5	Soleh Marsam (UNDIP Semarang, 2003) <i>Crossectional</i>	31 pekerja pembuat kasur di desa Banjarkerta, Kabupaten Purbalingga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui prevalensi penurunan kapasitas paru. 2. Mengetahui hubungan paparan debu kapas dengan kejadian penurunan kapasitas paru. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevalensi penurunan kapasitas paru pekerja pembuat kasur sebesar 54 %, yang terdiri dari 38,7 % obstruktif dan 16,1 % Restriksi. 2. Ada hubungan yang signifikan antara paparan debu kapas dengan penurunan kapasitas paru dalam taraf sedang.

6	Pengaruh rokok terhadap kapasitas paru pada pekerja pengolahan batu kapur di desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kab. Banyumas. (Ernowo Gatot Pratiknyo, 2003) <i>Crossectional</i>	120 responden pekerja pengolahan batu kapur	Mengetahui hubungan merokok pada pekerja tambang batu kapur terhadap kapasitas paru.	Merokok berpengaruh terhadap fungsi paru dengan OR 5,3.
---	---	---	--	---

Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah pada :

1. Rancangan penelitian .

Beberapa penelitian terdahulu sebagian besar menggunakan rancangan *crossectional study*, sedangkan yang dilakukan oleh peneliti menggunakan *case control study*,

3. Responden .

Responden dalam penelitian ini adalah pekerja yang kapasitas parunya normal dan tidak normal.

4. Variabel penelitian.

Sebagian besar penelitian yang disebutkan pada tabel 1.1. hanya menghubungkan satu variabel independen dengan variabel dependen. Variabel yang diteliti adalah umur, IMT, riwayat penyakit

paru, kadar debu total, masa kerja, jam kerja, jenis pekerjaan, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok dan kebiasaan memakai masker terhadap variabel dependen kapasitas paru.

5. Lokasi Penelitian.

Lokasi penelitian yang dilakukan di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran udara

1. Pengertian dan terjadinya pencemaran udara.

Peraturan Pemerintah no. 41 tahun 1999, menyebutkan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat atau meningkatnya kandungan zat energi ataupun komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia atau alam, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak sesuai dengan fungsinya. Penurunan kualitas udara dapat dikategorikan sebagai pencemaran udara apabila memenuhi dua ketentuan. Pertama penurunan kualitas udara terjadi sebagai akibat kegiatan manusia, bukan oleh peristiwa alam. Kedua penurunan kualitas udara sampai ke tingkat yang membahayakan atau yang menimbulkan gangguan bagi kehidupan.

2. Sumber Pencemaran udara

Sumber pencemaran udara menurut jenisnya dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu :

- a. Sumber bergerak, termasuk dalam kelompok ini adalah semua jenis kendaraan bermotor.

- b. Sumber tidak bergerak, adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat seperti kegiatan industri (PP No. 41, tahun 1999).

Sumber pencemaran menurut sifatnya, dibagi menjadi tiga, yaitu :

- a. Sumber titik (*point sources*), yaitu sumber pencemar yang berasal dari sumber stasioner, tunggal dan dapat diidentifikasi keberadaannya. Misalnya emisi gas dari cerobong asap pabrik.
- b. Sumber kawasan (*area sources*), yaitu sumber pencemar yang berasal dari beberapa sumber titik yang berdekatan atau berasal dari sumber yang bergerak (*mobile sources*) pada daerah tertentu, misalnya pencemaran udara pada kawasan tobong gamping di Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas, atau pencemaran oleh kepadatan lalu lintas.
- c. Sumber garis, yaitu sumber pencemaran yang berasal dari emisi yang berbentuk garis. Misalnya pencemaran udara dan kebisingan pesawat terbang pada bandar udara pada saat landing dan take off (Harsanto, 2001).

3. Baku mutu udara *ambien*

Baku mutu udara *ambien* adalah ukuran batas atau kadar zat, energi dan atau komponen yang ada atau seharusnya ada, dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara *ambien*. Penentuan baku mutu udara *ambien*, dilakukan dengan mempertimbangkan semua faktor yang berpengaruh terhadap dampak

yang diakibatkan oleh adanya zat dalam udara. Beberapa faktor tersebut adalah faktor lingkungan dan manusia. Oleh karena keadaan lingkungan dimasing-masing negara tidak sama, maka baku mutu yang ditetapkan juga tidak sama. Namun demikian belum semua negara mempunyai ukuran baku mutu udara ambien yang digunakan saat ini adalah baku mutu yang ditetapkan PP No. 41 tahun 1999. Untuk mencegah pencemaran udara baku mutu ditinjau kembali setelah lima tahun (Harsanto, 2001; World Bank, 1994)

B. Debu

Debu adalah partikel-partikel padat yang disebabkan oleh kekuatan alam atau faktor mekanis, seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat peledakan dan lain-lain, yang berasal dari bahan-bahan organik, anorganik. Misalnya batu kayu, arang batu, bijih logam dan lain-lain (Sumakmur, 1983)

1. Macam-macam debu

a. Debu organik

Seperti debu kapas, debu daun-daunan.

b. Debu mineral

Merupakan debu yang berasal dari senyawa kompleks seperti debu arang batu, debu silika, debu batu bara, debu kapur.

c. Debu metal

Seperti debu timah hitam, debu Arsen, debu Kadmium.

2. Komposisi kimia debu

Ada tiga golongan komposisi kimia debu ditinjau dari sifatnya, yaitu (Depkes RI, 1993)

a. *Inert dust*

Golongan debu ini tidak menyebabkan kerusakan ataupun reaksi fibrosis pada paru-paru. Efeknya sangat sedikit sekali pada penghirupan normal. Reaksi jaringan pada paru-paru terhadap jenis debu ini adalah saluran nafas tetap utuh, tidak terbentuk jaringan parut (*fibrosis*) di paru reaksi jaringan potensial dapat pulih kembali dan tidak menyebabkan gangguan paru

b. *Profilferate dust*

Golongan debu ini di dalam paru akan membentuk jaringan parut (*fibrosis*), yang dapat menyebabkan pengerasan pada jaringan alveoli, sehingga akan mengganggu kapasitas paru. Contoh debu ini adalah debu silika, debu asbes, debu kapur, debu batu bara dan sejenisnya.

c. Debu asal / basa kuat

Golongan debu ini tidak tahan dalam paru, namun dapat menimbulkan iritasi . Efek yang ditimbulkan berupa keracunan

secara umum misalnya debu arsen dan efek alergi, khususnya golongan debu organik.

3. Sifat-sifat debu

Sifat-sifat debu dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan :

- a. *Setting rate* , yaitu sifat debu yang cenderung selalu mengendap karena gaya gravitasi bumi, namun karena relatif kesilnya debu ini maka cenderung selalu berada di lingkungan.
- b. *Wetting*, yaitu debu yang mempunyai sifat permukaan yang cenderung selalu basah yang selalu dilapisi lapisan air yang sangat tipis.
- c. *Floculation*, yaitu debu yang cenderung sering basah sehingga dapat saling menempel dan menggumpal.
- d. *Electrical*, yaitu debu yang mempunyai sifat listrik yang tetap, yang dapat saling tarik-menarik antar partikel yang bermuatan listrik yang berlawanan. Sifat ini dapat mempercepat proses penggumpalan debu.
- e. *Optical properties*, yaitu sifat debu yang dapat memancarkan sinar dapat kamar gelap.

4. Ukuran partikel debu.

Debu merupakan partikel padat yang mempunyai ukuran diameter 0,1 – 50 mikron atau lebih. Partikel debu yang besar dengan

ukuran lebih besar dari 50 mikron dapat dilihat dengan mata biasa. Sedangkan yang berukuran kurang dari 50 mikron hanya dapat dideteksi dengan mata biasa jika terdapat pantulan cahaya yang kuat dari partikel debu tersebut. Partikel yang berukuran kurang dari 10 mikron dapat dilihat menggunakan bantuan mikroskop (APK-Surabaya, 1998)

C. Batu Kapur

1. Komposisi batu kapur.

Komponen utama pembentuk batu kapur atau batu gamping adalah mineral kalsit (CaCO_3), mineral dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) dan aragonit (CaCO_3). Gabungan dari tiga unsur ini membentuk warna putih dan bertekstur lembut. Bila ditemukan batu kapur berwarna kelabu menunjukkan batu kapur sudah tidak murni. Ketidakmurnian ini karena tercampur dengan unsur pasir, tanah liat, besi oksida, hidroksida dan material organik. (Encarta, 2002)

Proses terbentuknya batu gamping terjadi selama berjuta-juta tahun yang lalu. Batu gamping terbentuk dari unsur karbonat zat kapur yang berasal dari organisme laut seperti kerang-kerangan dan tiram. Karbonat ini merupakan penyusun utama kulit kerang dan tiram. Pada saat organisme ini mati, kulit kerang dan tulang yang tertinggal

akan didegradasikan menjadi unsur yang lebih kecil lagi oleh mikroorganisme mikroskopik seperti foraminifera . Hasil degradasi ini akan membentuk pasir karbonat atau lumpur karbonat. Karena pengendapan ini terjadi terus-menerus dalam waktu yang lama dan adanya proses alam, maka endapan pasir dan lumpur karbonat akan mengeras, sehingga jadilah pegunungan batu kapur. Sehingga hampir sebagian besar pegunungan batu kapur berada dekat dengan laut (Encarta, 2002)

2. Proses penambangan batu kapur.

Proses penambangan batu kapur dimulai dengan proses *stripping*, yaitu bagian pengupasan lahan tambang, yang meliputi proses pembukaan lahan serta pemindahan tanah penutup. Kegiatan ini dikerjakan dengan cara manual dengan menggunakan cangkul, linggis dan sekop. Setelah terlihat batuan kapur proses selanjutnya adalah pengambilan batu kapur, pengumpulan batu kapur disekitar lokasi penambangan, kegiatan pengangkutan batu kapur dengan cara dipikul atau dengan alat pengangkut truk ke tempat tungku atau tobong pembakaran. Proses pembakaran pada tobong gamping menggunakan bahan bakar kayu selama 48 jam. Proses produksi tradisional penambangan batu kapur, memaksa pekerja berada dalam jarak radius yang sangat dekat dengan sumber penceraan, berupa debu kapur.

3. Debu batu kapur.

Debu kapur merupakan salah satu partikel padat yang terbentuk karena kekuatan mekanis, akibat adanya proses penambangan (Sumakmur, 1983). Dilihat dari komposisinya atau materinya debu kapur berasal dari golongan anorganik. Sedangkan bila dilihat dari sifatnya debu kapur termasuk *prolififerate dust*, dimana golongan debu ini di dalam paru akan membentuk jaringan parut (fibrosis), yang dapat menyebabkan pengerasan pada jaringan alveoli, sehingga akan mengganggu kapasitas paru (Depkes RI, 1993)

Debu kapur dapat terjadi pada proses penambangan. Pada proses penggalian, pengangkutan, dan penumpukan batu gamping, terjadi perpecahan atau penghancuran yang dapat berakibat timbulnya debu. Debu kapur yang terbentuk ukurannya 1 sampai dengan 5 mikron.

D. Penyakit Paru kerja

Penyakit paru kerja adalah penyakit atau kelainan paru yang timbul sehubungan dengan pekerjaan. Berbagai zat seperti debu, serat dan gas dapat timbul pada proses produksi dalam industri. Tergantung pada jenis zat tersebut, maka penyakit yang ditimbulkan juga bermacam-macam. Berdasarkan jenis penyebab, penyakit paru kerja dibedakan atas :

1. Penyakit paru kerja interstitial, dapat disebabkan oleh asbes, batubara, silika, berilium, jamur dan antigen burung. Penyakit paru kerja ini disebut *hipersensitive pneumonia*.
2. Edema paru, dapat disebabkan oleh asap, nitrogen, dan SO₂.
3. Penyakit pleura (*efusi pleura*), dapat disebabkan oleh asbes.
4. Bronchitis, dapat disebabkan oleh debu tepung, debu berat pada pekerja batu kapur dan batu bara.
5. Asma, dapat disebabkan oleh bulu binatang, toluen, garam platina, tepung dan debu kapas.
6. Karsinoma bronkus, dapat disebabkan oleh uranium, asbes, krom, nikel, klormetil dan metil eter.

Untuk mengetahui adanya kecacatan secara dini dapat dilakukan melalui penilaian secara objektif maupun subjektif. Pemeriksaan kapasitas paru menggunakan spirometri merupakan penilaian objektif evaluasi gangguan respirasi. Sedangkan penilaian subyektif dengan cara mengetahui gejala atau keluhan yang terjadi seperti sesak nafas. Menurut *American Thoracic Society (ATS)1995*, derajat sesak nafas diklasifikasikan menjadi :

1. Kelas I : normal tidak ada sesak nafas pada saat kerja.
2. Kelas II : sesak ringan dapat berjalan kaki secara normal pada tempat yang datar tetapi sesak bila naik tangga.

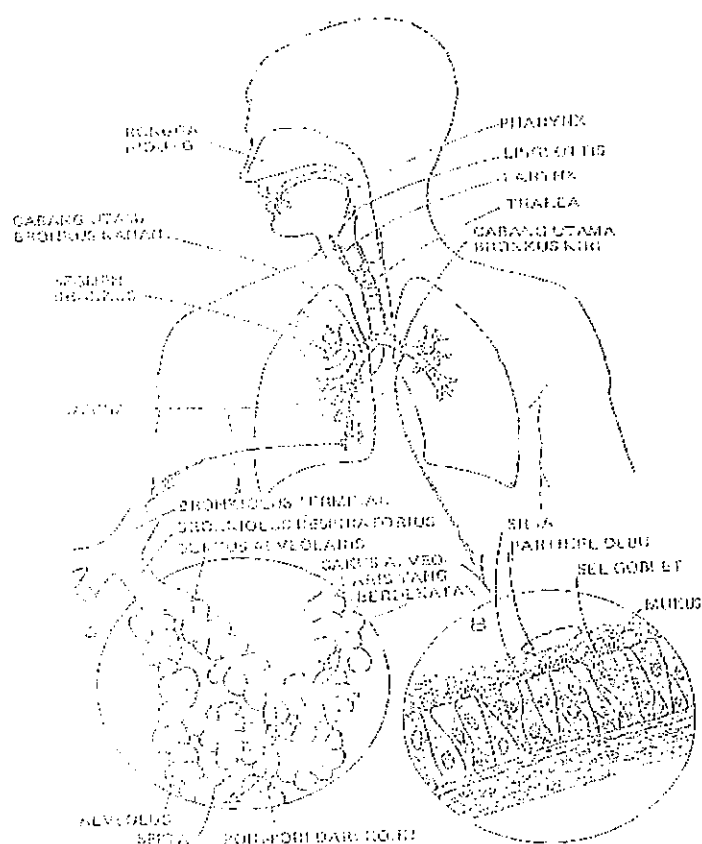
3. Kelas III : Sesak sedang, tidak dapat mengikuti orang sehat pada tempat yang datar , tetapi dapat berjalan sendiri dengan kecepatan lebih dari 1 km / jam.
4. Kelas IV : Sesak berat tidak dapat berjalan lebih dari 100 m tanpa istirahat.
5. Kelas V : Sangat sesak, sesak nafas sudah timbul bahkan waktu berjalan atau berbicara.

E. Mekanisme penimbunan debu dalam jaringan paru.

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

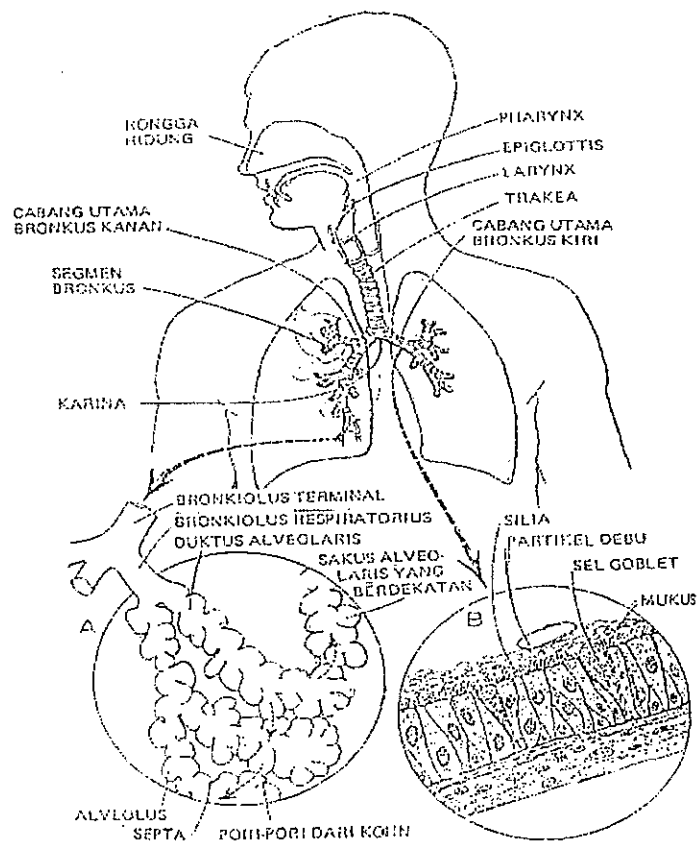
Secara anatomis saluran pernafasan / penghantar udara sampai mencapai paru-paru adalah, hidung, faring, laring, trakea, bronkus dan bronkiolus. Saluran dari hidung sampai bronkiolus dilapisi oleh membran mukosa yang bersilia. Pada saat udara masuk rongga hidung, udara tersebut tersaring, dihangatkan dan dilembabkan. Ketiga proses ini merupakan proses utama mukosa respirasi yang terdiri dari epitel toraks bertingkat, bersilia dan bersel goblet dan kelenjar serosa. Partikel debu yang kasar disaring oleh rambut-rambut yang terdapat di dalam lubang hidung, sedangkan partikel yang halus akan terperat dalam lapisan mukus. Gerakan silia mendorong mukus ke posterior di dalam rongga hidung, dan ke superior di dalam sistim pernafasan 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 pernafasan bagian atas dan saluran pernafasan bagian bawah. Jika benda asing mampu melalui glotis, maka laring akan menghalau benda dan sekret dengan refleksi batuk keluar dari saluran pernafasan bagian bawah. Struktur trakea dan bronkus dianalogkan dengan sebuah pohon, sehingga disebut pohon trakeabronchial. Tempat dimana trakea bercabang menjadi bronkus utama kiri dan kanan dikenal sebagai karina, yang memiliki banyak syaraf dan dapat menyebabkan bronchopasme 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 yang 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 paru-paru seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1. Anatomi saluran paru-paru

bronkus segmentalis. Percabangan ini berjalan terus menjadi bronkus yang ukurannya semakin kecil yang 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 saku alveolaris terminalis. Gambar anatomi saluran paru-paru seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1. Anatomi saluran paru-paru

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 (Aditama, 1992).

Mekanisme penimbunan debu dapat diterangkan sebagai berikut: Pada saat menarik nafas udara yang mengandung debu dapat masuk ke paru. Partikel debu yang dapat dihirup oleh pernafasan mempunyai ukuran 0,1 – 10 mikron. Pada hidung dan tenggorokan bagian bawah terdapat cilia yang berfungsi menahan benda-benda asing seperti debu dengan ukuran 5 – 10 mikron yang kemudian dikeluarkan bersama secret pada waktu bernafas. Sedangkan yang berukuran 3 – 5 mikron ditahan pada bagian tengah jalan pernafasan.

Penumpukan dan pergerakan debu pada saluran nafas dapat menyebabkan peradangan jalan nafas. Selanjutnya peradangan ini dapat menyebabkan penyumbatan jalan nafas, sehingga akhirnya dapat menurunkan kapasitas paru. Untuk partikel 1 – 3 mikron dapat masuk ke alveoli paru-paru dan partikel 0,1 – 1 mikron, tidak mudah hinggap dipermukaan alveoli karena adanya gerakan Brown, tetapi akan membentur permukaan alveoli dan dapat tertimbun di alveoli. Debu yang masuk ke alveoli dapat menyebabkan pengerasan pada

jaringan (fibrosis) dan bila 10 % alveoli mengeras akibatnya akan mengurangi elastisitas alveoli yang berkurang akan menyebabkan kemampuan untuk mengikat oksigen juga menurun. Fibrosis yang terjadi ini akan menyebabkan menurunnya kapasitas vital paru.

F. Pengaruh Debu Batu Kapur Terhadap Penurunan Fungsi Paru.

Tujuan utama dari respirasi adalah untuk menyediakan oksigen bagi sel tubuh dan membawa karbondioksida dari sel tubuh yang merupakan sisa pembakaran. Ada tiga proses yang terjadi selama respirasi, yakni ventilasi, perfusi, dan difusi. Ventilasi adalah pergerakan keluar masuknya udara melalui cabang trakheobronkhial, sehingga oksigen sampai di alveoli dan karbondioksida dikeluarkan. Perfusi adalah istilah untuk aliran darah pada kapiler paru. Difusi adalah pergerakan oksigen dan karbondioksida melintasi membran alveoli – kapiler yang alirannya dimulai dari daerah yang memiliki konsentrasi tinggi ke daerah yang memiliki konsentrasi rendah. Didalam alveoli, oksigen berdifusi melintasi membran alveoli – kapiler dari alveoli kedalam darah karena tekanan parsial oksigen (pO_2) udara alveoli (100 mmHg) lebih besar dari pada pO_2 darah vena (40 mmHg). Karbondioksida berdifusi dengan arah yang berlawanan dengan pCO_2 darah vena (46 mmHg) lebih besar dari pada pCO_2 alveoli (40 mmHg). (Long, 1996).

Beberapa faktor dapat mempengaruhi pertukaran oksigen dan karbondioksida ini, antara lain suplai oksigen yang adekuat, saluran udara yang utuh, fungsi pergerakan dinding dada dan diafragma yang normal, adanya alveoli dan kapiler yang berfungsi, adanya jumlah hemoglobin yang memadai (normal) untuk membawa oksigen ke sel tubuh, system sirkulasi dan pompa darah yang utuh, dan pusat pernafasan berfungsi normal.

Debu kapur yang terhirup kedalam pernafasan akan mempengaruhi saluran nafas menjadi tidak efektif karena CaCO_3 dan MgCO_3 yang terkandung didalam debu kapur akan menurunkan daya recoil dari paru pada saat ekspirasi (Long, 1996). Dalam kondisi normal ekspirasi merupakan proses pasif yang terjadi akibat kemampuan kembalinya paru (*recoil*) yang elastis ke keadaan semula. Disamping itu, Debu kapur juga dapat menimbulkan reaksi alergi sebagaimana debu yang lain, seperti serpihan kayu, tenun, wol, dan kapas. Hal ini merupakan reaksi hipersensitivitas tipe I dimana debu kapur yang menempel pada permukaan mukosa saluran nafas disertai dengan media reaksi *immunoglobulin E (IgE)* akan mengikat sel mukosa yang dapat berakibat sel mukosa akan melepaskan bahan vasoaktif termasuk histamine. Raksi alergi ini menyebabkan terjadinya bronkhostriksi, meningkatnya sekresi *mucus*, dan meningkatnya permeabilitas kapiler sebagai akibat dari reaksi histamine (Karnen, 2002).

G. Volume Paru dan Kapasitas Paru.

Metode sederhana untuk mempelajari ventilasi paru adalah dengan mencatat volume udara yang masuk dan yang keluar paru-paru. Untuk memudahkan peristiwa ventilasi paru maka udara dalam paru pada diagram dibagi menjadi empat volume, yaitu :

1. Volume paru.

Empat volume paru jika dijumlahkan sama dengan volume maksimal paru yang mengembang. Arti dari masing-masing volume paru ini, adalah :

- a. Volume alun nafas, yaitu volume udara inspirasi atau diekspirasi setiap kali bernafas normal. Besarnya kira-kira 500 ml pada rata-rata orang dewasa muda.
- b. Volume cadangan inspirasi , yaitu volume udara ekstra yang dapat diinspirasi setelah dan volume alun nafas normal dan biasanya mencapai 3.000 ml.
- c. Volume cadangan ekspirasi, yaitu jumlah udara ekstra yang dapat diekspirasi oleh ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi alun nafas normal, jumlahnya sekitar 1.100 ml.
- d. Volume residu, adalah volume udara yang masih tetap berada dalam paru setelah ekspirasi yang paling kuat. Volume ini kira-kira besarnya 1.200 ml.

2. Kapasitas paru

Untuk menguraikan peristiwa dalam siklus paru, kadang-kadang perlu menyatukan satu atau dua volume di atas. Kombinasi seperti ini disebut kapasitas paru.

- a. Kapasitas inspirasi sama dengan volume alun nafas ditambah volume cadangan inspirasi. Ini adalah jumlah udara yang dapat dihirup oleh seseorang (kira-kira 3.500 ml), dimulai dari tingkat ekspirasi normal dan pengembangan paru sampai jumlah maksimal.
- b. Kapasitas residu fungsional, sama dengan volume cadangan ekspirasi ditambah volume residu . Ini adalah jumlah udara yang tersisa dalam paru pada akhir respirasi (normal kira-kira 2.300 ml).
- c. Kapasitas vital sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume alun nafas dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya (kira-kira 4.600 ml).
- d. Kapasitas paru total, adalah volume paru total dimana paru dapat dikembangkan sebesar mungki, dengan cara inspirasi paksa (kira-kira 6.900 ml) .Jumlah ini sama dengan kapasitas vital ditambah volume residu.

- e. Volume kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 25 % lebih kecil dari pada pria dan lebih besar lagi pada atletis dan orang yang bertubuh besar dari pada orang yang bertubuh kecil dan atletis.

H. Pemeriksaan kapasitas paru

Pemeriksaan kapasitas paru dengan menggunakan Portable Spirometer . Keuntungan penggunaan alat ini adalah : 1). mudah pengoperasiannya, sehingga dapat diterapkan secara luas oleh tenaga kesehatan yang ada di lapangan. 2). Ringan sehingga mudah di bawa kemana-mana. 4). Hasilnya cepat diketahui, dan 4) Biaya operasionalnya murah. Dengan menggunakan spirometer akan diketahui beberapa parameter faal paru orang yang diperiksa.

Parameter tersebut adalah :

1. *Expiratori vital capacity (EVC)*, adalah pengukuran volume maksimum gas yang dapat dikeluarkan dari paru-paru sewaktu bernafas biasa (rileks) dari posisi pernafasan penuh.
2. *Inspiratori Vital Capacity (IVC)*, adalah pengukuran maksimum gas yang dapat dimasukkan ke dalam paru sewaktu bernafas biasa (rileks) dari posisi pernafasan penuh.

Fase pernafasan adalah salah satu yang paling umum digunakan untuk mengukur obstruksi, restriksi dan kombinasi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Tes statis.

a. *Vital Capacity (VC)* atau kapasitas vital paru

Kapasitas vital paru adalah volume udara maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi maksimal.

b. *Force Vital Capacity (FVC)*

Jumlah kapasitas maksimum udara dalam liter yang dapat dimasukan dalam paru-paru. Pengukuran dilakukan dengan mengeluarkan nafas secara paksa diikuti pernafasan secara maksimum (sampai udara dalam paru habis).

2. Tes dinamis

a. *Forced Expiratory in 1 second (FEV₁)*

Adalah volume udara yang dikeluarkan pada detik pertama dimulai dengan hembusan napas kuat pada pernapasan penuh. Lama ekspirasi pada orang normal berkisar antara 4 – 5 detik. Pada detik pertama orang normal dapat mengeluarkan udara pernafasan sebesar $\geq 80\%$ dari VC nya. Fase detik pertama ini dikatakan lebih penting dari pada sisanya. Penilaian adanya obstruksi pernafasan didasarkan atas besarnya volume pada detik

pertama tersebut. Interpretasi tidak didasarkan pada nilai absolutnya, akan tetapi didasarkan pada perbandingan dengan *FVC* nya. Apabila dari perhitungan FEV_1/FVC kurang dari 80 % hal ini menunjukkan tidak normal, kemungkinan telah terjadi obstruksi.

b) *Forced Expiratory in 1 second (FEV₁ %)*,

adalah menunjukkan persentase FEV_1 dari total volume, biasanya disebut rasio $FEV_1 = (FEV_1 / VC \% \text{ atau } FEV_1 / FVC \%)$

2. *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)*

PEFR dapat didefinisikan sebagai aliran maksimum yang dapat dihembuskan selama 10 millidetik pada permulaan hembusan nafas dengan kuat dari pemompaan paru-paru. *PEFR* diukur dalam satuan liter / menit menggunakan meter aliran puncak (*a peak flow meter*). *PEFR* yang menurun menunjukkan adanya hambatan pada aliran udara di saluran pernafasan.

3. *Forced Expiratory Flow Rate (PEFR 25% - 75%)*

Adalah rentang aliran ekspirasi kuat pada pertengahan bagian pergerakan *FVC*. Diukur dalam satuan liter detik dan memberikan indikasi bahwa apa yang terjadi dalam lintasan udara rendah. *PEFR 25% - 75%* merupakan ukuran udara yang lebih sensitif dan tidak dapat ditiru seperti yang lainnya. Pengukuran ini merupakan pengukuran yang berguna pertanda peringatan dini dari serangan penyakit.

Hasil uji kapasitas paru menggunakan spirometer adalah sebagai berikut (Priory Lodge Education Limited, 1997) :

Tabel 2. 1.

Katagori hasil pembacaan Kapasitas paru menggunakan spirometer

No.	Katagori Kapasitas paru	FVC %	FEV ₁ %
1.	Normal	≥ 80	≥ 70
2.	Obstruksi	≥ 80	< 70
3.	Restriksi	< 80	≥ 70
4.	Kombinasi	< 80	< 70

I. Faktor Risiko Penurunan Kapasitas paru

1. Umur

Elastisitas paru berhubungan dengan umur seseorang, makin tua umur seseorang elastisitas paru makin berkurang, sehingga risiko terkena penurunan kapasitas paru semakin besar (Tabrani, 1996). Menurut Sherril, et al 1996, penyakit paru obstruktif banyak ditemui pada kelompok umur 55 – 77 tahun. Hendrawati et al. (1998) tidak menemukan adanya hubungan yang bermakna antara umur 35 tahun dan terjadinya obstruksi.

Menurut Soejono (2003), menurunnya faal organ atau sistem organ sejalan dengan usia pada saluran pernafasan. Beberapa perubahan yang dapat disebutkan disini adalah :

- a. Kekakuan dinding dada.
- b. Penurunan tanggapan ventilasi terhadap hiperkapnia.
- c. Berkurangnya daya pegas (*elastic recoil*)
- d. Penurunan bersihan muskosilier.
- e. Perubahan immunitas seluler dan hormonal.
- f. Menurunnya reflek batuk.

Kekerapan penyakit obstruktif paru cukup tinggi pada populasi usia lanjut, sehingga pemeriksaan spirometri pada perokok usia lanjut perlu di kerjakan untuk mendeteksi sedini mungkin gangguan pernafasan, sehingga pencegahan dapat dilakukan secara optimal. Ekspirasi yang amat tergantung pada kekuatan otot pernafasan, kelenturan dinding dada dan kapasitas residual fungsional akan semakin tidak optimal pada usia lanjut. Bantuan alat dan modalitas lain, seperti fisioterapi akan sangat menentukan kelangsungan hidup pasien.

2. Perilaku merokok

Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran nafas dan jaringan paru-paru. Pada saluran nafas besar, sel mukosa membesar (*hipertrofi*) dan kelenjar mukus bertambah banyak

(*hiperplasia*). Pada saluran nafas kecil, terjadi radang ringan, hingga penyempitan akibat bertambahnya sel dan penumpukan lendir. Pada jaringan paru-paru, terjadi peningkatan jumlah sel radang dan kerusakan alveoli (Baudouin et al, 2002).

Akibat perubahan anatomi saluran nafas pada perokok akan timbul perubahan pada kapasitas paru dengan segala macam gejala klinisnya. Hal ini merupakan penyebab utama terjadinya penyakit obstruksi paru menahun. (PPOM) (Bahar, 2003 ; Lightower et al, 2003).

Menurut Manoppo (1997), faktor-faktor yang mempengaruhi hubungan rokok dengan terjadinya kanker paru antara lain :

a. Bentuk tembakau.

Perokok *cigarette* lebih mudah mendapat kanker paru dibanding dengan perokok pita atau cerutu, sebab asap pipa dan cerutu lebih alkalis dibandingkan asap *cigarette*.

b. Jumlah rokok

Semakin banyak rokok yang dihisap tiap hari, makin tinggi risiko terkena kanker. Peneliti di Itali pada perokok *cigarette* sebanyak 15 batang atau lebih tiap harinya, memiliki risiko relatif 2,6 kali penderita bronchitis kronis, 1,7 kali emfisema, 2,1 kali penderita ulcul gastroduodenum dan 1,6 kali menderita

haemorrhoids dibandingkan dengan bukan perokok (Barmawi et al, 1992).

c. Lamanya merokok

Semakin lama seseorang merokok meneruskan kebiasaannya, makin tinggi risiko terkena kanker.

d. Inhalasi

Makin dalam asap rokok yang dihisap ke dalam paru, makin tinggi terkena kanker.

e. Kadar tar

Rokok dengan kadar tar rendah menghasilkan kadar CO yang tinggi akibat pembakaran yang tidak sempurna. Dengan meningkatnya kadar nikotin yang dihisap ditambah dengan peningkatan kadar CO, bahaya lain yang mengancam adalah penyakit kardiovaskular.

f. Frekuensi

Frekuensi perokok antara pekerja kasar (*blue collar*) di USA makin meningkat, sebaliknya golongan kulit putih (*white collar*) terutama golongan profesional seperti dokter, direktur dan lain-lain mulai berkurang. Perokok pada pekerja kasar cenderung merokok tanpa filter, *incident* kanker paru pada golongan kulit hitam, tiga kali lipat lebih banyak dari pada golongan kulit putih.

Hasil penelitian Sasaki (1998) menunjukkan kebiasaan merokok mempunyai kecenderungan terjadinya obstruksi, namun gangguan paru akibat rokok baru diketahui setelah umur 40 tahun. Penelitian Hisyam et al (1999, 2002) ditemukan penderita PPOK perokok 41,6 % dan bebas perokok 33,4 %, merokok mempunyai risiko untuk menderita PPOK 2,6 kali lebih besar dibandingkan bukan perokok. Beberapa fakta di atas menunjukkan bahwa merokok dapat menimbulkan gangguan kapasitas paru.

3. Lama Pemaparan

Setiap kegiatan industri selalu menggunakan teknologi, baik teknologi yang canggih ataupun teknologi sederhana. Efek samping penggunaan teknologi dapat mengganggu tatanan kehidupan dan lingkungan hidup, khususnya penggunaan teknologi yang dapat berdampak negatif pada tenaga kerja (Santoso, 2002). Pekerja yang berada pada lingkungan kerja dengan kadar debu tinggi dalam waktu lama memiliki risiko tinggi terkena obstruksi paru (Anderson, 1983). Hendrawati et, al (1989) dalam studinya menunjukkan bahwa masa kerja lebih dari 10 tahun mempunyai risiko terjadinya obstruksi paru pada pekerja industri yang berdebu.

Tempat – tempat dengan polusi udara tinggi, seperti rumah di tepi jalan raya, atau rumah yang memiliki dapur yang menggunakan arang kayu dan bersatu dengan rumah tinggal, merupakan faktor

penyokong terjadinya bronchitis kronis. Hasil penelitian Barmawi, et al (1992) menunjukkan bahwa sebagian penderita PPOM (58,4 %) bertempat tinggal di tepi jalan raya dan 42,87 % lama tinggal selama 53 sampai 62 tahun.

4. Perilaku memakai masker.

Kebiasaan memakai masker oleh pekerja di industri yang udaranya banyak mengandung debu, dimaksudkan sebagai upaya untuk mengurangi masuknya partikel debu ke saluran pernafasan. Dengan mengenakan masker, diharapkan pekerja terlindungi dari kemungkinan terjadinya gangguan pernafasan akibat terpapar udara yang kadar debunya tinggi. Walaupun demikian tidak ada jaminan bahwa dengan mengenakan masker seorang pekerja di industri akan terhindar kemungkinan terjadinya gangguan pernafasan. Banyak faktor yang menentukan tingkat perlindungan penggunaan masker, antara lain jenis dan karakteristik debu, kemampuan menyaring masker yang digunakan . Kebiasaan memakai masker yang baik akan mengurangi dan melindungi kesehatan (Sumakmur, 1983)

5. Status gizi.

Status gizi buruk akan menyebabkan daya tahan seseorang menurun , sehingga seseorang mudah terkena infeksi oleh mikroba. Berkaitan dengan infeksi saluran pernafasan , apabila terjadi secara

berulang dan disertai batuk berdahak, akan menyebabkan terjadinya bronkitis kronis (Sumakmur, 1983).

Salah satu penilaian status gizi seseorang yaitu dengan menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT). Hasil penelitian tentang kegemukan dan angka kematian (*American Cancer Society*, 1999), dijelaskan bahwa kegemukan dapat mengurangi umur seseorang. Bahkan orang kegemukan yang tidak merokok yang berarti hidupnya lebih sehat, memiliki risiko kematian dini yang lebih tinggi dibanding orang yang lebih kurus.

Untuk memantau berat badan dapat digunakan IMT. Dengan IMT akan diketahui apakah berat badan seseorang dinyatakan normal, kurus, atau gemuk. Penggunaan IMT hanya untuk orang dewasa berumur lebih dari 18 tahun dan tidak dapat diterapkan pada bayi, anak, remaja, ibu hamil dan olahragawan.

Untuk mengetahui nilai IMT dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat badan (kg)}}{(\text{Tinggi badan (m)})^2}$$

Batas ambang IMT ditentukan dengan merujuk ketentuan FAO atau WHO, yang membedakan batas ambang untuk laki-laki dan perempuan. Disebutkan bahwa batas ambang normal untuk laki-laki

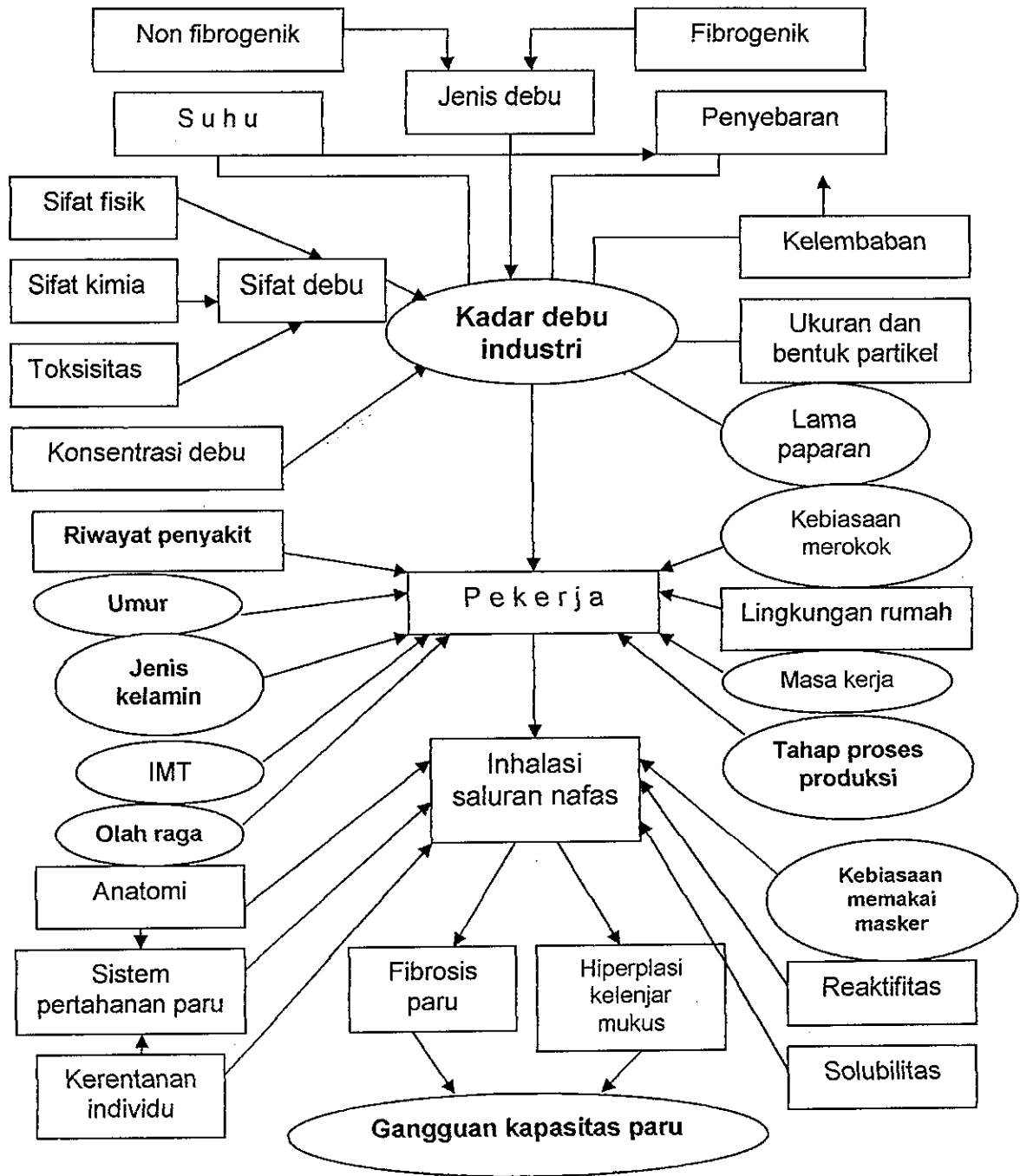
adalah 20,1 – 25,0 dan untuk perempuan adalah 18,7 – 23,8. Untuk kepentingan pemantauan dan tingkat defisiensi kalori atau tingkat kegemukan, lebih lanjut FAO/WHO menyarankan menggunakan suatu batas ambang antara laki-laki dan perempuan. Ketentuan yang digunakan adalah ambang batas laki-laki untuk katagori kurus tingkat berat dan ambang batas pada perempuan untuk katagori gemuk tingkat berat. Untuk kepentingan Indonesia batas ambang dimodifikasi berdasarkan pengalaman klinis dan hasil penelitian di beberapa negara berkembang. Pada akhirnya diambil kesimpulan batas ambang IMT untuk Indonesia adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2
Batas Ambang Indeks Massa Tubuh (IMT)

Katagori	Keterangan	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,4
Normal	-	18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,1 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	> 27,0

Sumber : WHO/FAO 2003.

J. Kerangka Teori

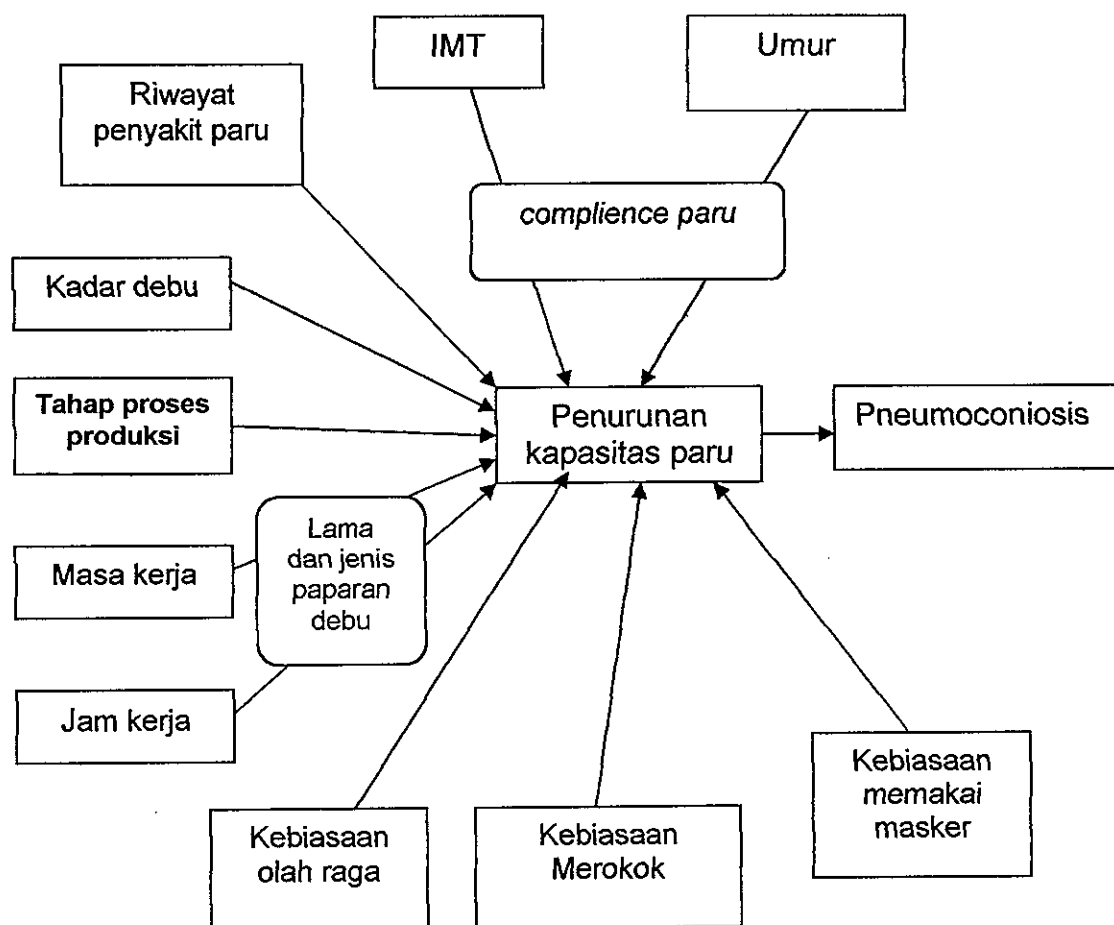


Bagan 2.1 :
 Faktor-faktor penyebab penurunan kapasitas paru.
 Keterangan : Diadopsi dari America Thoracic Society (ATS, 1995)

Bagan 2.3. di atas dapat dijelaskan bahwa gangguan kapasitas paru pada pekerja pada umumnya dibedakan menjadi dua yaitu fibrosis paru dan hiperplasi kelenjar mukus. Penyakit ini disebabkan oleh faktor utama adalah masuknya debu ke dalam paru-paru, baik debu yang bersifat fibrosis dan non fibrosis. Proses masuknya debu ke dalam paru dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kadar debu udara di lingkungan kerja dan kondisi daya tahan tubuh pekerja. Keberadaan debu udara dipengaruhi oleh faktor sifat debu, konsentrasi debu, jenis debu, kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, dan penyebaran), ukuran dan bentuk partikel debu, serta lamanya paparan debu ke lingkungan.

Kondisi daya tahan tubuh pekerja dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, riwayat penyakit terdahulu, masa kerja, tahap proses, kebiasaan olah raga dan kondisi lingkungan berupa ada tidaknya pohon-pohonan yang dapat mengurangi kadar debu di udara. Setelah debu masuk ke dalam rongga hidung untuk dapat sampai ke paru masih dipengaruhi oleh proses inhalasi, proses inhalasi ini tergantung dari anatomi sistem pernafasan, sistem pertahanan paru, kerentanan individu, reaktifitas dan solubilitas, serta perilaku penggunaan alat pelindung diri, terutama masker.

K. Kerangka Konsep



Bagan 2.2. Kerangka Konsep.

Variabel-variabel yang ikut menentukan gangguan kapasitas paru, pada kerangka teori tidak semua masuk ke dalam kerangka konsep. Hal ini disebabkan variabel tersebut masih dipengaruhi oleh variabel intervening sehingga pengaruhnya tidak langsung terhadap penurunan kapasitas paru dan memerlukan pengukuran parameter yang sulit.

Variabel yang tidak diteliti adalah ukuran dan partikel debu, sifat debu, proses reaksi dalam paru, sistem pertahanan paru, anatomi paru, kerentanan individu, keadaan lingkungan. Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah umur, indek massa tubuh, riwayat penyakit paru, kadar debu total, masa kerja, jam kerja, tahap proses produksi, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, kebiasaan pemakaian masker.

L. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori maka hipotesis yang diajukan adalah :

1. Hipotesa mayor.

Penurunan kapasitas paru dipengaruhi faktor intrinsik (umur, IMT, riwayat penyakit paru) dan faktor ekstrinsik (kadar debu total, masa kerja, jam kerja, tahap proses produksi, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, kebiasaan memakai masker).

2. Hipotesa minor.

a. Faktor instrinsik.

- 1) Makin tua umur pekerja tambang batu kapur, makin besar risiko penurunan kapasitas paru.
- 2) Indek masa tubuh yang kurang dari 18,5 (kurus) mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru.
- 3) Pekerja tambang batu kapur dengan riwayat penyakit paru mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru.

b. Faktor ekstrinsik.

- 1) Makin tinggi kadar debu total , makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
- 2) Makin lama masa kerja makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
- 3) Makin lama jam kerja semakin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
- 4) Pekerja pada tahap proses pembakaran batu kapur lebih besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
- 5) Makin jarang melakukan olah raga makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
- 6) Makin banyak jumlah rokok yang dihisap makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.
- 7) Kebiasaan tidak memakai masker mempunyai risiko lebih besar terjadinya penurunan kapasitas paru.

BAB III

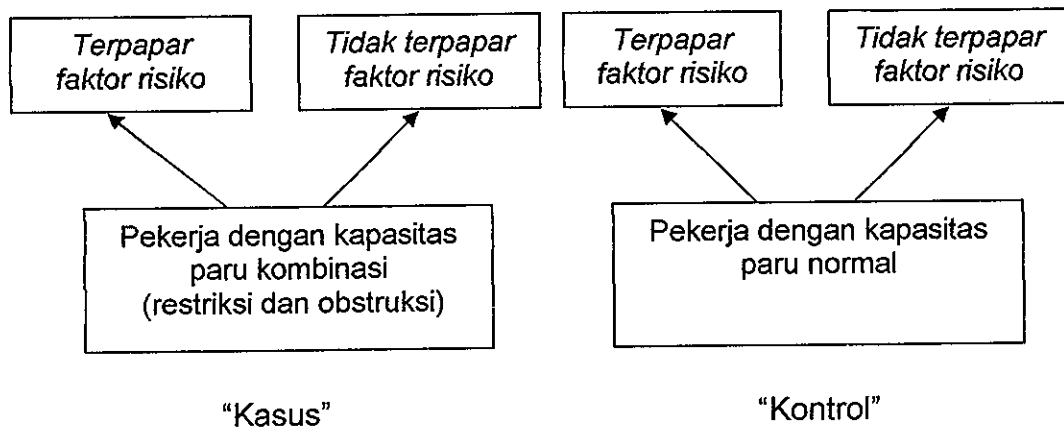
METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian *case control study*. Penelitian ini akan menilai hubungan paparan penyakit dengan cara menentukan kelompok kasus dan kelompok kontrol, kemudian mengukur besarnya frekuensi paparan pada kedua kelompok tersebut (Gordis, 2000).

Desain ini dipilih dengan pertimbangan dapat digunakan untuk mencari hubungan seberapa jauh faktor risiko mempengaruhi terjadinya penyakit. Kekuatan hubungan sebab akibat desain kasus kontrol lebih kuat dibandingkan dengan *cross sectional study*, biayanya murah, cepat memberikan hasil dan tidak memerlukan sampel yang besar.

Rancangan penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut (Gordis, 2000) :



Bagan 3.1 : Desain studi kasus kontrol

B. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan industri penambangan batu kapur Desa Darmakradenan, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas. Alasan pemilihan lokasi tersebut adalah usaha pertambangan batu kapur di Kabupaten Banyumas terpusat di dua desa yaitu desa Bawang dan desa Darmakradenan. Di desa Bawang hanya terdapat dua usaha tambang, sedangkan di desa Darmakradenan jumlahnya 38 buah.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi target.

Dalam penelitian ini yang menjadi populasi target adalah seluruh pekerja industri batu kapur di Kabupaten Banyumas tahun 2004.

2. Populasi studi.

Pada penelitian ini populasi studi adalah seluruh pekerja penambang batu kapur di desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas yang jumlahnya 650 orang.

3. Sampel.

a. Besar sampel

Penentuan besarnya sampel penelitian ditentukan dengan memperhatikan *Odds Ratio* hasil beberapa penelitian terdahulu

tentang beberapa faktor risiko penurunan kapasitas paru, seperti pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1.
NILAI ODDS RATIO BEBERAPA VARIABEL PENELITIAN

No.	Variabel	OR	95 % CI	n
1.	Umur > 37 tahun	2,3	0,8 – 6,1	49,5
2.	IMT	3,7	1,2 – 10,4	30,7
3.	Masa kerja > 20 tahun	2,9	0,8 – 6,1	39,2
4.	Kadar debu industri tembaga	6,5	1,7 – 24,9	17,3
5.	Kadar debu industri semen	5,1	0,9 – 11,8	22,3
6.	Merokok	5,3	1,3 – 21,4	21,5
7.	Penggunaan masker	2,5	1,0 – 6,2	44,6
8.	Debu kayu	10	1,4 – 19,2	14,2

Variabel lain yaitu kadar debu kapur, jenis kelamin, riwayat penyakit paru, jenis pekerjaan, kebiasaan olah raga, sampai saat ini belum didapatkan referensi besarnya OR, sehingga diprediksikan OR minimal yaitu 2., sehingga diperoleh sampel terbesar 56,96. responden, dibulatkan menjadi 57.

Besar sampel dalam penelitian ini dihitung berdasarkan nilai OR pada tabel 3.1, dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{(Z_{\alpha} \sqrt{2PQ} + Z_{\beta} \sqrt{P_1Q_1 + P_2Q_2})^2}{(P_1 - P_2)^2}$$

Keterangan :

$$Z_{\alpha} = 1,96$$

$$Z_{\beta} = 0,842$$

$$P_1 = \frac{OR \times P_2}{(1 - P_2) + (OR \times P_2)}$$

$$P_2 = 0,35$$

$$P = \frac{1}{2} \times (P_1 + P_2)$$

$$Q_1 = 1 - P_1$$

$$Q_2 = 1 - P_2$$

$$Q = 1 - P$$

$$OR = 2,3 - 10.$$

Berdasarkan perhitungan dengan rumus di atas, dengan tingkat kepercayaan 95%, presisi 80 % hipotesis satu ekor dan OR 2 – 10, serta proporsi terpapar 35 %, didapatkan sampel terkecil 14,27 responden dan sampel terbesar 56,96 responden dibulatkan menjadi 57 responden. Jumlah responden ditambah 10 %, sehingga jumlah keseluruhan menjadi 63 responden. Sehingga jumlah sampel keseluruhan adalah 63 kasus dan 63 kontrol.

b. Kriteria inklusi

1) Kasus :

- a) Pekerja tambang batu kapur dengan kapasitas fungsi paru $FVC < 80 \%$, dan $FEV1 < 70 \%$.
- b) Bersedia menjadi responden.
- c) Bibir tidak sumbing.
- d) Terjadi kebocoran udara lewat telinga.

2) Kontrol :

- a) Pekerja tambang batu kapur dengan kapasitas fungsi paru $FVC \geq 80 \%$, dan $FEV1 \geq 70$ Bersedia menjadi responden
- b) Bersedia menjadi responden.
- c) Bibir tidak sumbing.
- d) Terjadi kebocoran udara lewat telinga.

c. Kriteria eksklusi kasus dan kontrol:

- 1) Pada saat wawancara tidak diketahui alamatnya.
- 2) Pada saat dikunjungi tidak di rumah.

d. Cara mendapatkan kasus dan kontrol.

Untuk mendapatkan jumlah sampel 63 kasus dan 63 kontrol, peneliti melakukan studi prevalensi terlebih dahulu, dengan melakukan pengukuran kapasitas paru pekerja tambang batu kapur. Dengan mempertimbangkan pengalaman pengukuran kapasitas paru oleh Dinkes Prop Jateng dan DKKS Banyumas

tahun 1997 dimana prevalensinya 35 %. Sehingga peneliti akan mengukur kapasitas paru sebanyak 300 pekerja, dimana diprediksikan akan diperoleh kasus 63 responden, dan kontrol 63 responden.

e. Cara mendapatkan sampel.

Penentuan sampel untuk kasus dan kontrol dari hasil studi studi pendahuluan, dilakukan dengan metode *simple random sampling*.

D. Variabel penelitian

1. Variabel dependen.

Kapasitas paru pekerja tambang batu kapur.

2. Variabel independen.

- a. Umur.
- b. IMT.
- c. Riwayat penyakit paru.
- d. Kadar debu total
- e. Masa kerja.
- f. Jam kerja.
- g. Tahap proses produksi.
- h. Kebiasaan olah raga.
- i. Kebiasaan merokok.

j. Kebiasaan memakai masker.

E. Definisi Operasional, satuan dan katagori, cara pengukuran dan skala variabel.

Tabel 3.2.
DEFINISI OPERASIONAL, SATUAN DAN KATAGORI,
CARA PENGUKURAN DAN SKALA VARIABEL

No	Variabel	Definisi Operasional	Satuan dan pengketagorian	Cara pengukuran	Skala
1.	Kapasitas paru pekerja tambang batu kapur.	Kondisi ventilasi paru yang dinilai dengan menggunakan parameter <i>Force Vital Capacity (FVC)</i> , dan <i>FEV₁</i> . Kapasitas paru dikatakan : normal jika prediksi FVC \geq 80 % dan FEV ₁ \geq 80 %; Obstruksi jika prediksi FVC \geq 80 % dan FEV ₁ \leq 80 %; Restriksi jika prediksi FVC \leq 80 % dan FEV ₁ \geq 70 %; dan kombinasi jika prediksi FVC \leq 80% dan FEV ₁ \leq 70 %;	Liter udara , dikategorikan menjadi 1. Kasus, jika prediksi FVC \leq 80 % dan FEV ₁ \leq 70 % (normal). 2. Kontrol, jika prediksi FVC \geq 80 % dan FEV ₁ \geq 70 % (kombinasi)	Pengukuran menggunakan Spirometer oleh tim medis BP-4 Purwokerto	Nominal
2.	Umur	Usia pekerja industri sampai dengan pada saat penelitian	Tahun,	Ditanyakan pada saat wawancara	Rasio
3.	IMT	Nilai dari hasil perhitungan berat badan dalam kg dibagi pangkat dua dari tinggi badan dalam meter. Pengukuran dilakukan satu kali pada saat penelitian.	Kg/(m) ² , a. Kurus b. Normal c. Gemuk	Diukur tinggi badan menggunakan meteran dan berat badan menggunakan timbangan.	Nominal

4.	Riwayat penyakit paru	Kondisi penyakit yang berkaitan dengan pernafasan pada waktu yang lalu .	a. Pernah mengalami sakit Bronchitis, radang paru, Flu alergi, TBC, Ashma atau salah satu dari penyakit tersebut. b. Tidak Pernah mengalami sakit Bronchitis, radang paru, Flu alergi, TBC, Ashma.	Diukur dengan cara menanyakan pada saat wawancara.	Nominal.
5.	Kadar debu total.	Hasil pengukuran kadar debu total menggunakan alat <i>Low Volume Sampler</i> merek Sibata dengan metode grafimetri, selama 30 menit dengan kecepatan pompa hisap udara 20 M ³ / menit. Pengukuran pada seluruh lokasi industri sebanyak 1kali peng-ukuran.	mg/m ³	Menggunakan alat ukur LVS merek Sibata dengan metode grafimetri, selama 30 menit dengan kecepatan pompa hisap udara 20 M ³ / menit.	Rasio
6.	Masa kerja	Lamanya pekerja industri mulai bekerja sampai dengan sekarang	Tahun, bulan	Diukur dengan cara menanyakan pada saat wawancara.	Rasio
7.	Jam kerja	Lamanya bekerja setiap harinya.	Jam	Diukur dengan cara menanyakan pada saat wawancara.	Rasio
8.	Jenis pekerjaan	Jenis kegiatan atau bagian dari pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja.	Bagian : a. Penambang b. Pengangkutan c. Pembakaran.	Diukur dengan cara menanyakan pada saat wawancara.	Nominal
9.	Kebiasaan olah raga	Kebiasaan olah raga secara teratur yang dilakukan oleh pekerja selain kegiatan rutin bekerja sebagai penambang batu kapur.	a. Selalu b. Kadang-kadang c. Tidak pernah	Diukur dengan cara menanyakan pada saat wawancara.	Ordinal

10.	Kebiasaan merokok	Kebiasaan negatif yang merusak kesehatan dengan cara menghisap asap dari hasil pembakaran rokok.	Batang, dikategorikan menjadi : a. Tidak merokok b. Perokok ringan (kurang dari 7 batang) c. Perokok sedang (7 – 12 batang) d. perokok berat (lebih dari 12 batang)	Diukur dengan cara menanyakan pada saat wawancara.	Ordinal
11.	Kebiasaan pemakaian masker	Kebiasaan memakai bahan, benda, alat pada saat bekerja untuk melindungi diri dari bahaya kerja, berupa masker.	a. Selalu b. Kadang-kadang c. Tidak tidak pernah	Diukur dengan cara menanyakan pada saat wawancara dan dikroscek dengan hasil observasi.	Nominal

F. Jenis data

1. Data primer, meliputi data kapasitas paru pekerja, kadar debu total di lingkungan industri, jenis kelamin, indek massa tubuh, riwayat penyakit paru, masa kerja, jam kerja, tahap proses produksi, perilaku merokok, perilaku pemakaian masker,
2. Data sekunder meliputi data keadaan umum dan proses produksi penambangan batu kapur. Data diperoleh dengan wawancara dan dokumentasi dengan Ketua paguyuban pengusaha Industri Kapur, Kepala Puskesmas dan Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten Banyumas.

G. Analisis data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan program SPSS versi 10,00 yang meliputi analisis :

1. Univariat.

Analisis univariat ini dimaksudkan untuk mendeskripsikan karakteristik responden dan faktor risiko penurunan kapasitas paru, dilakukan dengan menyajikan distribusi variabel yang diteliti (mean dan standar deviasi) dan disajikan dalam bentuk tabel untuk mengetahui proporsi masing-masing variabel.

2. Bivariat.

Analisis bivariat digunakan untuk mengetahui besar risiko (*Odds Ratio*) paparan terhadap kasus dengan menggunakan tabel 2 x 2 sebagai berikut :

	Paparan		
Penyakit		+	-
+		A	B
-		C	D

Nilai besarnya (*Odds Ratio*) ditentukan dengan rumus $OR = AD/BC$, dengan *Confidence Interval (CI)* 95%. Hasil interpretasi nilai *OR* sebagai berikut :

- Bila *OR* lebih dari 1, dan *CI* 95% tidak mencakup nilai 1, menunjukkan bahwa faktor yang diteliti merupakan faktor risiko.
- Bila *OR* lebih dari 1, dan *CI* 95% mencakup nilai 1, menunjukkan bahwa faktor yang diteliti bukan merupakan faktor risiko.

- c. Bila OR kurang dari 1, menunjukkan bahwa faktor yang diteliti merupakan faktor protektif.
3. Multivariat.
- a. Analisis multivariat digunakan untuk mengetahui pengaruh secara bersama-sama variabel independen terhadap variabel dependen, menggunakan uji regresi logistik.

H. Instrumen penelitian.

1. Pengukuran kadar *total suspended particulate (TSP)* di lingkungan industri kapur, dilakukan oleh peneliti bersama tim laboratorium Poltekkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan Purwokerto , sebagai berikut (Depkes, Dir.PLP, 1999) :
- a. Alat : *Low Volume Sampler*, merk Sibata.
 - b. Bahan : *Glass Fiber filter* 55 mm.
 - c. Cara kerja:
 - 1) Filter yang sudah diketahui beratnya dipasang dalam *filter holder*.
 - 2) Dipasang slang pada *filter holder* dan dihubungkan dengan *inlet* pada *vacum pump*.
 - 3) *Tripoot* didirikan pada lokasi sampling dan *filter holder* dipasang pada *tripoot*.

- 4) *Vacum pump* dihidupkan dengan cara mengatur tombol ke posisi on.
- 5) *Flow meter* diatur dengan kecepatan 30 m³ udara per menit.
- 6) Pengambilan sampel selama 30 menit. Setelah selesai filter di lepas dengan menggunakan pinset dan di masukan ke dalam plastik dan dihindarkan adanya kontaminasi.
- 7) Selanjutnya berat filter ditimbang di laboratorium.

2. Pengukuran Kapasitas paru.

Kapasitas paru pekerja diukur menggunakan *Microspiro HI-500* yang dilakukan oleh tim medis dari BP-4 Purwokerto bekerja sama dengan Puskesmas Ajibarang I, sebagai berikut :

a. Alat : *Mikrospiro HI-500*.

b. Prosedur pengukuran kapasitas paru sebagai berikut :

1) Persiapan subyek / responden

Menerangkan kepada responden tentang cara bekerjanya alat, dan perintah-perintah yang harus dilaksanakan serta menegaskan bahwa pemeriksaan ini tidak memberikan rasa sakit.

2) Demonstrasi kepada subyek

Agar pemeriksaan dapat berjalan dengan baik dan benar, pemeriksa mendemonstrasikan bagaimana cara pemeriksaan kapasitas paru terlebih dahulu di hadapan responden.

3) Dilakukan tes kebocoran telinga terlebih dahulu, dengan cara menghembuskan nafas sekuat-kuatnya dalam kondisi mulut dan hidung tertutup. Bila udara dapat keluar melalui telinga maka hasil pengukuran kapasitas paru tidak dipakai.

4) Pemeriksaan

a) Pemeriksaan dilakukan dengan cara berdiri.

b) Pengukuran *FVC*, yaitu jumlah maksimum udara dalam liter yang dapat dimasukkan dalam paru secara paksa dan dengan cepat mengeluarkan nafas diikuti pernafasan secara maksimum.

Cara Pengukuran : responden diminta menarik nafas dalam-dalam dan ditahan sebentar dan kemudian dihembuskan secepat-cepatnya sampai udara didalam paru habis.

c) Pemeriksaan *FEV₁*, yaitu volume udara paksa yang dikeluarkan pada detik pertama dimulai dengan hembusan kuat pada pernafasan penuh.

Cara pengukuran : dilakukan dengan mengeluarkan nafas secara paksa melalui spirometer sampai udara yang diparu-paru habis.

3. Pengukuran indek massa tubuh (IMT).

Indek massa tubuh (IMT), diketahui dengan cara mengukur berat badan pekerja dengan menggunakan timbangan dan

pengukuran tinggi badan dengan menggunakan ukuran meteran tinggi badan.

4. Pengukuran umur, jenis kelamin, riwayat penyakit paru, masa kerja, jam kerja, tahap proses produksi, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, kebiasaan memakai masker, diukur dengan melakukan wawancara dengan responden.

I. Prosedur Penelitian

1. Survei pendahuluan.

- a. Dilakukan pendekatan guna mengetahui lokasi penelitian dan kemungkinan kelayakan untuk dijadikan penelitian.
- b. Mengurus ijin penelitian ke Pemerintah Daerah Kabupaten Banyumas.
- c. Mempersiapkan peralatan pengukuran variabel penelitian.

2. Pelaksanaan penelitian.

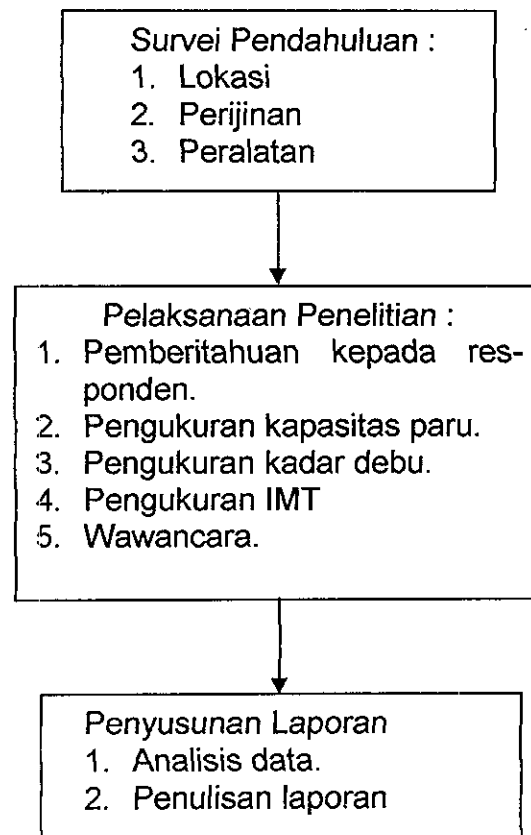
- a. Memberitahu responden tentang waktu pelaksanaan penelitian dan perlakuan penelitian.
- b. Melakukan pengukuran kapasitas paru menggunakan *Microspiro HI-500*, guna menentukan kasus dan kontrol.
- c. Melakukan wawancara pada kelompok kasus dan kontrol.
- d. Melakukan pengukuran kadar debu total menggunakan alat *Low Volume Samplers*.

- e. Melakukan pengukuran suhu, kelembaban, dan kondisi lingkungan.
- f. Melakukan pengukuran IMT, dengan mengukur tinggi dan berat badan responden.

3. Penyusunan laporan.

Melakukan analisa hasil penelitian dan menuliskan dalam bentuk laporan penelitian.

Secara ringkas prosedur penelitian dapat dilihat pada bagan 3.2. di bawah ini.



Bagan 3.2. Prosedur penelitian.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Geografi Desa Darmakradenan.

Desa Darmakradenan merupakan salah satu desa di wilayah Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas. Jarak dari ibukota Kabupaten sejauh 25 km kearah barat. Luas wilayah Desa Darmakradenan lebih kurang 17.560 m², dengan kondisi geografis sebagian besar adalah pegunungan kapur (70 %), perkebunan karet (20%), dan dataran (10%). Batas wilayah Desa Darmakradenan :

- Sebelah Utara : Desa Gancang
- Sebelah Selatan : Desa Tipar dan Desa Kemojing
- Sebelah Timur : Desa Cibangkong, Desa Kracak,
dan Desa Karang Bawang.
- Sebelah Barat : Desa Pankingaban.

Jumlah penduduk Desa Darmakradenan 8.733 jiwa, dimana jumlah penduduk laki-laki dan perempuan hampir sama (50 %). Tingkat pendidikan penduduk sebagian besar masih berpendidikan dasar, yaitu tamat SD-SLTA (87,6 %). Mata pencaharian sebagian besar adalah petani, baik petani pemilik lahan atau petani penggarap

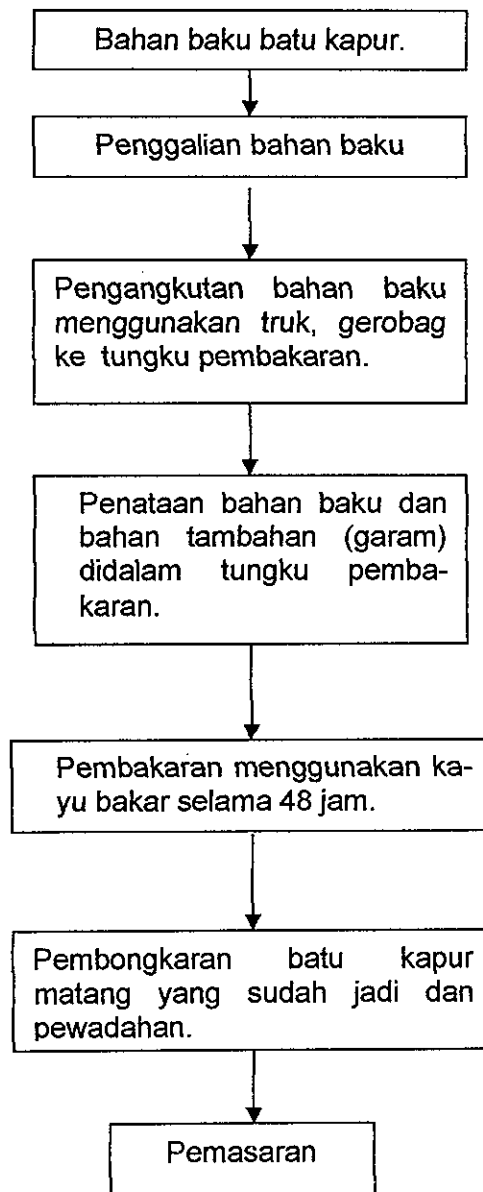
(45.5 %) dan buruh (industri batu kapur dan perkebunan karet) (33.3 %), PNS/TNI/POLRI (2,2 %), pengusaha 1,4 %, lain-lain 0,8 %. Tingkat pendapatan perkapita per tahun masih rendah, yaitu sebesar Rp 270.000,-

2. Profil industri Batu Kapur.

Sejarah industri batu kapur di desa Darmakradenan dimulai sejak tahun 1970-an, oleh seorang pengusaha dengan satu buah tungku pembakaran. Usaha penambangan batu kapur terus berkembang, sampai dengan saat ini jumlah industri batu kapur seluruhnya 38 buah, dan pada saat ini yang masih memproduksi berjumlah 27 buah. Kapasitas produksi rata-rata per industri per tungku per tahun berkisar 150 ton sampai dengan 200 ton. Tahapan proses produksi industri batu kapur dimulai dengan penambangan batu gamping, pengangkutan batu gamping dari lahan tambang ke tempat tungku pembakaran, dan proses pembakaran. Pembakaran menggunakan bahan bakar kayu selama 48 jam.

Setelah proses pembakaran selesai dilanjutkan proses pembongkaran tungku, dengan cara mengambil batu gamping yang sudah matang melalui lubang pembakaran atau lubang khusus untuk mengambil batu kapur yang sudah matang. Batu gamping yang sudah matang disebut dengan brangkal. Brangkal selanjutnya disiram dengan air untuk dijadikan serbuk batu kapur. Bila sudah menjadi

serbuk kapur selanjutnya dikemas dengan kantong plastik dan siap untuk dipasarkan. Secara ringkas skema proses produksi batu kapur dapat dilihat pada bagan 4.1. di bawah ini.



Bagan 4.1. Tahap proses produksi

3. Karakteristik Responden

Kasus dan kontrol dalam penelitian ini diperoleh dari hasil studi pendahuluan yang dilakukan secara *crosssectional* terhadap 283 pekerja tambang batu kapur. Pengukuran kapasitas paru dilakukan oleh Petugas dari Balai Pengobatan Penyakit Paru-Paru (BP-4) Purwokerto yang dilakukan selama 2 minggu. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa pekerja dengan kapasitas paru normal sebanyak 68 orang (24.0 %) dan kapasitas paru tidak normal sebanyak 215 orang (75,9 %), yang terdiri dari restriksi 81 orang (28,6 %); obstruksi 46 orang (16.2 %) dan kombinasi (obstruksi dan restriksi) 88 orang (31,1 %).

Sesuai dengan definisi operasional kasus diambil dari kelompok pekerja dengan kapasitas paru kurang dari 80 % FVC dan kurang dari 70 % FEV_1 . Sehingga dalam penelitian ini kasus diambil dari kelompok pekerja yang mengalami kelainan paru kombinasi (obstruksi dan restriksi) sebanyak 63 pekerja. Sedangkan kontrol diambil dari kelompok pekerja dengan kapasitas paru lebih dari atau sama dengan 80 % (FVC dan FEV_1). Sehingga kontrol diambil dari kelompok pekerja dengan kapasitas paru normal, sebanyak 63 pekerja. Jumlah responden seluruhnya 126 responden. Pengambilan sampel menggunakan teknik random.

a. Distribusi Kapasitas Paru Responden.

Hasil pengukuran kapasitas paru responden rata-rata *FVC* 72,6 %, maksimum 98,4 %, minimum 22,8 % dan standar deviasi 17,6. Sedangkan rata-rata *FEV₁* 72,1 %, maksimum 99,5 % dan minimum 21,3 %, dengan standar deviasi 18,9. Sehingga dapat dikatakan rata-rata responden memiliki kelainan kapasitas paru kombinasi (obstruksi dan restriksi). Data selengkapnya pada tabel 4.1.

Tabel 4.1
DISTRIBUSI KARAKTERISTIK
KAPASITAS PARU RESPONDEN

Jenis Pengukuran	N	Minimum	Maksimum	Mean	SD
<i>FVC</i>	126	22,8	98,4	72,6	17,6
<i>FEV₁</i>	126	21,3	99,5	72,1	18,9

b. Distribusi Umur Responden.

Karakteristik umur sebagian besar responden antara 21 sampai dengan 50 tahun (87,4 %), dan sebagian kecil responden berumur kurang dari 20 tahun dan lebih dari 60 tahun (12,6 %). Sedangkan rata-rata umur responden 37,3 tahun. Responden paling muda berumur 19 tahun dan tertua berumur 80 tahun

dengan standar deviasi 12,7. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2.
DISTRIBUSI UMUR RESPONDEN

Katagori umur (th)	n	%
Kurang dari 20	1	0,8
21 – 30	39	31,0
31 – 40	35	27,8
41 – 50	32	25,4
51 – 60	12	9,5
61 – 70	4	3,2
Lebih dari 70	3	2,4
Total	126	100
Minimum	19 tahun	
Maksimum	80 tahun	
Rata-rata	39 tahun	
SD	12,75	

c. Distribusi Tingkat Pendidikan Responden.

Tabel 4.3
DISTRIBUSI TINGKAT PENDIDIKAN RESPONDEN

Jenis Pendidikan	n	%
SD	115	91,3
SLTP	3	2,4
SLTA	8	6,3
Total	126	100

Pada tabel 4.3. dapat diketahui bahwa hampir sebagian besar tingkat pendidikan responden hanya tamat Sekolah Dasar (91,3 %). Sedangkan selebihnya tamat SLTP dan SLTA (8,8 %).

4. Analisis Bivariat (Hubungan masing-masing Variabel independent dan variabel dependent).

Analisis bivariat dimaksudkan untuk mengetahui hubungan dan besarnya nilai *odds ratio* faktor risiko (variabel independen) dengan kejadian penurunan kapasitas paru (variabel dependent), dengan tingkat kemaknaan 95%. Adanya hubungan antara faktor risiko dengan penurunan kapasitas paru ditunjukkan dengan nilai $p < 0,05$; nilai $OR > 1$ dan nilai 95%CI tidak mencakup 1. Secara lengkap seperti pada tabel 4.4 sampai dengan 4.14 di bawah ini.

a. Umur Responden

Tabel 4.4.
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN UMUR

Katagori Umur	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Lebih dari 35 tahun	46	73,0	28	44,4	3,3	1,6 – 7,1	0,001
Kurang dari 35 tahun	27	27,0	35	55,6			
Total	63	100	63	100			

Tabel 4.4. menunjukkan bahwa umur responden dikatagorikan menjadi lebih dari 35 tahun dan kurang dari 35 tahun.

Proporsi responden umur lebih dari 35 tahun pada kelompok kasus lebih besar dari pada kelompok kontrol (73 % dan 44,4 %). Proporsi responden umur kurang dari 35 tahun kelompok kasus lebih kecil dari pada kelompok kontrol (27 % dan 55,6 %). Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tua umur semakin besar risiko terjadinya penurunan kapasitas paru ($p = 0,001$), dimana besarnya risiko 3,3 kali ($OR = 3,3$; 95% $CI=1,6 - 7,1$).

b. Indek Massa Tubuh (IMT)

Tabel 4.5.
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
INDEK MASSA TUBUH

IMT	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Kurus (< 18,5)	35	55,6	10	16,7	6,2	2,6 - 14,4	0,000
Normal (18,5 –25)	28	44,4	50	83,3			
Gemuk (> 25)	0	0	3	5,7	1,5	1,3 – 1,8	0,200
Total	63	100	63	100			

Pada tabel 4.5. dapat dilihat bahwa proporsi IMT katagori kurus pada kelompok kontrol lebih besar dibandingkan dengan kelompok kasus (55,5 % dan 16,7 %). Hasil analisis statistik menunjukkan ada hubungan antara IMT kurus ($IMT < 18,5$) dengan kejadian penurunan kapasitas paru ($p = 0,000$). IMT kurus

mempunyai risiko 6,2 kali lebih besar terjadi penurunan kapasitas paru dibanding IMT normal (OR=6,2 ; CI=2,6 – 14,4).

c. Riwayat penyakit paru.

Tabel 4.6.
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
RIWAYAT PENYAKIT PARU

Riwayat Penyakit Paru	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Ada Riwayat	36	57,1	18	29,5	3,1	1,5 – 6,6	0,002
Tidak Ada Riwayat	27	42,9	43	70,5			
Total	63	100	63	100			

Pada tabel 4.6 dapat diketahui bahwa riwayat penyakit paru responden dikategorikan menjadi ada riwayat dan tidak ada riwayat. Proporsi responden dengan riwayat penyakit paru pada kelompok kasus lebih besar dibanding kelompok kontrol (57,1% dan 29,5 %). Proporsi responden dengan tidak ada riwayat penyakit paru pada kelompok kasus lebih kecil dibanding kelompok kontrol (42,9% dan 70,5%). Hasil analisis menunjukkan bahwa pekerja dengan riwayat penyakit paru lebih besar terjadi penurunan kapasitas paru dibandingkan dengan pekerja tanpa riwayat penyakit paru ($p = 0,002$). Pekerja dengan riwayat penyakit paru mempunyai risiko 3 kali lebih besar terjadi penurunan kapasitas

paru dibandingkan dengan pekerja tanpa riwayat penyakit paru (OR=3,1, 95% CI= 1,5 – 6,6).

d. Kadar debu total

Tabel 4.7.
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
KADAR DEBU TOTAL

Kadar Debu Total	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Lebih dari 350 mg / m ³ udara	46	73,0	22	36,1	4,7	2,2 – 10,2	0,000
Kurang dari 350 mg / m ³ udara	17	27,0	39	69,3			
Total	63	100	63	100			

Pada tabel 4.7. di atas dapat dilihat bahwa kadar debu total yang diukur di masing-masing tempat kerja industri batu kapur dikategorikan menjadi lebih dari 350 mg/m³ udara dan kurang dari 350 mg/m³ udara. Proporsi responden dengan kadar debu lebih dari 350 mg/m³ udara pada kelompok kasus lebih besar dibanding dengan kelompok kontrol (73,0 % dan 36,1%). Sebaliknya proporsi kadar debu kurang dari 350 mg/m³ udara pada kelompok kasus lebih kecil dibanding kelompok kontrol (27,0% dan 69,3%). Hasil analisis menunjukkan semakin besar kadar debu total melebihi 350 mg/m³/perhari semakin besar kemungkinan terjadi penurunan kapasitas paru (p=0,000) dan besarnya risiko terjadinya penurunan

kapasitas paru sebesar 4,7 kali (OR=4,7, 95% CI=2,2 – 10,2).

e. Masa kerja.

Tabel 4.8.
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
MASA KERJA

Katagori Masa Kerja	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
21 – 30 tahun	2	3,2	2	3,2	1,3	0,1 – 9,9	0,768
11 – 20 tahun	21	33,3	7	11,1	4,0	1,5 – 10,4	0,003
0 – 10 tahun	40	63,5	54	85,7			
Total	63	100	63	100			

Masa kerja responden berkisar antara 0,5 tahun sampai dengan 30 tahun dengan rata-rata masa kerja 8,6 tahun, dengan standar deviasi 5,7. Pada tabel 4.9. dapat diketahui masa kerja dikategorikan menjadi 0 – 10 tahun; 11 – 20 tahun dan 21 – 30 tahun. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara masa kerja 11 – 20 tahun dengan penurunan kapasitas paru ($p= 0,003$) dan besarnya nilai OR = 4,0. Artinya pekerja dengan masa kerja 11 – 20 tahun mempunyai risiko 4 kali lebih besar untuk terjadinya penurunankapasitas paru. Sedangkan masa kerja antara 21 – 30 tahun tidak ada hubungan yang bermakna dengan penurunan kapasitas paru ($p=0,768$) dan besarnya nilai OR = 1,3.

g. Jam kerja.

Tabel 4.9
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL
BERDASARKAN JAM KERJA

Jam Kerja	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	P
	n	%	n	n			
Lebih dari 4 jam	62	98,4	61	96,8	2,0	0,1 – 23,0	0,559
Kurang dari 4 jam	1	1,6	2	3,2			
Total	63	100	63	100			

Pada tabel 4.9. dapat dijelaskan bahwa proporsi Jam kerja responden baik kelompok kasus maupun kelompok kontrol sebagian besar bekerja lebih dari 4 jam per hari (98,4 % dan 96,8 %). Hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan antara lamanya jam kerja dengan penurunan kapasitas paru ($p=0,559$) dan lamanya jam kerja bukan merupakan faktor risiko penurunan kapasitas paru ($OR=2,0$; $95\% CI = 0,1 - 23,0$). (tabel 4.10.)

f. Bagian pekerjaan.

Bagian pekerjaan pada proses produksi batu kapur dikategorikan menjadi tahap proses penambang, angkutan dan pembakaran. Sebagian besar responden pada kelompok kasus bekerja pada tahap proses pembakaran dibandingkan dengan kelompok kontrol (61,9% dan 28,6%). Hasil analisis menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara jenis pekerjaan bagian

pembakaran dengan penurunan kapasitas paru ($p=0,011$) dengan besarnya Odds ratio 3,2 kali. Sedangkan tahap proses angkutan tidak berhubungan secara bermakna ($p=0,425$) dan bukan merupakan faktor risiko ($OR=0,6$; $CI=0,2 - 1,8$) . Selengkapnya di tabel 4.10.

Tabel 4.10
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
JENIS PEKERJAAN

Bagian pekerjaan	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Pembakaran	39	61,9	18	28,6	3,2	1,2 – 8,1	0,011
Angkutan	12	19,0	27	42,9	0,6	0,2 – 1,8	0,425
Penambang	12	19,0	18	28,6	-	-	-
Total	63	100	63	100			

g. Kebiasaan olah raga.

Kebiasaan melakukan olah raga dikategorikan menjadi tidak pernah, kadang-kadang dan selalu. Proporsi kategori kebiasaan melakukan olah raga untuk semua kategori cenderung sama, sehingga hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna untuk ketiga kategori kebiasaan melakukan olah raga dengan penurunan kapasitas paru ($p=0,607$ dan $p=0,895$). Selengkapnya di tabel 4.11.

Tabel 4.11
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
KEBIASAAN BEROLAH RAGA

Kebiasaan Olah Raga	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Tidak Pernah	39	61,9	36	57,1	1,2	0,5 – 3,0	0,607
Kadang-kadang	12	19,0	13	20,6	1,0	0,3 – 3,2	0,895
Selalu	12	19,0	14	22,2	-	-	-
Total	63	100	63	100			

h. Kebiasaan merokok.

Tabel 4.12.
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
KEBIASAAN MEROKOK

Kebiasaan Merokok	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Perokok Sedang	22	39,4	7	11,1	8,2	2,7 – 24,8	0,000
Perokok Ringan	30	47,6	27	42,9	2,9	1,2 – 6,9	0,140
Tidak Merokok	11	17,5	29	46	-	-	-
Total	63	100	63	100			

Pada tabel 4.12. di atas dapat diketahui proporsi responden perokok ringan pada kelompok kasus lebih besar dibanding kelompok kontrol (47,6 % dan 42,9 %). Responden dengan kebiasaan merokok sedang pada kelompok kasus lebih besar dibanding kelompok kontrol (39,4% dan 11,1%). Sedangkan proporsi responden yang tidak merokok pada kelompok kasus lebih

kecil dibanding kelompok kontrol (17,5 % dan 46 %). Hasil analisis statistik menunjukkan ada hubungan antara kebiasaan merokok dengan penurunan kapasitas paru. (perokok ringan $p=0,037$ dan perokok sedang $p=0,000$). Demikian juga jika dilihat dari nilai *odds ratio*-nya, ternyata kebiasaan merokok merupakan faktor risiko terjadinya penurunan kapasitas paru. Faktor risiko perokok sedang 2,8 kali ($CI=2,764 - 24,836$) dan perokok ringan 2,9 kali ($CI=1,2 - 6,9$) dan $p= 0,140$.

i. Kebiasaan memakai masker.

Tabel 4.13.
DISTRIBUSI KASUS DAN KONTROL BERDASARKAN
KEBIASAAN MEMAKAI MASKER

Kebiasaan Memakai masker	Kasus		Kontrol		OR	95% CI	p
	n	%	n	%			
Tidak Pernah	34	54,0	16	25,4	4,9	2,1 – 11,5	0,000
Kadang-Kadang	14	22,2	12	19,0	2,7	1,0 – 7,2	0,042
Selalu	15	23,8	35	55,6	-	-	-
Total	63	100	63	100	-	-	-

Pada tabel 4.13. dapat diketahui bahwa kebiasaan masker dalam melakukan aktifitas kerja dikatagorikan menjadi selalu memakai masker, kadang-kadang memakai masker, dan tidak pernah memakai masker. Proporsi pekerja yang selalu memakai

masker pada kelompok kasus setengah kali dibanding kelompok kontrol (23,8% dan 55,6%). Proporsi responden yang tidak pernah memakai masker pada kelompok kasus dua kali lebih besar dibanding kelompok kontrol (54% dan 25,4%). Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa ada hubungan yang bermakna kebiasaan memakai masker dengan penurunan kapasitas paru (tidak pernah memakai masker $p=0,000$ dan kadang-kadang memakai masker $p=0,0042$). Sedangkan bila dilihat dari besarnya risiko, kebiasaan tidak pernah memakai masker mempunyai risiko 5 kali ($OR=4,9$; $CI= 2,1 - 11,5$), dan kadang-kadang memakai masker mempunyai risiko 2,7 kali ($OR=2,7$; $CI=1,0 - 7,2$) untuk terjadinya penurunan kapasitas paru.

j. Rangkuman analisis bivariat

Hasil analisis bivariat variabel independen dan dependen dapat dirangkum seperti pada tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14.
RANGKUMAN HASIL ANALISIS BIVARIAT

No.	Katagori Umur	OR	95% CI	p
1.	Umur lebih dari 35 tahun	3,3	1,6 – 7,1	0,001
2.	Jenis kelamin laki-laki	-	-	-
3.	IMT kurus (< 18,5)	6,2	2,6 - 14,4	0,000
	IMT gemuk (> 25)	1,5	1,3 – 1,8	0,200
4.	Ada Riwayat penyakit paru	3,1	1,5– 6,6	0,002
5	Kadar debu > 350 mg / m ³ udara	4,7	2,2 – 10,2	0,000
6.	Masa kerja 21 – 30 tahun	1,3	0,1 – 9,9	0,768
7.	Jam kerja lebih dari 4 jam	2,0	0,1 – 23,0	0,559
8	Tahap proses pembakaran	3,2	1,2 – 8,1	0,011
	Tahap proses angkutan	0,6	0,2 – 1,8	0,425
9.	Kebiasaan tidak pernah olah raga	1,2	0,5 – 3,0	0,607
	Kebiasaan kadang-kadang olah raga	1,0	0,3 – 3,2	0,895
10.	Kebiasaan merokok sedang	8,2	2,7 – 24,8	0,000
	Kebiasaan merokok ringan	2,9	1,2- 6,9	0,140
11.	Kebiasaan tidak pernah memakai masker	4,9	2,1 – 11,5	0,000
	Kebiasaan kadang-kadang memakai masker	2,7	1,0 – 7,2	0,042

5. Analisis Multivariat.

Analisis multivariat dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar sumbangan secara bersama-sama seluruh faktor risiko terhadap kejadian penurunan kapasitas paru. Analisis ini menggunakan uji Regresi Logistik Ganda dengan metode Backward LR, pada tingkat

kemaknaan 95 %, menggunakan perangkat software SPSS.For Window.10.00.

Alasan penggunaan uji ini, agar dapat dipilih variabel independen yang paling berpengaruh, jika diuji bersama-sama dengan variabel independen yang lain terhadap penurunan kapasitas paru. Variabel independen yang tidak berpengaruh secara otomatis akan dikeluarkan dari perhitungan. Variabel independen yang dijadikan kandidat dalam uji regresi logistik ini adalah variabel yang dalam analisis bivariat mempunyai nilai $p < 0,25$, yaitu variabel umur lebih 35 tahun, indek massa tubuh (kurus dan gemuk), pekerja dengan riwayat penyakit paru, kadar debu total lebih dari $350 \text{ mg/m}^3/\text{hari}$, tahap proses produksi pembakaran, massa kerja 21 – 30 tahun, kebiasaan merokok (sedang dan ringan), kebiasaan memakai masker (tidak pernah dan kadang-kadang).

Hasil analisis multivariat menunjukkan ada 5 variabel independen yang patut dipertahankan secara statistik yaitu indek massa tubuh kurus (OR *adjusted* : 25,2; 95% CI: 9,1 - 224,4), Kadar debu total $> 350 \text{ mg/m}^3$ udara/hari (OR *adjusted* : 2,8; 95% CI: 1,8 - 9,9), Tahap proses produksi pembakaran (OR *adjusted* : 7,9 ; 95% CI: 2,7 - 78,4), Kebiasaan merokok tingkat sedang sedang (1-6 batang/hari) (OR *adjusted* : 6,0 ; 95% CI: 1,6 - 78,9), Kebiasaan tidak

pernah memakai masker (*OR adjusted* : 5,4 ; 95% CI: 1,5 -32,5), selengkapnya seperti tertera pada tabel 4.15.

Tabel 4.15
HASIL PERHITUNGAN STATISTIK KORELASI LOGISTIK
FAKTOR RISIKO DENGAN VARIABEL DEPENDENT

No	Faktor Risiko	β	OR <i>adjusted</i>	95% CI	p
1	Indek Massa Tubuh kurus (IMT <18,5)	3,8	25,2	9,1 - 224,4	0,000
2	Debu total lebih dari 350 mg/m ³ udara per hari.	1,0	2,8	1,8 - 9,9	0,05
3	Tahap proses produk-si (pembakaran)	2,6	7,9	2,7-78,4	0,002
4	Kebiasaan merokok Sedang (6-12 batang / hari)	2,4	6,0	1,6-78,9	0,014
5	Kebiasaan tidak pernah memakai masker	1,9	5,4	1,5-32,5	0,011

Hasil analisis multivariat menghasilkan model persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \sum \beta_n \cdot X_n)}}$$

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(\text{Contans} + \beta \text{ kadar debu lebih dari 350 mg/m}^3/\text{hari} + \beta \text{ IMT kurus} + \beta \text{ Tahap prosese produksi pembakaran} + \beta \text{ Kebiasaan merokok sedang} + \beta \text{ Kebiasaan tidak pernah memakai masker})}}$$

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(-11,750 + 1,05 + 3,813 + 2,580 + 2,691 + 2,435 + 1,967)}}$$

$$Y = 0,447 (44,7 \%).$$

Hal ini berarti bahwa bila ada seorang pekerja tambang batu kapur dengan IMT tidak normal, kadar debu total, bekerja pada tahap proses pembakaran batu, perokok sedang, dan tidak pernah memakai masker, memiliki probabilitas atau risiko terjadi penurunan kapasitas paru sebesar 44,7 %.

B. Pembahasan

Pendekatan untuk menentukan ada dan tidaknya hubungan faktor risiko dengan kejadian penurunan kapasitas paru dapat dikaji melalui *ecological study* (Gordis, 1996). Analisis ekologi berguna untuk menganalisis dampak intervensi program (Kleinbaum, 1982), sehingga informasi yang diperoleh sangat penting bagi upaya pencegahan timbulnya penyakit. Pembahasan pada penelitian ini menggunakan pendekatan kasus kontrol.

Salah satu dampak negatif dari industri batu kapur adalah pencemaran udara oleh debu kapur, yang dapat mencemari lingkungan kerja dan lingkungan pemukiman disekitar industri. Sehingga pekerja dan masyarakat akan terpapar debu kapur yang kandungan utamanya adalah CaCO_3 sebagai bahan toksiknya (Austin, George T, 1996).

Faktor yang berpengaruh dalam penurunan kapasitas paru adalah faktor paparan debu dan faktor individu (Yunus, 1997), serta faktor

penyerta potensial yang bersifat alamiah seperti umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, alergen (Epler GR, 2000). Konsekuensi patologis dan klinis akibat paparan debu terhadap kapasitas paru sangat bervariasi 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 ini penting sebagai bagian dari evaluasi klinis guna membantu penegakan diagnosis. Walaupun uji spirometer hanya memperlihatkan pengaruh yang ditimbulkan penyakit/paparan terhadap kapasitas paru, dan tidak dapat digunakan untuk mendapatkan diagnosis dasar perubahan patologis, tetapi dapat memberikan informasi yang berharga.

1. Faktor-faktor yang diduga kuat berhubungan dengan penurunan kapasitas paru pekerja batu kapur adalah :

a. Faktor instrinsik. (IMT kurus kurang dari 18,5).

Indek massa tubuh kurus, dalam penelitian ini dikategorikan menjadi kurus ($<18,5$), normal ($18,5 - 25$) dan gemuk (> 25). Hasil analisis statistik menunjukkan IMT kurus mempunyai risiko 25,2 dan 95 % CI 9,1 -224,4. Analisis ini sesuai dengan hipotesis yang menyatakan bahwa Indek masa tubuh yang kurang dari 18,5 (kurus) mempunyai risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas paru.

Hubungan ini dapat dijelaskan bahwa IMT merupakan cerminan status gizi pekerja. Status gizi seseorang akan menentukan bentuk anatomis, kekuatan otot paru dan deistensibilitas paru-paru dan sarkar dada, yang disebut *compliance paru* (Arthur C Guyton, 1990). Hasil penelitian ini juga sama dengan hasil penelitian Syamsudin, 2003, yang menyatakan bahwa IMT kurang dari 19 memberikan risiko 1,3 kali terhadap kejadian PPOK. Hasil penelitian Ernowo Gatot Pratiknyo, 2003, menunjukkan hasil yang sama dimana pekerja batu kapur dengan IMT kurang dari 19 kg/m^2 memiliki risiko 3,7 kali lebih besar terjadi PPOK.

- b. Faktor Ekstrinsik (kadar debu total $> 350 \text{ mg/m}^3$ udara/hari, tahap proses produksi pembakaran, kebiasaan merokok tingkat sedang, dan kebiasaan tidak pernah memakai masker).

- 1) Kadar debu lebih dari $350 \text{ mg/m}^3/\text{hari}$.

Merupakan parameter utama untuk menentukan tingkat pencemaran udara industri batu kapur. Kadar debu total yang melebihi $350 \text{ mg/m}^3/\text{hari}$ menunjukkan sudah melampaui nilai ambang batas pencemaran udara. Hasil penelitian menunjukkan kadar debu total yang melebihi nilai ambang batas mempunyai risiko terhadap penurunan kapasitas paru sebesar 2,9 kali. Analisis ini sesuai dengan hipotesis yang

diajukan yaitu makin tinggi kadar debu total , makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.

Hal ini sesuai dengan teori dalam kepustakaan bahwa jumlah paparan debu yang semakin tinggi maka akan terjadi penurunan kapasitas paru (WHO, 1993). Penelitian lainnya juga memberikan hasil yang sama (Yunus, 2001, Da Costa, 1997, Fishwick (1996), Syamsudin, 2003, Ady Setyawan, 2002.

2) Tahap proses produksi pembakaran.

Tahap proses produksi berkaitan erat dengan area dimana pekerja melakukan aktifitas kerja. Dengan demikian jenis pekerjaan juga merupakan faktor yang menimbulkan paparan pada penderita (Aditama, 1999). Faktor risiko bagian pekerjaan dalam proses produksi sangat berkaitan erat dengan jenis paparan. Sebagian besar responden pada kelompok kasus bekerja pada bagian proses pembakaran dibandingkan dengan kelompok kontrol (61,9% dan 28,6%).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa bagian pekerjaan pada tahap proses pembakaran batu kapur mempunyai risiko 7,9 kali terhadap penurunan kapasitas paru. Analisis ini sudah sesuai dengan hipotesis yang diajukan yaitu pekerja pada tahap proses pembakaran batu kapur lebih besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Syamsudin, 2003, Lilis Agustanti, 2003, Ady Setyawan 2003. Hal ini dapat dijelaskan bahwa tanggung jawab pekerja pada proses pembakaran, mulai dari menyusun gamping ke dalam tobong, membakar dengan kayu bakar selama 48 jam, membongkar batu kapur yang sudah matang, menyiram batu kapur dengan air dan pewadahan. Dengan demikian pekerja pada proses ini mempunyai paparan debu yang lebih lama dan lebih besar, dibandingkan pekerja pada tahap penambangan dan angkutan.

3) Kebiasaan merokok tingkat sedang.

Kebiasaan merokok pekerja dikategorikan menjadi perokok berat (lebih dari 12 batang); perokok sedang (6 – 12 batang); perokok ringan (1-12 batang) dan tidak merokok. Proporsi perokok tingkat sedang pada kelompok kasus lebih besar dibanding kelompok kontrol (39,4 % dan 11,1 %).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kebiasaan merokok pada perokok sedang mempunyai risiko 6,1 kali terhadap penurunan kapasitas paru. Analisis ini sudah sesuai dengan hipotesis yang diajukan yaitu makin banyak jumlah rokok yang dihisap makin besar risikonya terhadap penurunan kapasitas paru.

Hasil penelitian ini mendukung beberapa penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa kebiasaan merokok menurunkan faal paru. Hasil penelitian Ady Setyawan, 2003, menyatakan pekerja pabrik semen yang merokok mengalami gangguan fungsi paru restriksi ringan sampai berat. Penelitian sejenis oleh Ernowo Gatot Pratiknyo, 2003, hasilnya juga sama, yaitu pekerja batu kapur dengan kebiasaan merokok mempunyai kemungkinan 5 kali lebih besar terkena gangguan fungsi paru. Menurut Riyadina, (1995) prevalensi kematian lebih tinggi pada perokok dibanding bukan perokok dan menurut Vaessen (2002) rokok berhubungan dengan risiko terjadinya gangguan paru dan hati.

4) Kebiasaan tidak pernah memakai masker

Dalam melaksanakan pekerjaannya pekerja batu kapur perlu menggunakan alat pelindung diri terutama masker. Kebiasaan pekerja menggunakan masker dikategorikan menjadi tidak pernah memakai, kadang-kadang dan selalu memakai masker. Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa kebiasaan tidak pernah memakai masker mempunyai risiko 5,4 kali terhadap penurunan kapasitas paru. Analisis ini sudah sesuai dengan hipotesis yang diajukan yaitu kadar debu

lebih kebiasaan merokok tingkat berat mempunyai risiko lebih besar terjadi penurunan kapasitas paru.

Hasil penelitian ini mendukung hasil penelitian terdahulu, yaitu hasil penelitian Ady Setyawan, 2003, bahwa pekerja pabrik semen yang menggunakan alat pelindung diri yang baik mempunyai kapasitas paru yang normal sebesar 66,7%. Sebaliknya penggunaan alat pelindung diri yang tidak baik menyebabkan penurunan kapasitas paru sebesar 34,3 %. Secara teori faktor lain yang ikut mempengaruhi penurunan kapasitas paru selain penggunaan masker adalah mekanisme pertahanan saluran pernafasan. Setiap individu mempunyai mekanisme pertahanan saluran nafas, berupa refleks muntah yang dapat mencegah masuknya benda asing ke dalam trachea. Refleks batuk merupakan mekanisme lain yang lebih kuat untuk mendorong sekresi ke saluran pernafasan bagian atas, sehingga dapat ditelan atau dikeluarkan. Makrofag alveolar merupakan pertahanan yang paling akhir, dan paling penting dalam inhasi paru, sehingga bila masih ada debu yang sampai ke rongga paru makrofag akan mengeluarkan ke pembuluh limfe atau bronkiolus, dimana partikel tersebut akan dibuang oleh eskalator muskositiliaris (Anderson P.S, Mc W.L, 1995).

2. Faktor-faktor yang diduga kuat tidak berhubungan dengan penurunan kapasitas paru pekerja batu kapur adalah :

a. Faktor risiko instrinsik (umur dan riwayat penyakit paru).

1) Umur.

Variabel umur secara teori merupakan faktor penyerta potensial terjadinya gangguan fungsi paru (Epler GR, 2000). Umur dalam penelitian ini dikategorikan menjadi lebih dari 35 tahun dan kurang dari 35 tahun. Hasil penelitian ini dinyatakan bahwa umur bukan merupakan faktor risiko, sehingga hipotesis tidak terbukti.

Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan hasil penelitian Syamsudin, 2003, yang menyatakan umur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kejadian penyakit paru obstruksi kronis (PPOK). Penelitian Ernowo Gatot Pratiknyo, 2003, juga menyatakan bahwa umur lebih dari 37 tahun memiliki risiko 2,3 kali lebih besar mengalami gangguan fungsi paru.

Tidak adanya pengaruh ini disebabkan karena besarnya paparan antara kasus dan kontrol hampir sama.

2) Riwayat penyakit paru.

Responden dikategorikan menjadi ada riwayat dan tidak ada riwayat. Pekerja dikatakan mempunyai riwayat

penyakit paru bila pernah mengalami sakit dari salah satu penyakit paru yang terdiri bronchitis, radang paru, flu, TBC, dan asma.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa riwayat penyakit paru tidak berhubungan terhadap penurunan kapasitas paru, sehingga hipotesa tidak terbukti. Meskipun secara teori dikatakan bahwa penyakit-penyakit pernafasan seperti bronchitis, radang paru, flu, dan asma berhubungan dengan disfungsi ventilasi, baik restriksi maupun obstruksi. Hal ini dapat disebabkan dalam menjawab pertanyaan tentang riwayat penyakit paru responden terkesan hanya seingatnya saja dan sulit membedakan penyakit jenis-jenis penyakit saluran pernafasan yang tersedia dalam kuesioner. Bila ada yang menjawab pernah mempunyai riwayat penyakit paru, hal ini tidak dibuktikan dengan pemeriksaan dokter, jadi terkesan hanya perkiraan saja.

Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian Ady Setyawan, 2002, yang menyatakan bahwa dari 234 pekerja pabrik semen Cibinong Cilacap dengan riwayat penyakit paru, yang kapasitas parunya normal hanya 13 % .

b. Faktor risiko ekstrinsik (masa kerja, jam kerja, dan kebiasaan olah raga)

1) Masa kerja dan lama kerja.

Riwayat pekerjaan penting dalam memperkirakan lingkungan atau pekerjaan sebagai faktor yang menimbulkan paparan pada penderita (Aditama, 1999). Riwayat pekerjaan dalam hal ini adalah masa kerja dan lama kerja. Faktor risiko masa kerja dan lama kerja per hari sangat berkaitan erat dengan lamanya waktu paparan yang dihabiskan di area kerja. Semakin lama pekerja menghabiskan waktu di area kerjanya, maka semakin lama pula paparan debu kapur yang diterima, sehingga kemungkinan terjadinya penurunan kapasitas paru juga makin besar.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa masa kerja dan lama kerja tidak berhubungan dengan penurunan kapasitas paru, sehingga hipotesis tentang masa kerja dan lama kerja tidak terbukti. Tidak adanya hubungan ini dapat dijelaskan karena proporsi lamanya paparan kelompok kasus dan kelompok kontrol hampir sama.

2) Kebiasaan tidak pernah olah raga.

Kebiasaan olah raga dikategorikan menjadi tidak pernah, kadang-kadang dan selalu melakukan kegiatan olah

raga. Pekerja yang tidak pernah melakukan olah raga pada kelompok kasus dan kelompok kontrol hampir sama (61,9 % dan 57,1 %). Pekerja yang hanya kadang-kadang melakukan olah raga kelompok kasus dan kelompok kontrol juga hampir sama (19% dan 20,6 %). Sedangkan pekerja yang selalu melakukan olah raga antara kelompok kasus lebih besar dari pada kelompok kontrol (19,0 % dan 22,2 %).

Hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna untuk ketiga katagori kebiasaan melakukan olah raga dengan penurunan kapasitas paru (tidak pernah melakukan olah raga OR=1,2; 95 % CI=0,5 – 3,0, p=0,607 dan kadang-kadang melakukan olah raga OR=1,0; 96% CI = 0,3 – 3,2; p=0,895).

Tidak adanya hubungan ini dapat dijelaskan karena semua pekerja sebagian besar menghabiskan waktunya untuk berkerja mulai dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00, sehingga mereka tidak mempunyai waktu untuk melakukan kegiatan olah raga yang bersifat rutin. Jenis olah raga yang dilakukan secara rutin oleh sebagian kecil pekerja diantaranya adalah sepak bola, bola voley dan lari.

C. Keterbatasan Penelitian

1. Nilai *Confidence Interval* yang lebar.

Hasil analisis ditemukan ada variabel yang memiliki nilai *confidence interval* sangat lebar, sehingga presisi penaksiran parameter menjadi kurang baik dan untuk menaikkan presisi perlu ditambah jumlah sampel.

2. Bias seleksi.

Seleksi responden yang masuk ke dalam katagori kasus dan kontrol hanya dilakukan secara *single blind*, sehingga dimungkinkan terjadi bias seleksi. Untuk mengurangi bias ini sebagian besar wawancara dilakukan oleh pembantu peneliti yang sudah dilatih.

3. Bias informasi

a. *Recall bias*

Kelemahan pada penelitian kasus dan kontrol ini karena bersifat retrospektif, sehingga *recall bias* tidak dapat dihindari. Upaya untuk meminimalkan *recall bias* yang dilakukan oleh peneliti adalah melakukan pelatihan pada pewawancara, sehingga mampu mendapatkan informasi yang mendekati keadaan yang sebenarnya.

b. Interview bias.

Kesalahan pada saat melakukan wawancara. Kesalahan ini terjadi bila pewawancara kurang jelas memberikan pertanyaan atau hanya mengejar target jumlah responden saja. Cara untuk mengatasinya dengan mengulangi pertanyaan atau menjelaskan pertanyaan yang tidak jelas tersebut dengan bahasa yang lebih mudah dimengerti oleh responden tanpa merubah makna/isi pertanyaan tersebut.

c. Non respon bias.

Non respon bias terjadi bila responden menolak untuk diwawancarai. Untuk mengatasi hal ini responden tersebut diganti dengan responden cadangan yang sudah disiapkan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil simpulan bahwa :

1. Faktor-faktor yang terbukti berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah :

a. Faktor instrinsik.

Indek masa tubuh kurus (OR=6,250; 95% CI = 9,1 - 224,4).

b. Faktor ekstrinsik.

Kadar debu lebih 350 mg/m³ udara/hari (OR=4,797; 95% CI = 1,8 - 9,9), Masa kerja 11-20 tahun (OR=1,350; 95% CI = 2,7-78,4), Tahap proses pekerjaan pembakaran (OR=3,250; 95% CI = 1,6-78,9), Kebiasaan merokok tingkat sedang (OR=10,4; 95% CI =1,6-78,9) dan kebiasaan tidak pernah memakai masker (OR=6,4; 95% CI = 1,5-32,5).

2. Faktor-faktor yang terbukti tidak berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah

a. Faktor instrinsik

Umur 35 tahun dan riwayat penyakit paru.

b. Faktor ekstrinsik.

Massa kerja 21 – 30 tahun, lama kerja lebih 4 jam per hari dan kebiasaan tidak pernah olah raga olah raga .

3. Nilai sumbangan secara bersama-sama variabel IMT kurus, kadar debu lebih $350 \text{ mg/m}^3/\text{hari}$ bekerja pada tahap proses pembakaran batu kapur, perokok sedang, dan tidak pernah memakai masker, terhadap penurunan kapasitas paru sebesar 44,77 %.

A. SARAN/REKOMENDASI.

1. Pekerja tambang batu kapur.

Perlu adanya upaya meningkatkan kebiasaan pemakaian masker dalam melakukan aktifitas penambangan, dan menghentikan kebiasaan merokok.

2. Ketua Asosiasi Pengusaha Batu Kapur.

- a. Perlunya menyediakan makanan tambahan yang menunjang peningkatan indek massa tubuh, berupa makanan tambahan yang bergizi.
- b. Perlu adanya roling dari jenis pekerjaan bagian pembakaran ke bagian penambang atau transportasi secara berkala.
- c. Perlu menyediakan fasilitas masker yang memenuhi syarat.
- d. Perlunya diterapkan teknologi tepat guna untuk mengurangi debu kapur.

3. Dinas terkait

- a. Perlunya melaksanakan penyuluhan tentang pentingnya pemakaian alat pelindung diri, terutama masker.
- b. Perlu dilakukan pengukuran kapasitas paru secara berkala.

BAB VI

RINGKASAN

Paru merupakan organ manusia yang mempunyai fungsi sebagai ventilasi udara, difusi oksigen dan karbondioksida antara alveoli dan darah, transportasi oksigen dan karbondioksida dan pengaturan ventilasi serta hal-hal lain dari pernafasan (Anonim, 2003). Fungsi paru dapat menjadi tidak maksimal oleh karena faktor dari luar tubuh atau faktor ekstrinsik yang meliputi kandungan komponen fisik udara, komponen kimiawi dan faktor intrinsik dari dalam tubuh penderita itu sendiri atau (Amin, 1996). Faktor ekstrinsik yang pertama adalah keadaan bahan yang diinhalasi (gas, debu, uap). Ukuran dan bentuk berpengaruh dalam proses penimbunan paru, demikian pula dengan kelarutan dan nilai higroskopisnya. Komponen kimia yang berpengaruh antara lain kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan di sekitarnya, keasaman atau tingkat alkalinitas (dapat merusak selia dan sistem enzim). Bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas di paru dan dapat bersifat antigen yang masuk paru. Faktor ekstrinsik lainnya adalah lamanya paparan, perilaku merokok, perilaku penggunaan alat pelindung diri terutama yang dapat melindungi sistem pernafasan dan kebiasaan berolah raga. Faktor intrinsik dari dalam diri manusia juga perlu diperhatikan, terutama yang berkaitan dengan sistem pertahanan paru, baik secara anatomis maupun fisiologis, jenis kelamin, riwayat penyakit yang

pernah diderita, berat badan dan tinggi badan penderita dan kerentanan individu.

Penumpukan dan pergerakan debu pada saluran nafas dapat menyebabkan peradangan jalan nafas. Selanjutnya peradangan ini dapat menyebabkan penyumbatan jalan nafas, sehingga akhirnya dapat menurunkan kapasitas paru. (American Thoracic Society, 1995).

Penyakit paru akibat debu industri sering menimbulkan tanda dan gejala yang sama dengan penyakit paru yang disebabkan oleh faktor lain. Penegakan diagnosis harus dilakukan dengan anamnesis yang teliti, meliputi riwayat pekerjaan, pemeriksaan faal paru (Yunus, 1997).

Dampak paparan debu yang terus menerus dapat menurunkan faal paru berupa obstruktif (Mukono, 2000). Akibat penumpukan debu yang tinggi di paru dapat menyebabkan kelainan dan kerusakan paru yang berarti. Penyakit akibat penumpukan debu pada paru disebut *pneumoconiosis*.

Salah satu bentuk kelainan paru yang bersifat menetap adalah berkurangnya elastisitas paru, yang ditandai dengan penurunan pada kapasitas vital paru. Prevalensi yang tinggi kasus ini berkorelasi dengan biaya kesehatan yang harus ditanggung oleh perusahaan untuk pengobatan dan rehabilitasi penderita. Untuk mengetahui secara dini, penegakan diagnosis kasus penurunan kapasitas paru harus dilakukan secara rutin minimal setahun sekali dengan melakukan pengukuran kapasitas paru.

Hasil studi prevalensi pengukuran kapasitas paru tanggal 23 Agustus – 7 September 2004 terhadap 283 pekerja tambang batu kapur. Diperoleh data kapasitas paru pekerja normal 68 orang (24.03 %); dan kapasitas paru tidak normal 215 orang (75,97 %), yang terdiri dari restriksi 81 orang (28.62 %); obstruksi 46 orang (16.25 %) dan kombinasi (obstruksi dan restriksi) 88 orang (31.10 %). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kasus hampir dua kali lipat dibanding tahun 1997, kelainan kapasitas paru pekerja batu kapur 35 %. (DKK Banyumas dan Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, 1997)

Landasan teori penelitian ini adalah adanya debu yang terinhalasi pada jaringan paru dapat berakibat pada menurunnya elastisitas paru, yang pada akhirnya akan terjadi penurunan kapasitas paru. Namun besar kecilnya penurunan tersebut 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 (Aditama, 1992).

Mekanisme penimbunan debu dapat diterangkan sebagai berikut : Pada saat menarik nafas udara yang mengandung debu dapat masuk ke paru. Partikel debu yang dapat dihirup oleh pernafasan mempunyai ukuran 0,1 – 10 mikron. Pada hidung dan tenggorokan bagian bawah terdapat cilia yang berfungsi menahan benda-benda asing seperti debu dengan ukuran 5 – 10 mikron yang kemudian dikeluarkan bersama secret pada waktu bernafas.

Sedangkan yang berukuran 3 – 5 mikron ditahan pada bagian tengah jalan pernafasan.

Penumpukan dan pergerakan debu pada saluran nafas dapat menyebabkan peradangan jalan nafas. Selanjutnya peradangan ini dapat menyebabkan penyumbatan jalan nafas, sehingga akhirnya dapat menurunkan kapasitas paru. Untuk partikel 1 – 3 mikron dapat masuk ke alveoli paru-paru dan partikel 0,1 – 1 mikron, tidak mudah hinggap dipermukaan alveoli karena adanya gerakan Brown, tetapi akan membentur permukaan alveoli dan dapat tertimbun di alveoli. Debu yang masuk ke alveoli dapat menyebabkan pengerasan pada jaringan (fibrosis) dan bila 10 % alveoli mengeras akibatnya akan mengurangi elastisitas alveoli yang berkurang akan menyebabkan kemampuan untuk mengikat oksigen juga menurun. Fibrosis yang terjadi ini akan menyebabkan menurunnya kapasitas vital paru.

Proses respirasi ditujukan untuk menyediakan oksigen bagi sel tubuh dan membawa karbondioksida dari sel tubuh yang merupakan sisa pembakaran. Ada tiga proses yang terjadi selama respirasi, yakni ventilasi, perfusi, dan difusi. Ventilasi adalah pergerakan keluar masuknya udara melalui cabang trakheobronkhial, sehingga oksigen sampai di alveoli dan karbondioksida dikeluarkan. Perfusi adalah istilah untuk aliran darah pada kapiler paru. Difusi adalah pergerakan oksigen dan karbondioksida melintasi membran alveoli – kapiler yang alirannya dimulai dari daerah yang memiliki

konsentrasi tinggi ke daerah yang memiliki konsentrasi rendah. Didalam alveoli, oksigen berdifusi melintasi membran alveoli – kapiler dari alveoli kedalam darah karena tekanan parsial oksigen (pO_2) udara alveoli (100 mmHg) lebih besar dari pada pO_2 darah vena (40 mmHg). Karbondioksida berdifusi dengan arah yang berlawanan dengan pCO_2 darah vena (46 mmHg) lebih besar dari pada pCO_2 alveoli (40 mmHg). (Long, 1996).

Beberapa faktor dapat mempengaruhi pertukaran oksigen dan karbondioksida ini, antara lain suplai oksigen yang adekuat, saluran udara yang utuh, fungsi pergerakan dinding dada dan diafragma yang normal, adanya alveoli dan kapiler yang berfungsi, adanya jumlah hemoglobin yang memadai (normal) untuk membawa oksigen ke sel tubuh, system sirkulasi dan pompa darah yang utuh, dan pusat pernafasan berfungsi normal.

Debu kapur yang terhirup kedalam pernafasan akan mempengaruhi saluran nafas menjadi tidak efektif karena $CaCO_3$ dan $MgCO_3$ yang terkandung didalam debu kapur akan menurunkan daya recoil dari paru pada saat ekspirasi (Long,1996). Dalam kondisi normal ekspirasi merupakan proses pasif yang terjadi akibat kemampuan kembalinya paru (*recoil*) yang elastis ke keadaan semula. Disamping itu, Debu kapur juga dapat menimbulkan reaksi alergi sebagaimana debu yang lain, seperti serpihan kayu, tenun, wol, dan kapas. Hal ini merupakan reaksi hipersensitivitas tipe I dimana debu kapur yang menempel pada permukaan mukosa saluran nafas disertai dengan media reaksi *immunoglobulin E (IgE)* akan mengikat sel

mukosa yang dapat berakibat sel mukosa akan melepaskan bahan vasoaktif termasuk histamine. Raksi alergi ini menyebabkan terjadinya bronkhostriksi, meningkatnya sekresi *mucus*, dan meningkatnya permeabilitas kapiler sebagai akibat dari reaksi histamine (Karnen, 2002).

Penelitian ini merupakan penelitian kasus kontrol, dengan sampel pekerja tambang batu kapur di desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas. Jumlah kasus 63 pekerja dan jumlah kontrol sebesar 63 pekerja, data diambil dari studi pendahuluan terhadap 283 pekerja. Pengumpulan data variabel dalam penelitian ini dilakukan dengan pengukuran lapangan dan wawancara dengan responden. Sedangkan data sekunder diambil dari data monografi desa dan data Puskesmas Ajibarang I.

Hasil penelitian ini adalah Faktor-faktor yang terbukti berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah : 1. Faktor-faktor yang terbukti berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah a. Faktor instrinsik (Indek massa tubuh kurus (OR=6,250; 95% CI = 9,1 - 224,4)). b. Faktor ekstrinsik (Kadar debu lebih 350 mg/m³ udara/hari (OR=4,797; 95% CI = 1,8 - 9,9), Masa kerja 11-20 tahun (OR=1,350; 95% CI = 2,7-78,4), Tahap proses pekerjaan pembakaran (OR=3,250; 95% CI = 1,6-78,9), Kebiasaan merokok tingkat sedang (OR=10,4; 95% CI = 1,6-78,9 1) dan kebiasaan tidak pernah memakai masker (OR=6,481; 95% CI = 1,5-32,5). 2. Faktor-faktor yang terbukti tidak berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah : a. Faktor instrinsik (Umur > 35 tahun dan riwayat penyakit paru). b. Faktor

ekstrinsik (Massa kerja 21 – 30 tahun, lama kerja lebih 4 jam per hari dan kebiasaan tidak pernah olah raga olah raga)

Nilai sumbangan secara bersama-sama variabel IMT kurus, kadar debu lebih 350 mg/m³/hari. bekerja pada tahap proses pembakaran batu kapur, perokok sedang, dan tidak pernah memakai masker, terhadap penurunan kapasitas paru sebesar 44,77 %.

Saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah pekerja perlu diberikan pemberian makanan tambahan guna menunjang IMT, perlu dilakukan rotasi jenis pekerjaan secara berkala terhadap pekerja., penyediaan dan pemakaian masker terhadap pekerja serta upaya menghentikan kebiasaan merokok. Perlu diterapkan pemakaian cerobong yang dapat mengurangi debu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama T.Y., *Penyakit Paru Akibat kerja*, Jurnal Kedokteran dan Farmasi, tahun 1992, No.2, TH 18, 29/2/1992.
- Aditama T.Y., *Penilaian Polusi Udara*, Jurnal Respirologi Indonesia, Vol.19, tahun 1999, 4 – 10.
- Ahmad, UF, *Lingkungan Kerja dan Produktifitas Tinjauan Utama Terhadap Sindroma Pencakar Langit (Sick Building)*. FKM, UI, Jakarta, 1992.
- Ahmad, UF, *Pedoman Pengendalian Pencemaran Udara Ambien Yang Berhubungan Dengan Kesehatan Masyarakat*, Dirjen PPM PLP, Depkes, RI, Jakarta, 1992.
- Amin, M, *Hubungan Antara Debu Kapas Dengan Kelainan Faal Paru*, Jurnal Respirologi Indonesia, Vol 16, 1996, 8-12.
- Amin, M, *Penyakit Paru Obstruktif Kronik. Laboratorium SMF Penyakit Paru*, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, RSUD DR. Sutomo, 2000.
- American Thoracic Society (ATS), *Standart of The Diagnosis And Care Of Pasien With Chronic Obstructive Pulmonari Disease (COPD) and Asthm*. Am Rev Respir Dis, 1995 : 225 – 21.
- American Cancer Society, 1999. Gemuk, Mati Muda. New England Journal Of Medicine. Sumber: <http://> . 09/10/199
- Anderson, S. Wilson.L.M. *Pathopisiologi Clinical Concepts Of Diseaseee Proceces* (ter. Adji Darma), Bag.1 Edisi 2 Cetakan VII, EGC, Jakarta 1989, p: 515-597.
- Anderson W.M., and Tochman M.S., *Pulmonari Disorders : Aging and the Lungs*. The Merc Manual of Geriatrics Chapter 75. Wibesite:
- Anonim, 2003, Alat pernafasan Jakarta: Prevada Cipta Karsa Informatika,
- APK-TS Surabaya, *Kumpulan Makalah Pelatihan Kemampuan Dosen APK-SPPH Bidang Hyperkes*, Surabaya, 1991.
- Bahar, A., *Penyakit Paru Obstruktif Kronik Penatalaksanaan secara Paripurna dalam Current Diagnosis and Medical Treatment In Internal Medicine*, 2001 : 207 - 20 .

- Bahar, A. *Evaluasi Prabedah Pasien Penyakit Paru Obstruktif Kronik*, 2001.
- Bascom, R. et al, *Commite Of The Environment and Occupational Health Asembly Of The Amercn Thoracic Society Health effects Out Door Air Pollution* (part 1 of 2 parst). *Am.J.Respir.Crit. Care.Med*, (1996a) 153,3 –50
- Bascom, R. et al, *Commite Of The Environment and Occupational Health Asembly Of The Amercn Thoracic Society Health effects Out Door Air Pollution* (part 1 of 2 parst). *Am.J.Respir.Crit. Care.Med*, (1996b) 153, 447-98
- Baodouin S., Blumenthal S., Cooper B., Davidson A., Elliot M., Kinnear W., , *Non Invasive Ventilation in Acute Respiratory Failure*, Nottingham; University Hospital, 2002.
- Barmawi Hisyam, Wahyu Danawati., Ahmad HS., *Rokok dan Polusi Udara Sebagai Faktor Risiko Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM) di RSUP Dr. Sardjito*. *Berita Kedokteran Masyarakat* Vol. VIII/1-46. Triwulan I, 1992.
- Depkes RI, *Petunjuk Pengukuran Kualitas Udara*, Direktorat Jendral Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman (PPM-PLP), Jakarta, 1999
- Depkes RI, *Upaya Kesehatan Kerja Sektor In formal di Indonesia*, Cetakan kedua , Depkes RI, Jakarta, 1993.
- Depkes RI, *Profil Kesehatan Indonesia 2000*, Jakarta; Departemen Kesehatan RI, 2001.
- Depnaker RI, SK Menaker No: SE-01/Men/1997 tentang, *Faktor Kimia di Udara Dalam Lingkungan Kerja*, Depnaker, Jakarta, 1997.
- DKKS Kab. Banyumas, *Laporan kesehatan haji*, 2000.
- DKKS Kab. Banyumas, *Profil Kesehatan Kabupaten Banyumas*, 2000.
- Ernowo, GT, *Pengaruh Merokok Terhadap Fungsi Paru Terhadap Pengolahan Batu Kapur di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas*, UNS Surakarta, 2003.
- Epler GR, *Environmental and Occupational Lung Disease*, In : *Clinical Overview Of Occupational Diseases*. Return To Epler.Com, 2000; 1-9.
- Gordis.L, *Epidemiology*. W.B.Sounders.1995; 137-139

- Guyton, Arthur C, *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis*, PT. Gramedia, Jakarta, 1990
- Harre, ES., Price, P.D., Ayrey, R.B., Toop, T.J., Martin., Town, G.I, Respiratori Effect of Air Pollution in Chronic Obstructive Pulmonary Disease, *Journal of Thorax*, Vol.15, 1997 (1040–44)
- Hisyam, B, *Rokok dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Penyakit Obstruktif Paru Menahun*, Laboratorium Ilmu Penyakit Dalam FK UGM/RSUP DR Sardjito, Yogyakarta, 1999.
- Harsanto, *Strategi Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara Dalam Menuju Program Langit Biru* , Seminar Nasional Lingkungan Hidup, Yogyakarta, Hotel Horison, 2001.
- Hendrawati, WI, Pruhartono, J, Ynus,F, *Pengaruh Debu Kayu Terhadap Paru dan Faktor-Faktor Resikonya di Kalangan Pekerja Industri Permebelan Kayu PT . X di Bogor*. *Journal Respir Indo* 1998, vol. 18, no.4: 137-145.
- Lightowler J.V., Wedzicha JA., Elliott M.W., Ram F.S.F., *Non Invasive Popsitive Pressure Ventilation To Treat Respiratory Failur Resulting From Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Cochrane Systematic Review and Meta Analysis*. London : University of London, 2003.
- Mannopo A, *Merokok dan Kanker Paru*, *Majalah Kedokteran Indonesia*, Vol.37.No.10, 1987
- Michael.,JG., *Air Pollutan, 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.
- Priory Lodge Education Limited, *Spirimetry : Question & answers Chest Medicine On-Line*.<http://www.priory.com/chest.htm>. 15/8/2003.
- Peraturan Pemerintah RI, No. 41 tahun 1999, *tentang pengendalian Pencemaran Udara*.
- Samsudin, *Hubungan Kualitas Udara dan Terjadinya Penyakit Paru Obstruksi Kronis Pada Pengrajin Tembaga di Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali*, UGM, 2003
- Santoso, *Dinamika Hyperkes, Kedokteran Okupasi di Indonesia*, Surakarta, Universitas Sebelas Maret, 2002.

- Sasaki, H., Sekizes, K., Yanai, H., Arai, H., Yamaya, M, Ohrui, H, *Effect of Air Pollutan and Smoking on Chronic Obstructive Disease and Bronchial Asthma*, Tohoku J, Exp. Med., 1998, 186, 151-167.
- Sherril, D.L., Lebowitz, M.D., Burrows B. *Epidemiologi in Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, Clinics in Ches Medicine, 1990, 11;375 –378.
- Suma'mur PK, *Kesehatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*, Jakarta: Gunung Agung, 1983.
- Soejono CH, *Peran Proses Menua pada Sistem Organ*, Makalah Pengelolaan Geriatri di Indonesia, Jakarta , 2003.
- Soleh Marsam, *Hubungan Pemaparan Debu Kapas Dengan Penurunan Fungsi Paru Pada Pembuat Kasur Di Desa Banjarkerta, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Purbalingga*, FKM, Undip.Semarang, 2003.
- Tabrani, *Penyakit Paru Obstruktif Menahun, Ilmu Penyakit Paru*, Cetakan II, Jakarta, Hipocrates, 1996.
- Sastroasmoro, S; Ismael, S, *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis*, Sagung Seto, Jakarta. 2002.
- Yunus, F., *Dampak Debu Industri pada paru dan Pengendaliannya*,. Jurnal Respirologi Indonesia. Vol 17. tahun 1997; 4-7.
- Word Bank, , *Investing In Health : Word Development Indicator*. World Development Report 1993. New York : Oxford Uninersity Press, 1994.
- WHO, *Prinsip-prinsip Deteksi Penyakit Akibat Kerja Dalam Wijaya C*, Ed. Deteksi dan Penyakit Akibat Kerja. Alih Bahasa Sujono.Jakarta, 1986 ; 1-6.
- WHO, *Deteksi Penyakit Akibat Kerja Dalam Wijaya C*, Penerbit Buku EGC,Jakarta, 1993.