

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industrialisasi menempati posisi sentral dalam ekonomi masyarakat modern dan merupakan motor penggerak yang memberikan dasar bagi peningkatan kemakmuran dan mobilitas perorangan yang belum pernah terjadi sebelumnya pada sebagian besar penduduk dunia, terutama di negara-negara maju. Bagi negara berkembang, industri sangat esensial untuk memperluas landasan pembangunan dan memenuhi kebutuhan masyarakat yang meningkat.¹

Industri yang ada pada saat ini ditinjau dari modal kerja yang digunakan dapat dikelompokkan dalam beberapakeleompok yaitu industri besar (Industri Dasar), industri menengah (Aneka Industri) dan industri kecil. Industri kecil dengan teknologi sederhana/tradisional dan dengan jumlah modal yang relatif terbatas adalah merupakan industri yang banyak bergerak disektor informal.²

Sektor informal meliputi bidang kegiatan yang bervariasi. Pekerjaannya menghasilkan beragam barang dan jasa. Istilah sektor informal mulai dikenal dunia di awal tahun 1970'an dari suatu penelitian ILO (*International Labour Organization*) di Ghana, Afrika. Sejak saat itu berbagai definisi dan pengertian dibuat orang. Sektor informal ini oleh ILO (*International Labour Organization*) didefinisikan sebagai cara melakukan pekerjaan apapun dengan karakteristik mudah dimasuki, bersandar pada sumber daya lokal, usaha milik sendiri, beroperasi dalam skala kecil, padat

karya dan teknologi yang adaptif, memiliki keahlian di luar sistem pendidikan formal, tidak terkena langsung regulasi dan pasarnya kompetitif.³

Salah satu pekerja sektor informal adalah pekerjamebel kayu. Pekerja mebel kayu adalah pekerja sektor informal yang menggunakan berbagai jenis kayu sebagai bahanbaku/utama dalam proses produksinya. Pekerja pada kelompok ini merupakan kelompok kerja yang tergolong pada "*underserved working population*" dan belum mendapatkan pelayanan kesehatan kerja seperti yang diharapkan. Hasil survei yang dilakukan peneliti oleh Organisasi Buruh Internasional (ILO), menyebutkan sekitar 80 % dari 2.068 orang pekerja informal Indonesia tidak punya jaminan sosial (jamsos) apapun baik jamsos formal dan jamsos informal yang terpisah dari keluarga.^{2,4}

Setiap tempat kerja selalu mengandung berbagai potensi bahaya yang dapat mempengaruhi kesehatan tenaga kerja atau dapat menyebabkan timbulnya penyakit akibat kerja. Menurut ILO (*International Labour Organization*) setiap 15 detik, 160 pekerjamengalami kecelakaan akibat kerja. Setiap hari, 6.300 orang meninggal akibat kecelakaan kerja atau penyakit akibat hubungan pekerjaandan diperkirakan lebih dari 2,3 juta kematian per tahun. Lebih dari 337 juta per tahun kecelakaan terjadi pada seorang pekerja pada saat bekerjasehingga mengakibatkan banyak pekerja yang absen/tidak bekerja. Salah satu bidang pekerjaan yang perlu mendapat perhatian adalah penyakit akibat kerja pada pekerja mebel kayu. Gangguan pernapasan atau fungsi paru akibat kerja adalah masalah yang paling umum dipabrik-pabrik atau industri terutama dalam sektor industri semendan industri pengolahan kayu.^{5,6,7}

Debu yang masuk ke dalam saluran napas, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan nonspesifik berupa batuk hingga bersin. Otot polos di sekitar jalan napas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini terjadi biasanya bila kadar debu melebihi nilai ambang batas.⁸

Menurut WHO, diperkirakan bahwa setidaknya 2 juta orang di seluruh dunia secara rutin terpapar debu kayu pada saat bekerja. Paparan tertinggi secara umum dilaporkan pada industri furnitur kayu dan manufaktur, khususnya pada mesin pengamplasan dan operasi sejenis (dengan kadar debu kayu sering di atas 5 mg/m^3). Survei Nasional Paparan Pekerjaan (*The National Occupational Exposure Survey*), yang dilakukan pada tahun 1981-1983, diperkirakan bahwa sekitar 600.000 pekerja terkena debu kayu di Amerika Serikat. Swedia pada akhir 1990-an terdapat 6,4% pria dan 0,5% wanita usia kerja dilaporkan terkena paparan debu kayu di tempat kerja.^{9,10,11}

Setiap orang yang pernah menggergajipapan (kayu) telah terkena paparan debu kayu. Umumnya ini dianggap tidak berbahaya dan bahkan banyak orang yang terkena paparan debu kayu dalam jumlah besar tanpa masalah kesehatan. Namun, sejumlah masalah kesehatan telah dikaitkan dengan paparan debu kayu. Efek bagi kesehatan yang paling sering dilaporkan adalah ruam kulit (dermatitis), iritasi mata dan pernapasan, masalah alergi pernapasan, kanker hidung, dan beberapa jenis kanker lainnya. Badan Internasional untuk Penelitian Kanker atau *International Agency for Research on Cancer* (IARC) melaporkan bahwa debu kayu menyebabkan kanker dan pada tahun 1995 termasuk dalam kelompok I sebagai karsinogen pada

manusia. Kauppinen *et al.* melakukan penelitian pada 3,6 juta pekerja dari 25 negara Eropa yang diperkirakan terpapar oleh debu kayu. Mereka mendeteksi bahwa 16% pekerja terpapar debu kayu terespirasi dengan berbagai tingkatan variasi lebih tinggi dari 5 mg/m^3 . Sedangkan sebanyak 79% pekerja terpapar debu kayu terespirasi pada tingkat yang lebih tinggi dari $0,5 \text{ mg/m}^3$, dimana nilai tersebut merupakan nilai batas maksimum untuk menerima debu kayu terhirup yang disarankan oleh Komite Ilmuan untuk Batas-batas Paparan di Tempat Kerja (*Committee for Occupational Exposure Limits*).^{9,12,13}

Penelitian Chirdan *et al.* tahun 2004 di Nigeria, dari 120 pekerja pada saat penelitian terdapat 75 responden (62,5%) memiliki gejala-gejala gangguan pada pernapasan, banyak yang memiliki lebih dari satu gejala pada responden. Hidung tersumbat 74 responden (61,75%), flu 50 (41,7%), demam berulang 27 (22,5%), bersin 68 (56,7%), mendengkur 11 (9,2%), sesak napas 8 (6,7%), dada sesak 16 (3,3%) dan batuk 63 (52,5%). Penelitian oleh Meo, persentase penurunan *Peak Expiratory Flow Rate* (PEFR) pada pekerja kayu terkait dengan periode paparan. Paling menonjol adalah lebih dari 50% penurunan PEFR pada pekerja yang terpapar debu kayu untuk jangka waktu lebih dari 8 tahun. Paparan debu kayu telah lama dikaitkan dengan berbagai efek kesehatan yang merugikan, termasuk batuk kering, *malaise*, kronis bronkitis, sesak napas, nyeri dada, konjungtivitis, *rhinitis*, dermatitis, asma, alergi, sakit kepala, sinus hidung karsinoma, dan defisit fungsi paru.^{7,14}

Penelitian lainnya oleh Sripaiboonkij *et al.* tahun 2008 pada pekerja pabrik kayu di Thailand menunjukkan peningkatan risiko mengi, gejala pada

hidung dan asma dibandingkan dengan pekerja di bagian kantor. Ada peningkatan paparan, dilihat pada gejala yang kaitannya dengan tingkat paparan debu. Risiko secara signifikan meningkat untuk gejala hidung (adalah OR 3,67, 95% CI 1,45-9,28) dan asma (8,41, 1,06-66,60) yang terdeteksi dalam kategori paparan rendah. Studi ini memberikan bukti baru bahwa pekerja yang terpapar debu kayu dari pohon karet mengalami peningkatan risiko gejala gangguan pada hidung, bersin, asma dan gejala pada kulit dan telah mengurangi fungsi paru.¹⁵

Penelitian lainnya oleh Osman dan Pala tahun 2009, menunjukkan bahwa paparan debu kayu mempengaruhi fungsi pernafasan pekerja. Dilaporkan bahwa 176 pekerja (53,7%) mengalami hidung tersumbat saat bekerja, 141 (43,0%) mengalami mata merah, 135 (41,2%) mengalami gatal pada mata dan 78 (23,8%) mengalami pilek. Keluhan gatal pada mata, kemerahan pada mata, rinorea, hidung tersumbat dan pilek lebih sering di antara pekerja yang bekerja selama sepuluh tahun atau lebih, dari mereka yang bekerja kurang dari sepuluh tahun.¹²

Penyakit paru dan saluran nafas masih merupakan masalah kesehatan dunia, baik di negara berkembang maupun negara maju dengan pola penyakit berbeda di setiap negara. Salah satu pola penyakit paru dengan angka kesakitan dan kematian cukup tinggi adalah Infeksi Akut Saluran Nafas, termasuk juga di Indonesia. Penelitian yang dilakukan Yusnabeti dkk, pada industri mebel di Bogor, hasil yang didapat konsentrasi (PM_{10}) $50,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rata-rata $70,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pengukuran 24 jam. Jumlah pekerja yang mengalami ISPA 43 orang (43,9%). Hasil penelitian ini

menunjukkan ada hubungan antara konsentrasi(PM_{10}), suhu ruang kerja ($p = 0,027$), masa kerja ($p = 0,010$), pemakaian alat pelindung diri ($p=0,001$), kebiasaanmerokok ($p = 0,039$) dengan kejadian ISPA ($p = 0,045$).^{16,17}

Menurut kepala seksi pengawasan industri,mebel kayu hingga tahun 2011 di Kota Jayapura saat ini kurang lebih terdapat 28 mebel.Jumlah tersebut telah sedikit mengalami penurunan sebanyak 20 % dibanding jumlah mebel pada tahun 2003 yaitu sebanyak 35 mebel. Hal ini dikarenakan usaha yang merugi dan akhirnya beralih dengan usaha lainnya.

Berdasarkan penelitian Ronsumbre tahun 2010 di Kelurahan Waena Kota Jayapura pada 4 (empat) usaha mebel dengan jumlah sampelsebanyak 30 orang, ada hubungan yang sangat berarti antara kapasitas vital fungsi paru dengan kadar paparan debu kayu. Pada 4 (empat) mebel masing-masing dilakukan pengukuran kadar debu total dengan menggunakan alat *Low Volume Dust Sampler*. Diperoleh hasil masing-masing pada mebel I sebesar $1,5 \text{ mg/m}^3$, mebel II sebesar $3,8 \text{ mg/m}^3$, mebel III sebesar $5,5 \text{ mg/m}^3$ dan mebel IV sebesar $13,8 \text{ mg/m}^3$. Bila dibandingkan dengan NAB menurut SE.01/Men/1997 tentang Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja yaitu 5 mg/m^3 , maka ada 2 usaha mebel yang telah melebihi NAB dan ini akan berdampak pada kesehatan para pekerjanya. Hasil pengukuran kapasitas vital fungsi paru pada tenaga kerja mebel di Kelurahan Waena Kota Jayapura bahwa dari 30 responden, sebesar 16 (53,3%) pekerjanya mengalami gangguan fungsi paru.¹⁸

Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ronsumbre (2010) baik dari segi lokasi, variabel pengukuran dan waktu.

Pada penelitian oleh Ronsumbre, lokasi penelitian hanya dilakukan pada usaha mebel yang berada di Kelurahan Waena yaitu pada 4 (empat) usaha mebel dengan mengukur debu lingkungan kerja dan kemudian dihubungkan dengan kapasitas vital fungsi paru pada pekerjaannya. Sedangkan penelitian ini dilakukan dengan lokasi yang lebih luas di Kota Jayapura dengan melakukan pengukuran debu kayu terhirup (*respirable*) secara perseorangan. Variabel pengukuran lainnya dilihat dari faktor umur, masa kerja, status gizi, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lama paparan dan penggunaan APD.

Secara umum, paparan debu kayu dapat memperburuk fungsi paru, meningkatkan prevalensi penyakit pernapasan, memperburuk adanya penyakit, insiden kanker meningkat hingga kematian. Selain itu, kayu mengandung banyak mikroorganisme (termasuk fungi), racun dan zat kimia sehingga debu kayu juga secara signifikan dapat mempengaruhi kesehatan manusia.¹²

Pengamatan awal yang dilakukan terhadap 6 (enam) usaha mebel serta wawancara singkat kepada 16 pekerja, diketahui bahwa 6 (37,5%) pekerjaannya memiliki keluhan kesehatan, dimana jenis keluhan kesehatan yang mereka alami berbeda-beda. Keluhan subyektif pernafasan yang banyak dialami pekerja mebel kayu ada sebanyak 2 (12,5%) orang yang mengeluh batuk-batuk, 1 (6,25%) orang yang mengeluh bersin-bersin, 2 (12,5%) orang mengalami flu, dan 1 (6,25%) orang mengeluh dada terasa sakit. Hal ini dirasakan oleh pekerja yang sudah bekerja selama ± 3 (tiga) tahun. Apabila keadaan ini diabaikan kemungkinan penyakit akibat kerja akan semakin meningkat sehingga bagi pekerja perlu dilaksanakan pemeriksaan kesehatan

untuk mengetahui pekerjaan yang dilakukan di lingkungan berdebu (debu kayu) telah menimbulkan gangguan/kapasitas fungsi paru pada pekerja atau tidak.

Hasil survei pendahuluan juga menunjukkan hampir seluruh pekerja mempunyai kebiasaan merokok, dan tidak menggunakan masker dengan baik pada saat bekerja. Pekerja yang mempunyai kebiasaan merokok sebanyak 12 orang dan yang tidak menggunakan masker dengan baik sebanyak 8 orang. Observasi awal yang telah dilakukan terlihat pula setiap pekerja bekerja dengan tugasnya masing-masing antara lain pemilihan jenis kayu 1 orang (6,25%), pengukuran 1 orang (6,25%), pembuatan model 2 orang (12,5%), penggergajian 4 orang (25%), penghalusan dengan *skaff* dan pengamplasan 6 orang (37,5%), serta cat dan terakhir *finishing* 1 orang (12,5%). Secara umum bagian pemilihan jenis kayu, pengukuran, dan pembuatan model, tidak menghasilkan kadar debu yang berbahaya karena tidak menghasilkan limbah debu. Sedangkan bagian penggergajian, penghalusan dengan *skaff*, pengamplasan, dan pengecatan serta *finishing* menghasilkan limbah berupa debu. Bagian ini merupakan bagian yang sebagai obyek penelitian.

Defisit (penurunan) fungsi paru juga menunjukkan tren yang signifikan dengan meningkatnya tingkat paparan debu kayu diklasifikasikan berdasarkan bagian pekerjaannya untuk perokok dan bukan perokok. Usia, jenis kelamin, dan status merokok, semua parameter fungsi paru secara signifikan lebih nampak pada pekerja yang terpapar debu kayu dan menunjukkan kecenderungan menurun atau meningkatnya tingkat paparan berdasarkan bagian pekerjaan. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat

tingginya paparan debu kayu dalam industri kayu dapat menyebabkan bahaya paru.¹⁹

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil data penelitian terdahulu oleh Ronsumbre tahun 2010 dari 4 usaha mebel yang dilakukan pengukuran kadar debu total dengan menggunakan alat *Low Volume Dust Sampler*, ada 2 mebel yang telah melebihi nilai NAB yaitu sebesar 5,5 mg/m³ dan 13,8 mg/m³. Hasil pengukuran kapasitas vital fungsi paru pada tenaga kerja mebel di Kelurahan Waena Kota Jayapura bahwa dari 30 responden, sebesar 16 (53,3%) pekerjaannya mengalami gangguan fungsi paru.

Pengamatan awal yang dilakukan terhadap 6 (enam) usaha mebel serta wawancara singkat kepada 16 pekerja, diketahui bahwa 6 (37,5%) pekerjaannya memiliki keluhan kesehatan, dimana jenis keluhan kesehatan yang mereka alami berbeda-beda. Keluhan subyektif pernafasan yang banyak dialami pekerja mebel kayu ada sebanyak 2 (12,5%) orang yang mengeluh batuk-batuk, 1 (6,25%) orang yang mengeluh bersin-bersin, 2 (12,5%) orang mengalami flu, dan 1 (6,25%) orang mengeluh dada terasa sakit.

Hasil survei pendahuluan juga menunjukkan hampir seluruh pekerja mempunyai kebiasaan merokok, dan tidak menggunakan masker dengan baik pada saat bekerja. Pekerja yang mempunyai kebiasaan merokok sebanyak 12 (75%) orang dan yang tidak menggunakan masker dengan baik sebanyak 8 (50%) orang. Apabila keadaan ini diabaikan kemungkinan penyakit akibat kerja akan semakin meningkat.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian lebih lanjut. Apakah ada hubungan kadar debu terhirup (*respirable*) dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan kadar debu terhirup (*respirable*) dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengukur kadar debu terhirup (*respirable*) dengan menggunakan *Personal Sample Pump* pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
- b. Mengukur kapasitas vital paksa paru dengan menggunakan *Spirometri* pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
- c. Mengidentifikasi faktor-faktor umur, masa kerja, status gizi, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lamapaparan, penggunaan APD pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
- d. Menganalisis hubungan faktor-faktor (kadar debu terhirup (*respirable*), umur, masa kerja, status gizi, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lamapaparan, penggunaan APD) dengan kapasitas vital paksa paru pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Dinas Kesehatan

Mengenali beberapa faktor yang berperan terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja mebel kayu, sehingga dapat dilakukan

upaya pencegahan sejak dini. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi datadasar bagi penelitian selanjutnya.

2. Bagi Dinas Tenaga Kerja

Mengenali faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerjamebel kayu, sehingga dapat dijadikan acuan dalam penyusunan program peningkatan keselamatan kerja khususnya pada mebel-mebel di Kota Jayapura.

3. Bagi Pemilik Usaha Mebel Kayu

Mengenali hubungan faktor-faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja mebel kayu, sehingga dapat lebih memperhatikan kesehatan pekerjanya.

4. Bagi Pekerja Mebel Kayu

Mengetahui faktor risiko yang dapat dicegah/diubah sehingga meminimalkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerjamebel kayu.

E. Ruang Lingkup Penelitian

1. Lingkup Keilmuan

Penelitian ini merupakan salah satu bagian dari ilmu kesehatan masyarakat khususnya kesehatan lingkungan industri.

2. Lingkup Materi

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah masalah gangguan fungsi paru pada pekerjamebel kayu di Kota Jayapura.

3. Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada mebel-mebel kayu yang berada di Kota Jayapura.

4. Lingkup Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan bulan Januari 2012 sampai Maret 2012.

F. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1. Beberapa Penelitian Tentang Gangguan Fungsi Paru

No.	Penelitian dan Desain	Subyek	Tujuan	Hasil
1.	Meta Suryani (2005), Analisis Faktor Risiko Paparan Debu Terhadap Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Pengolahan Kayu PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industri Wonosobo Desain : <i>Cross Sectional</i>	Para pekerja industri pengolahan kayu bagian sanding mesin (WWA) dan sanding tangan (FC) di PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industri Wonosobo	Menganalisis kadar debu dengan kapasitas fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industri Wonosobo	Ada hubungan yang bermakna antara masa kerja dan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru; masa kerja (RP = 5,474, p value = 0,011; 95% CI 1,333-22,476), kebiasaan merokok (RP = 4,875, p value = 0,021; 95% CI 1,188-19,996)

2.	Dorce Mengkidi (2006), Gangguan Fungsi Paru dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya Pada Karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan Desain : <i>Cross Sectional</i>	Pada karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan	Mengukur fungsi paru karyawan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di PT. Semen Tonasa	Variabel yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja PT. Semen Tonasa – Pangkep adalah : umur, masa kerja, penggunaan APD, dan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru; umur ($p\text{-value} = 0,015$), masa kerja ($p\text{-value} = 0,017$), penggunaan APD ($OR = 3,289$; $p\text{-value} = 0,012$) dan Kebiasaan merokok ($OR = 2,764$; $p\text{-value} = 0,046$).
----	---	---	--	---

No.	Penelitian dan Desain	Subyek	Tujuan	Hasil
3.	Wenang Triatmo (2007), Paparan debu kayu dan gangguan fungsi paru pada pekerja mebel PT. Alis Jaya Ciptatama Jepara. Desain : <i>Cross Sectional</i>	Para pekerja industri mebel bagian pengampelasan dan <i>finishing</i> di PT. Alis Jaya Ciptatama	Untuk mengetahui hubungan paparan kadar debu personal dan debu total dengan fungsi ventilasi paru pada pekerja mebel PT Alis Jaya Ciptatama	Ada hubungan paparan kadar debu dengan gangguan fungsi paru pada pekerja industri PT Alis Jaya Ciptatama dengan hubungan yang positif.

4.	Irwan Budiono (2007), Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Pengecatan Mobil (Studi pada Bengkel Pengecatan Mobil di Kota Semarang) Desain : <i>Cross Sectional</i>	Pekerja pengecatan mobil pada bengkel pengecatan mobil di Kota Semarang	Menganalisis apakah karakteristik pekerja, karakteristik pekerjaan, dan kadar total partikel terhisap merupakan ampon risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.	Variabel-variabel yang signifikan terhadap gangguan fungsi paru adalah : penggunaan masker (kadang-kadang memakai); kadar partikel terhisap ($\geq 3 \text{ mg/m}^3$); masa kerja (≥ 10 tahun).
5.	Khumaidah (2009), Analisis Faktor-Faktor yang Berhubungan Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Mebel PT. KOTA JATI FURNINDO Desa Suwawah Kecamatan Milinggo Kabupaten Jepara. Desain : <i>Cross Sectional</i>	Pada pekerja mebel pada bagian proses sanding (pengamplasan) dan pengecatan dan <i>finishing</i>	Untuk mengetahui faktor-faktor (paparan debu perseorangan, umur, masa kerja, status gizi, penggunaan APD, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga, lama paparan) yang	Ada hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat dengan menggunakan uji <i>chi square</i> yaitu a. Kadar debu perseorangan b. diperoleh nilai $p = 0,000$ c. Masa kerja diperoleh nilai $p = 0,002$ d. Penggunaan APD diperoleh nilai $p = 0,002$
No.	Penelitian dan Desain	Subyek	Tujuan	Hasil
			berhubungan-dengan gangguan fungsi paru pada pekerja industri mebel di PT Kota Jati Furnindo.	e. Kebiasaan olahraga diperoleh nilai $p = 0,045$

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

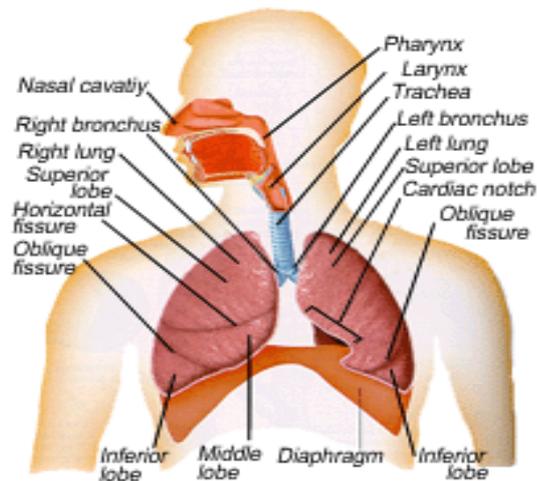
A. Sistem Pernapasan Manusia

Sistem pernapasan manusia membawa oksigen ke dalam tubuh lalu dibantu oleh sistem sirkulasi oksigen diangkut menuju sel tubuh dimana reaksi energi akan berlangsung. Pernapasan melalui 2 (dua) proses, antara lain sebagai berikut :

1. Pernapasan Dalam (*Interna*) yaitu, pertukaran gas antara sel-sel dan medium cairnya. Dengan kata lain pernapasan dalam (interna) adalah proses metabolisme intraseluler yang terjadi di mitokondria, meliputi konsumsi O_2 dan CO_2 selama pengambilan energi dari molekul-molekul nutrisi.
2. Pernapasan Luar (*Eksterna*), yaitu absorpsi O_2 dan pembuangan CO_2 dari tubuh secara keseluruhan dengan lingkungan luar, dengan urutan sebagai berikut.
 - a. Pertukaran udara luar ke dalam alveoli dengan aksi mekanik pernapasan, melalui proses ventilasi.
 - b. Pertukaran O_2 dan CO_2 , udara alveolar-darah dalam pembuluh kapiler paru-paru melalui proses difusi.
 - c. Pengangkutan (transportasi) O_2 dan CO_2 oleh sistem peredaran darah dari paru-paru ke jaringan dan sebaliknya.
 - d. Pertukaran O_2 dan CO_2 darah dalam pembuluh kapiler jaringan dengan sel-sel jaringan melalui proses difusi dan masuk ke dalam pernapasan interna.

Respirasi dapat didefinisikan sebagai gabungan aktivitas berbagai mekanisme yang berperan dalam proses suplai O_2 ke seluruh tubuh dan pembuangan CO_2 (hasil dari pembakaran sel). Fungsi dari respirasi adalah menjamin tersedianya

O₂ untuk kelangsungan metabolise sel-sel tubuh serta mengeluarkan CO₂ hasil metabolisme sel secara terus-menerus.²⁰



Gambar 2.1. Organ Sistem Pernapasan

Sumber: Smith, Byron. Energy and The Human Body Background Material. Canada: The Everest 2000; 2000.²¹

Sistem pernapasan dibentuk oleh beberapa struktur. Seluruh struktur tersebut terlibat dalam proses respirasi eksternal yaitu proses pertukaran oksigen (O₂) antara atmosfer dan darah serta pertukaran karbondioksida (CO₂) antara darah dan atmosfer. Struktur yang membentuk sistem pernapasan dapat dibedakan menjadi struktur utama (*principal structure*), dan struktur pelengkap (*accessory structure*).

Yang termasuk struktur utama sistem pernapasan adalah saluran udara pernapasan, terdiri dari jalan napas dan saluran napas, serta paru (parenkim paru). Yang disebut sebagai jalan napas adalah (1) nares, hidung bagian luar (*external nose*), (2) hidung bagian dalam (*internal nose*), (3) sinus paranasal, (4) faring, (5) laring. Sedangkan saluran napas adalah (1) trakea, (2) bronki dan bronkioli.

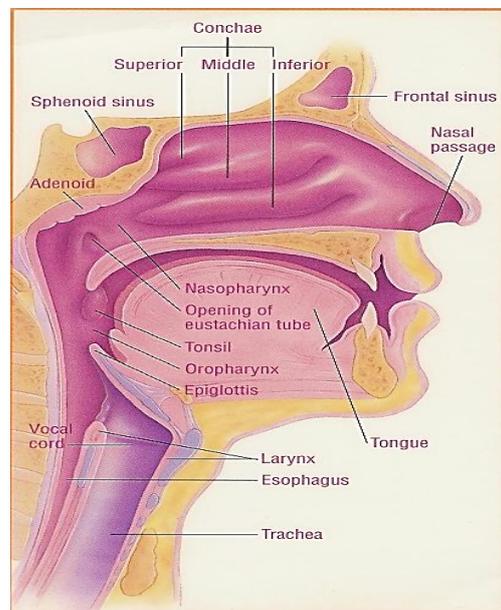
Tabel 2.1. Struktur Utama Sistem Pernapasan

Saluran Udara Pernapasan	
-	Saluran Udara Pernapasan Bagian Atas (Jalan Napas)
	Lubang hidung
	Sinus
	Faring
	Laring
-	Saluran Udara Pernapasan Bagian Bawah (Saluran Napas)
	Trakea
	Bronkus
	Bronkiolus

Sumber : Djodibroto, 2009.

Yang digolongkan ke dalam struktur pelengkap sistem pernapasan adalah struktur penunjang yang diperlukan untuk bekerjanya sistem pernapasan itu sendiri. Struktur pelengkap tersebut adalah dinding dada yang terdiri dari iga dan otot, otot abdomen, dan otot-otot lain, diafragma, serta pleura.²²

1. Saluran Napas Bagian Atas (*Upper Respiratory Airway*)



Gambar 2.2. Anatomi Hidung dan Sinus

Sumber: Ghorayeb.Y, Bechara. Anatomy of the Sinuses, Otolaryngology Head & Neck Surgery. Texas: 2011.²³

a. Hidung (*Cavum Nasalis*)

Hidung dibentuk oleh tulang dan kartilago. Bagian yang kecil dibentuk oleh tulang, sisanya terdiri atas kartilago dan jaringan ikat (*connective tissue*). Bagian dalam hidung merupakan suatu lubang yang dipisahkan menjadi lubang kiri dan kanan oleh septum. Rongga hidung mengandung rambut (*fimbriae*) yang berfungsi sebagai filter/penyaring kasar terhadap benda asing yang masuk. Pada mukosa hidung terdapat epitel bersilia yang mengandung sel goblet dimana sel tersebut mengeluarkan lendir sehingga dapat menangkap benda asing yang masuk ke saluran pernapasan.²⁰

b. Sinus Paranasalis

Sinus paranasalis merupakan daerah yang terbuka pada tulang kepala. Dinamakan sesuai dengan tulang dimana dia berada terdiri atas sinus frontalis, sinus etmoidalis, sinus sphenoidalis, dan sinus maksilaris. Fungsi dari sinus adalah membantu menghangatkan dan humidifikasi, meringankan berat tulang tengkorak, serta mengatur bunyi suara manusia dengan ruang resonansi.²⁰

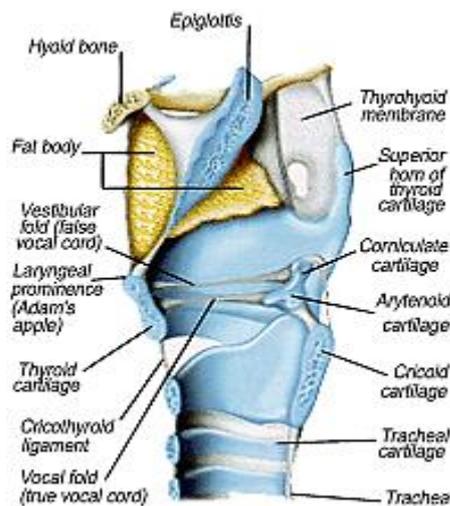
c. Faring

Faring merupakan pipa berotot berbentuk cerobong (± 13 cm) yang berjalan dari dasar tengkorak sampai persambungannya dengan esofagus pada ketinggian tulang rawan (kartilago) krikoid. Faring digunakan pada saat menelan (*digestion*) seperti juga pada saat bernapas. Faring berdasarkan letaknya dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu di belakang hidung

(nasofaring), di belakang mulut (orofaring), dan di belakang laring (laringofaring).

d. Laring

Laring biasa disebut dengan *voicebox*. Dibentuk oleh struktur *epithelium-lined* yang berhubungan dengan faring (di atas) dan trakea (di bawah). Lokasinya berada di anterior tulang vertebra ke-4 dan ke-6. Bagian atas dari esofagus berada di posterior laring.²⁰



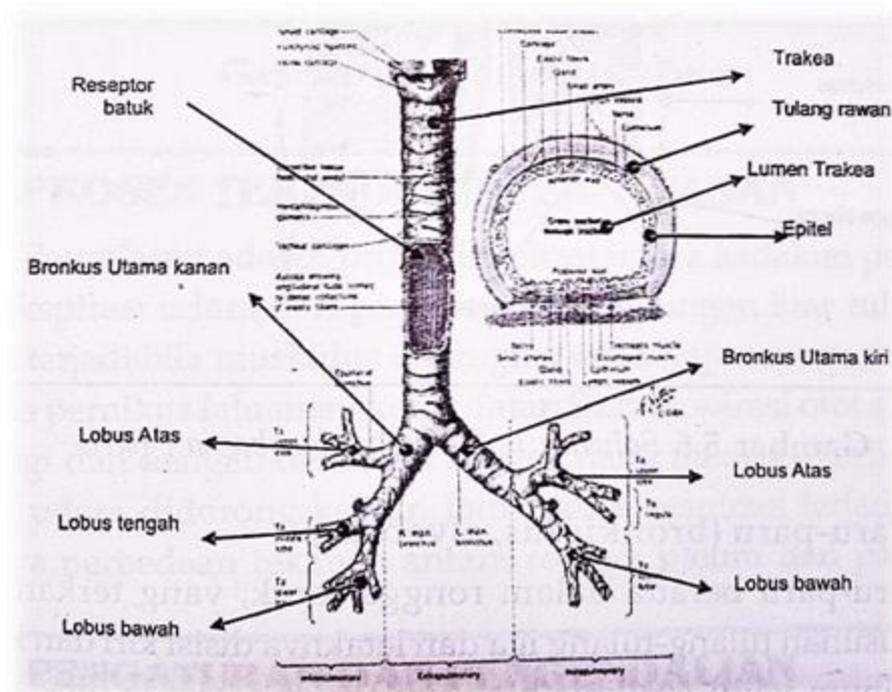
2.3. Laring

Sumber: Smith, Byron. *Energy and The Human Body Background Material*. Canada: The Everest 2000; 2000.²¹

2. Saluran Pernapasan Bagian Bawah (*Lower Airway*)

a. Trakea

Trakea merupakan perpanjangan dari laring pada ketinggian tulang vertebra torakal ke-7 yang mana bercabang menjadi dua bronkus (*primary bronchus*). Ujung dari trakea biasa disebut *carina*. Trakea ini sangat fleksibel dan berotot, panjangnya 12 cm dengan *C-shaped* cincin kartilago. Trakea dilapisi oleh selaput lendir yang terdiri atas epitelium bersilia dan sel cangkir.^{20,24}



Gambar 2.4. Trakea

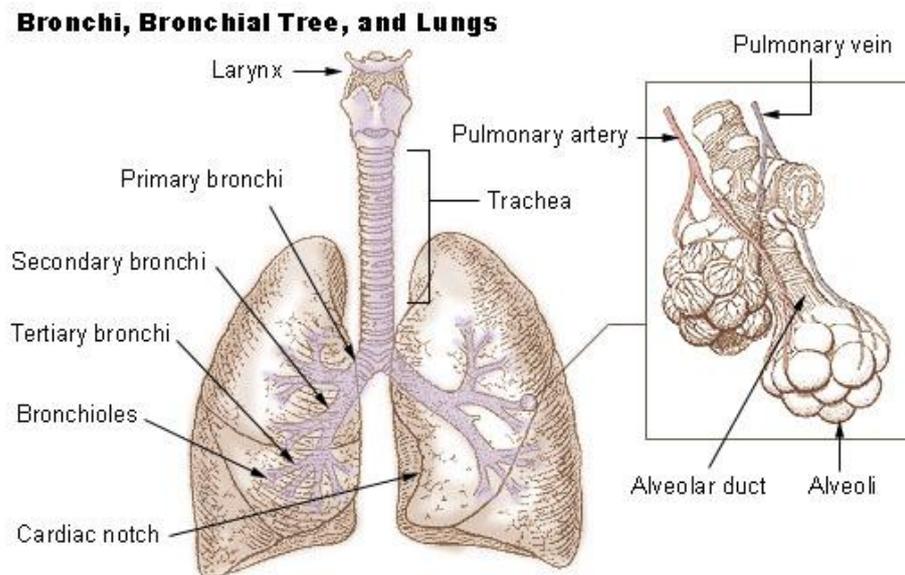
Sumber: Setiadi. Anatomi & Fisiologi Manusia. Yogyakarta:Graha Ilmu; 2007.²⁴

b. Bronkus dan Bronkiolus

Bronkus, merupakan percabangan trakea. Setiap bronkus primer bercabang 9 sampai 12 kali untuk membentuk bronki sekunder dan tersier dengan diameter yang semakin kecil. Struktur mendasar paru-paru adalah percabangan *bronchial* yang selanjutnya secara berurutan adalah bronki, bronkiolus, bronkiolus terminalis, bronkiolus respiratorik, duktus alveolar, dan alveoli. Dibagian bronkus masih disebut pernapasan extrapulmonar dan sampai memasuki paru-paru disebut intrapulmonar. Struktur ini berbeda dengan bronkiolus, yang berakhir di alveoli. Bronkiolus respiratorius merupakan bagian awal dari pertukaran gas.^{20,24}

c. Alveoli

Alveoli bentuknya sangat kecil. Alveoli merupakan kantong udara pada akhir bronkiolus respiratorius yang memungkinkan terjadinya pertukaran oksigen dan karbondioksida. Seluruh unit alveolar (zona respirasi) terdiri atas bronkiolus respiratorius, duktus alveolar, dan kantong alveoli (*alveolar sacs*). Fungsi utama alveolar adalah pertukaran oksigen dan karbondioksida di antara kapiler pulmoner dan alveoli.

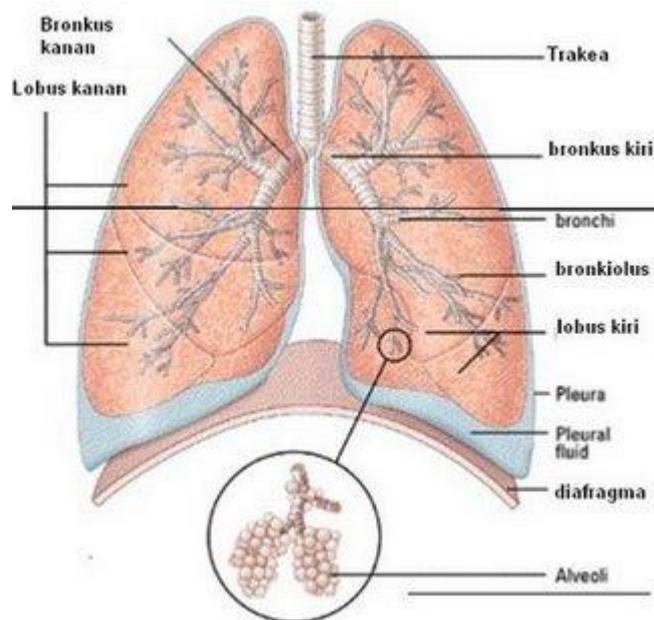


Gambar 2.5. Bronkus, Bronkiolus dan Alveoli

Sumber: Darling, David. *The Encyclopedia of Science, Anatomy and Physiology*. USA: 2011.²⁵

d. Paru-paru

Ada 2 (dua) buah paru, yaitu paru kanan dan paru kiri. Paru kanan mempunyai tiga lobus sedangkan paru kiri mempunyai dua lobus. Lobus paru terbagi menjadi beberapa segmen paru. Paru kanan mempunyai sepuluh segmen paru sedangkan paru kiri mempunyai delapan segmen paru. Kedua paru-paru dipisahkan oleh ruang yang disebut mediastinum.^{20,22}



Gambar 2.6. Paru-paru

Sumber: Soemantri, Irman. *Asuhan Keperawatan pada Klien dengan Gangguan Sistem Pernapasan*, Edisi 2. Jakarta: Penerbit Salemba Medika; 2009.²⁰

Jaringan paru-paru, yaitu penataan atau penyusunan struktur paru-paru, berbeda dari organ tubuh manusia lainnya. Pada akhir napas normal, paru-paru terdiri dari udara sekitar 80 %, darah 10 %, dan hanya 10 % jaringan. Secara umum, bagian akhir terdiri dari struktur lapisan rongga udara dan pembuluh darah dan di antara struktur interstisial menyediakan fitur mekanis dan metabolik fungsi paru-paru. Selain itu, paru-paru berisi dua sirkulasi yang menyediakan darah ke jaringan itu sendiri, sistem neuroendokrin, sistem kekebalan tubuh, dan menutupi lapisan pada permukaan "luar" dari pleura paru bagian dalam. Secara fungsional, jaringan paru-paru kebutuhannya tidak hanya cukup kuat untuk memisahkan udara dan darah dengan efektif tetapi juga untuk menyediakan luas permukaan yang besar dan jaringan

tipis penghalang untuk difusi gas antara udara dan darah. Untuk memenuhi tuntutan fungsional, paru-paru memiliki sebuah zona udara melakukan (saluran udara) dan perubahan udara wilayah (wilayah alveolar), dua yang berbeda secara signifikan hubungan dengan komposisi kualitatif dan kontribusi kuantitatif untuk struktur paru-paru. Oleh karena itu, meskipun volumenya kecil, jaringan paru memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dengan lebih dari 40 jenis yang berbeda dan komponen non seluler yang sangat khusus.²⁶

Paru-paru memiliki dua pasokan darah yang terpisah: satu untuk sirkulasi paru-paru dan yang lainnya untuk sirkulasi bronkial. Sirkulasi paru menangani proses akhir dari jantung, fungsi utamanya adalah untuk mengalirkan oksigen dalam darah. Sirkulasi bronkial yang naik dari aorta hanya menerima sebagian kecil proses akhir dari jantung dan hanya berisidarah beroksigen. Arteri bronkial adalah sumber utama nutrisi darah ke jaringan paru sendiri, termasuk pohon trakea bronkial, saraf paru, jaringan dan getah bening pleura viseralis. Banyak bahan berbahaya yang dilarang masuk ke dalam wilayah alveoli oleh lapisan jalan napas.²⁷

Bernapas adalah hasil dari gerakan gabungan dari ruang tulang rusuk dan diafragma, yang meningkatkan atau menurunkan volume rongga dada. Untuk inspirasi, tulang rusuk yang terangkat dan diafragma (yang membentuk bagian bawah rongga dada) diturunkan.

Sesuai dengan hukum *Boyle*, tekanan dalam dada menurun sebagai volume meningkat, dan udara dari luar tubuh akan pindah ke paru-paru karena tekanan relatif lebih tinggi. Pada saat tulang rusuk terangkat dan diafragma diturunkan, volume menurun dan udara dipaksa keluar dari paru-paru. Namun, tidak peduli seberapa keras seseorang mencoba, orang tersebut tidak dapat mengusir semua udara dari paru-parunya. Volume residu dari 1-1,5 liter akan selalu tetap.²⁷

B. Volume dan Kapasitas Paru

Volume paru dan kapasitas fungsi paru merupakan gambaran fungsi ventilasi sistem pernapasan. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas fungsi paru dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya kelainan fungsi ventilator paru.²⁸ Volume udara dalam paru-paru dan kecepatan pertukaran saat inspirasi dan ekspirasi dapat diukur melalui spirometer.

1. Volume Paru

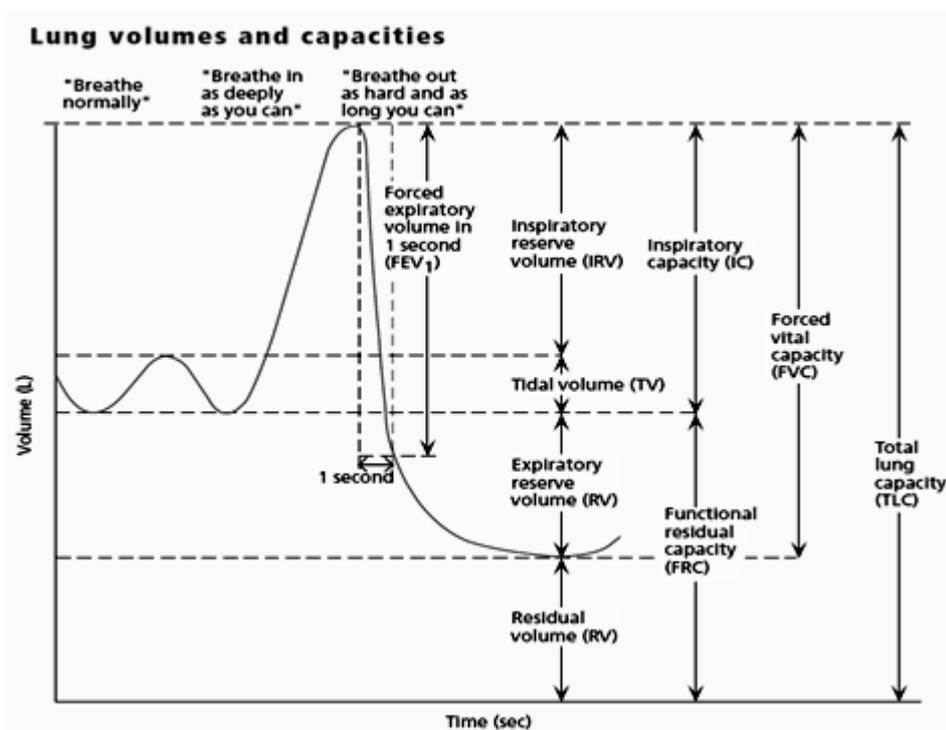
- a. Volume Tidal (VT), yaitu volume udara yang masuk dan keluar paru-paru selama ventilasi normal biasa. Nilai VT pada dewasa normal sekitar 500 ml untuk laki-laki dan 380 ml untuk perempuan.
- b. Volume Cadangan Inspirasi (VCI), yaitu volume udara ekstra yang masuk ke paru-paru dengan inspirasi maksimum di atas inspirasi tidal. VCI berkisar 3100 ml pada laki-laki dan 1900 ml pada perempuan.
- c. Volume Cadangan Ekspirasi (VCE), yaitu volume ekstra udara yang dapat dengan kuat dikeluarkan pada akhir ekspirasi tidak normal. VCE berkisar 1200 ml pada laki-laki dan 800 ml pada perempuan.

- d. Volume Residual (VR), yaitu volume udara sisa dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi kuat. Rata-rata pada laki-laki sekitar 1200 ml dan pada perempuan 1000 ml volume residual penting untuk kelangsungan aerasi dalam darah saat jeda pernafasan.²⁴

2. Kapasitas Paru

Kapasitas fungsi paru merupakan penjumlahan dari dua volume paru atau lebih.²⁸ Yang termasuk pemeriksaan kapasitas fungsi paru-paru adalah :

- a. Kapasitas Residual Fungsional (KRF) adalah penambahan volume residual dan volume cadangan ekspirasi. Kapasitas ini merupakan jumlah udara sisa dalam sistemik respiratorik setelah ekspirasi normal. Nilai rata-ratanya adalah 2200 ml. Jadi nilai ($KRF = VR + VCE$).
- b. Kapasitas Inspirasi (KI), adalah penambahan volume tidal dan volume cadangan inspirasi. Nilai rata-ratanya adalah 3500 ml. Jadi nilai ($KI = VT + VCI$).
- c. Kapasitas Vital (KV), yaitu penambahan volume tidal, volume cadangan inspirasi dan volume cadangan ekspirasi ($KV = VT + VCI + VCE$). Nilai rata-ratanya sekitar 4500 ml.
- d. Kapasitas Total Paru (KTP) adalah jumlah total udara yang dapat ditampung dalam paru-paru dan sama dengan kapasitas vital ditambah volume residual ($KTP = KV + VR$). Nilai rata-ratanya adalah 5700 ml.²⁴



Gambar 2.7. Volumedan KapasitasParu-paruDigambarkanPada VolumeSpirogramWaktu.

Sumber : Al-Ashkar, Mehra, and Mazzone. Interpreting Pulmonary Function Tests: Recognize The Pattern, And The Diagnosis Will Follow, Cleveland Clinic Journal Of Medicine. 2003;Vol.70, No.10: 866-881.²⁹

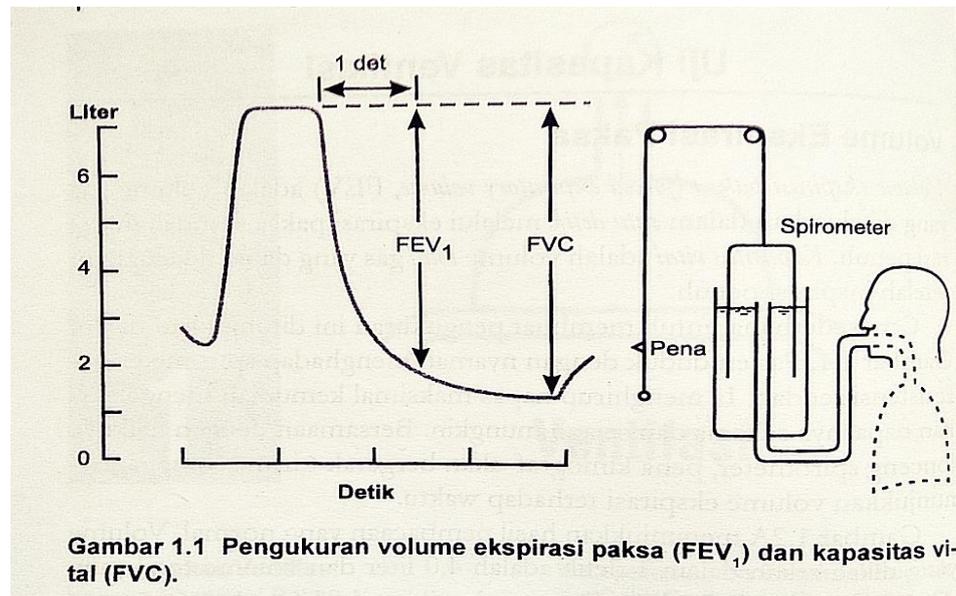
Nilai yang paling penting adalah kapasitas vital paksa (FVC), volume ekspirasi paksa dalam 1 detik (FEV₁), dan rasio FEV₁/FVC. Spirometri tidak dapat mengukur sisa volume atau kapasitas paru total.²⁹

3. Uji Fungsi Paru

Uji fungsi paru atau *lung function test* atau disebut juga *pulmonary function test*, digunakan untuk mengevaluasi kemampuan paru dan menangani pasien penyakit paru. Pemeriksaan fungsi paru berguna untuk menentukan adanya gangguan dan derajat gangguan fungsi paru. Uji fungsi paru yang paling sederhana adalah ekspirasi paksa. Uji tersebut juga merupakan salah satu uji yang paling informatif dan hanya membutuhkan sedikit peralatan serta

mudah dihitung. Kebanyakan penderita penyakit paru memiliki ekspirasi paksa yang abnormal sehingga informasi yang didapat dari uji ini sering kali bermanfaat bagi penatalaksanaannya. Walaupun demikian, uji ini tidak digunakan sesering yang seharusnya. Contohnya, uji ini dapat bernilai untuk mendeteksi penyakit jalan napas awal, suatu keadaan yang sangat sering terjadi dan penting.^{22,30}

Volume ekspirasi paksa (*forced expiratory volume*, FEV) adalah volume gas yang dikeluarkan dalam satu detik melalui ekspirasi paksa sesudah inspirasi penuh. Uji spirometri merupakan pemeriksaan yang sederhana dan tidak rumit. Ada beberapa macam spirometer, antara lain *water sealed spirometer*, *bellow spirometer*, dan *electronic spirometer*. Hasil pemeriksaan berupa gambar langsung dari pena pada *kymograph* disebut spirogram, sedangkan gambar yang diperoleh dari *office-spirometer* sebagai hasil dari *pneumotachi* disebut diagram. Parameter yang biasanya diperlukan adalah kapasitas vital (KV) atau *vital capacity* (VC), volume ekspiratori paksa (VEP) atau *forced expiratory volume* (FEV) pada beberapa interval waktu, misalnya 0,5; 0,75 maupun 1 detik, tetapi paling sering digunakan adalah FEV₁ atau VEP₁. Parameter yang lebih sensitif adalah arus ekspiratori tengah maksimal atau *maximal mid expiratory flow* (MMEF). Hasilnya pemeriksaan harus dapat diulang (*repeatable*) dengan akurasi tidak kurang dari 3%.^{22,30}



Gambar 2.8. Pengukuran dengan Spirometri.

Sumber: West, J.B. 2010. Patofisiologi Paru Esensial, Edisi 6. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2010.³⁰

Pada orang sehat dan normal, nilai VC hampir sama dengan FVC. Pada orang yang mengalami obstruksi jalan napas, FVC lebih kecil dibandingkan VC. Adapun nilai VC menurun pada penurunan keregangannya paru, perubahan bentuk dada, kelemahan otot respirasi, dan obstruksi saluran pernapasan.²²

Dengan pemeriksaan spirometri dapat diketahui semua volume paru kecuali volume residu, semua kapasitas paru kecuali kapasitas paru yang mengandung komponen volume residu. Dengan demikian dapat diketahui gangguan fungsional ventilasi paru dengan jenis gangguan digolongkan menjadi 2 bagian yaitu:

- a. Gangguan faal paru obstruktif, yaitu hambatan pada aliran udara yang ditandai dengan penurunan VC dan FEV_1/FVC
- b. Gangguan faal paru restriktif, adalah hambatan pada pengembangan paru yang ditandai dengan penurunan pada VC, RV dan SLC.³¹

Dari berbagai pemeriksaan faal paru, yang sering dilakukan adalah :

a. *Vital Capacity (VC)*

Adalah volume udara maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi yang maksimal. Ada 2 macam *vital capacity* berdasarkan cara pengukurannya, yaitu: 1) *Vital Capacity (VC)*, disini subyek tidak perlu melakukan aktivitas pernapasan dengan kekuatan penuh dan 2) *Forced Vital Capacity (FVC)*. Pemeriksaan dilakukan dengan kekuatan maksimal. Sedangkan berdasarkan fase yang diukur, ada 2 macam VC yaitu: 1) VC inspirasi, VC diukur hanya fase inspirasi dan 2) VC ekspirasi, diukur hanya pada fase ekspirasi.

Pada orang normal tidak ada perbedaan antara FVC dan VC, sedangkan pada keadaan kelainan obstruksi terdapat perbedaan antara VC dan FVC. *Vital Capacity (VC)* merupakan refleksi dari kemampuan elastisitas atau jaringan paru atau kekakuan pergerakan dinding toraks. *Vital Capacity (VC)* yang menurun merupakan kekuatan jaringan paru atau dinding toraks, sehingga dapat dikatakan pemenuhan (*compliance*) paru atau dinding toraks mempunyai korelasi dengan penurunan VC. Pada kelainan obstruksi ringan VC hanya mengalami penurunan sedikit atau mungkin normal.

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

Adalah besarnya volume udara yang dikeluarkan dalam satu detik pertama. Lama ekspirasi orang normal berkisar antara 4-5 detik dan pada detik pertama orang normal dapat mengeluarkan udara pernapasan sebesar 80 % dari nilai VC. Fase detik pertama ini

dikatakan lebih penting dari fase-fase selanjutnya. Adanya obstruksi pernapasan didasarkan atas besarnya volume pada detik pertama tersebut.

Interpretasi tidak didasarkan nilai absolutnya tetapi pada perbandingan dengan FVC-nya. Bila FEV/FVC kurang dari 75 % berarti normal. Penyakit obstruktif seperti bronkitis kronik atau emfisema terjadi pengurangan FEV lebih besar dibandingkan kapasitas vital (kapasitas vital mungkin normal) sehingga rasio FEV/FVC kurang 80 %.

c. *Peak Expiratory Flow Rate* (PEFR)

PEFR adalah flow/aliran udara maksimal yang dihasilkan oleh sejumlah volume tertentu. Maka PEFR dapat menggambarkan keadaan saluran pernapasan, apabila PEFR menurun berarti ada hambatan aliran udara pada saluran pernapasan. Pengukuran dapat dilakukandengan *Mini Peak Flow Meter* atau *Pneumotachograf*.³¹

4. Nilai Normal Faal Paru

Untuk menginterpretasikan nilai faal paru yang diperoleh harusdibandingkan dengan nilai standarnya. Menurut Moris ada tiga metodeuntuk mengidentifikasi kelainan faal paru :

- a. Disebut normal bila nilai prediksinya lebih dari 80 %. Untuk FEV₁tidak memakai nilai absolut akan tetapi menggunakan perbandingan dengan FVC-nya yaitu FEV₁/FVC dan bila didapatkan nilai kurang dari 75 % dianggap abnormal.

- b. Metode dengan 95th *percentile*, pada metode ini subjek dinyatakan dengan persen *predicted* dan nilai normal terendah apabila berada diatas 95 % populasi.
- c. Metode 95 % *Confidence Interval* (CI). Pada metode ini batas normal terendah adalah nilai prediksi dikurangi 95 % CI.
95 % CI setara dengan 1,96 kali SEE untuk 2 *tailed test* atau 1,65 kali SEE untuk 1 *tailed test*.³²

5. Nilai Ambang Batas (NAB)

Menurut WHO 1996 ukuran debu partikel yang membahayakan adalah berukuran 0,1 – 5 atau 10 mikron. Depkes mengisyaratkan bahwa ukuran debu yang membahayakan berkisar 0,1 sampai 10 mikron.³³

Tujuan keselamatan dan kesehatan kerja adalah melindungi kesehatan tenaga kerja terhadap efek buruk pemaparan kerja khususnya oleh zat kimia dalam udara tempat kerja. Nilai Ambang Batas (NAB) adalah standar faktor-faktor lingkungan kerja yang dianjurkan di tempat kerja agar tenaga kerja masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan penyakit gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Kegunaan NAB ini sebagai rekomendasi pada praktek hygiene perusahaan dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan (SE.01/Men/1997). Untuk debu kayu keras seperti debu kayu mahoni atau lingua telah ditetapkan oleh Depnaker dalam Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No:SE 01/Men/1997 tentang

Nilai Ambang Batas Debu Kayu di Udara Lingkungan Kerja adalah sebesar 1 mg/m^3 .²⁸

6. Penurunan Fungsi Paru oleh Kualitas Udara

a. Mekanisme terjadinya penurunan fungsi paru akibat terpapar debu

Paru merupakan organ di dalam tubuh yang berhubungan langsung dengan udara atmosfer. Dalam 24 jam, 300 juta alveoli yang memiliki luas total permukaan dinding seluas lapangan tenis, akan menampung udara sebanyak 11.520 liter (frekuensi napas 16 per menit, volume tidal 500 ml) sehingga paru mempunyai kemungkinan terpajan bahan atau benda yang berbahaya, seperti partikel debu, gas toksik, dan kuman penyakit yang terdapat di udara.²²

Sebelum kontak dengan manusia, pencemaran udara akibat partikel atau debu mengalami beberapa proses dalam dinamikanya menuju pada manusia, diantaranya adalah :

- 1) Arah dan kecepatan angin. Angin menentukan ke mana berbagai bahan pencemar udara akan dibawa, terutama gas dan partikel berukuran kecil.
- 2) Kelembaban. Kelembaban yang tinggi akan mengakibatkan reaksi-reaksi SO_2 menjadi ikatan sulfit dan sulfat yang bersifat korosif.
- 3) Suhu. Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan kelembapan udara relatif, sehingga akan meningkatkan efek korosif. Suhu meningkat akan meningkatkan kecepatan reaksi suatu bahan kimia.

4) Sinar matahari. Sinar matahari dapat mempengaruhi oksidan terutama O_2 di atmosfer. Keadaan tersebut dapat menyebabkan kerusakan bahan alat bangunan atau bahan-bahan terbuat dari karet.³⁴

Partikel padat memiliki bahaya lebih besar dalam saluran pernapasan bagian atas dan cenderung berbenturan dengan dinding saluran khususnya dimana terdapat belokan saluran udara. Partikel yang lebih kecil (yaitu, partikel yang kurang dari $1 \mu m$) dibawa ke saluran pernapasan bagian bawah, daerah pulmonal. Daerah ini terdiri dari bronkus dan terbagi lagi menjadi bronkus lobaris lalu berakhir di dalam bronkiolus terminalis yakni tabung kecil sekitar $0,5-1 \text{ mm}$. Selanjutnya terbagi menjadi saluran alveolar dan alveoli, yang kantung-kantung kecilnya terdiri sekitar 80% dari total kapasitas paru-paru $5,7 \text{ L}$.³⁵

b. Mekanisme penimbunan debu dalam jaringan paru

Perjalanan udara pernapasan mulai dari hidung sampai ke parenkim paru melalui struktur yang berbelok-belok sehingga memungkinkan terjadinya proses deposisi partikel. Partikel yang masuk ke dalam sistem pernapasan ukurannya sangat heterogen. Partikel berukuran $> 10 \mu m$ tertangkap di dalam rongga hidung, yang berukuran diantara $5-10 \mu m$ tertangkap di bronkus dan percabangannya, sedangkan yang berukuran $< 3 \mu m$ dapat masuk ke dalam alveoli. Tertangkapnya partikel disebabkan karena partikel

tersebut menabrak dinding saluran pernapasan dan adanya kecenderungan partikel untuk mengendap.²²

Pada daerah yang mempunyai aliran udara turbulen, partikel besar terlempar keluar dari jalur aslinya sehingga menabrak dinding jalan napas dan menempel pada mukus. Kecepatan aliran udara di bronkiolus berkurang sehingga partikel kecil yang masuk sampai ke alveoli dapat dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan sedimentasi sehingga partikel tersebut mengendap. Partikel yang sangat kecil menabrak dinding karena adanya gerak *Brown*.²²

c. Mekanisme pengendapan partikel debu di paru

Mekanisme pengendapan partikel debu di paru berlangsung dengan berbagai cara :

- 1) *Gravitasi*, sedimentasi partikel yang masuk saluran nafas karena gaya gravitasi. Artinya partikel akan jatuh dan menempel di saluran napas karena faktor gaya tarik bumi. Karena itu terjadinya sedimentasi berhubungan dengan ukuran partikel, beratnya dan juga kecepatannya.
- 2) *Impaction*, terjadi karena adanya percabangan saluran napas. Partikel yang masuk bersama udara inspirasi akan terbentur di percabangan bronkus dan jatuh pada percabangan yang kecil. Mekanisme *impaction* biasanya terjadi pada partikel > 1 mikron.
- 3) *Brown diffusion* yaitu mengendapnya partikel dengan diameter < 2 mikron yang disebabkan oleh terjadinya gerakan keliling (gerakan *brown*) dari partikel oleh energi kinetik. Akibat gerakan ini partikel

dapat terbawa bergerak langsung ke dinding saluran napas. Difusi ini merupakan cara yang terpenting bagi partikel $< 0,5$ mikron untuk dapat menempel di dinding saluran napas/paru.

- 4) *Electrostatic*, terjadi karena saluran napas dilapisi mukus, yang merupakan konduktor yang baik secara elektrostatis.
- 5) *Interseption*, terjadi pengendapan yang berhubungan dengan sifat fisik partikel berupa ukuran panjang/besar partikel ini penting untuk mengetahui dimana terjadi pengendapan. Sebagian besar partikel yang berukuran > 5 mikron akan tertahan dihidung dan jalan napas bagian atas. Partikel yang berukuran antara 3-5 mikron akan tertahan dibagian tengah jalan napas dan partikel berukuran antara 1-3 akan menempel di dalam alveoli.³²

- d. Faktor yang mempengaruhi terjadinya pengendapan partikel debu di paru.

Ukuran debu sangat berpengaruh terhadap terjadinya penyakit pada saluran pernafasan. Dari hasil penelitian ukuran tersebut dapat mencapai target organ sebagai berikut³³:

- 1) 5-10 mikron akan tertahan oleh saluran pernafasan bagian atas.
- 2) 3-5 mikron akan tertahan oleh saluran pernafasan bagian tengah.
- 3) 1-3 mikron sampai dipermukaan alveoli.
- 4) 0,5-0,1mikron hinggap dipermukaan alveoli/selaput lendir sehingga menyebabkan fibrosis paru.
- 5) 0,1-0,5 mikron melayang dipermukaan alveoli.

Debu yang masuk ke dalam saluran napas, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan nonspesifik berupa batuk, bersin, gangguan transport mukosilier dan fagositosis oleh makrofag. Penyakit paru yang dapat timbul karena debu selain tergantung pada sifat-sifat debu, juga tergantung pada jenis debu, lama paparan dan kepekaan individual.⁸

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

- 1) Secara mekanik yaitu : pertahanan yang dilakukan dengan menyaring partikel yang ikut terinhalasi bersama udara dan masuk saluran nafas bagian bawah yaitu, bronkus dan bronkioli. Di hidung penyaring dilakukan oleh bulu-bulu hidung, sedangkan di bronkus dilakukan reseptor yang terdapat pada otot polos yang terdapat pada otot polos yang dapat berkonstraksi apabila ada iritasi. Apabila rangsangan yang terjadi berlebihan tubuh akan memberikan reaksi berupa bersin atau batuk yang dapat mengeluarkan benda asing, termasuk partikel debu dari saluran napas bagian atas maupun bronkus. Batuk merupakan mekanisme refleks yang sangat penting untuk menjaga agar jalan napas tetap

terbuka (paten) dengan cara menyingkirkan hasil sekresi, selain itu juga untuk menghalau benda asing yang akan masuk ke dalam sistem pernapasan. Benda asing yang masuk ke dalam saluran pernapasan dapat menyebabkan peradangan di dalam sistem pernapasan.

- 2) Secara kimiawi, yaitu cairan dan silia dalam saluran napas secara fisik dapat memindahkan partikel yang melekat di saluran napas, dengan gerakan silia yang "*mucocilliary escalator*" ke laring. Cairan tersebut bersifat detoksikasi dan bakterisid. Pada paru bagian perifer terjadi ekskresi cairan secara terus-menerus dan perlahan-lahan dari bronkus ke alveoli melalui sistem limfatik. Selanjutnya, makrofag alveolar memfagosit partikel yang ada di permukaan alveoli.
- 3) Sistem imunitas, melalui proses biokimiawi yaitu humoral dan seluler. Mekanisme respon imun humoral memerlukan aktivitas limfosit B dan antibodi yang diproduksi oleh sel plasma (sel plasma adalah hasil perkembangan dari limfosit B). Untuk beberapa penyebab infeksi, mekanisme imun humoral memegang peran utama sedangkan untuk beberapa infeksi lainnya, yang berperan utama adalah sistem imun selular, namun kedua sistem ini bekerja sama dengan erat. Mekanisme imun selular diperankan oleh limfosit T. Peran sistem imun selular yang sangat penting adalah untuk melindungi tubuh melawan bakteri yang tumbuh secara intraselular, seperti kuman *Mycobacterium tuberculosis*.

Ketiga sistem tersebut saling berkait dan berkoordinasi dengan baik sehingga partikel yang terinhalasi disaring berdasarkan pengendapan kemudian terjadi mekanisme reaksi atau perpindahan partikel.^{22,32}

C. Debu (*dust*)

Debu merupakan salah satu bahan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*Suspended Particulate Matter/SPM*) dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Dalam kasus pencemaran udara baik dalam maupun di ruang gedung (*Indoor and Out Door Pollution*) debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Partikel debu akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang layang di udara kemudian masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan. Selain dapat membahayakan terhadap kesehatan juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan dapat mengadakan berbagai reaksi kimia sehingga komposisi debu di udara menjadi partikel yang sangat rumit karena merupakan campuran dari berbagai bahan dengan ukuran dan bentuk yang relatif berbeda beda.³³

Debu (*dust*) adalah salah satu bentuk aerosol padat, dihasilkan karena adanya proses penghancuran, pengampelasan, tumbukan cepat, peledakan dan *decrepitation* (pemecahan karena panas) dari material organik maupun anorganik, seperti batu, bijih batuan, logam, batubara, kayu dan bijih tanaman. Istilah debu di tempat kerja adalah partikulat padat dengan ukuran diameter 0,1 – 25 µm. Namun ada juga yang menyatakan bahwa partikulat di tempat kerja yang menjadi

perhatian ada pada kisaran 0 – 100 μm . Hanya debu yang berukuran kurang dari 5 μm yang dapat mencapai bagian dalam dari paru-paru atau alveoli.³⁶

Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran napas akibat debu. Faktor itu antara lain adalah faktor debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, lama paparan. Faktor individual meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran napas dan faktor imunologis.

1. Ukuran Debu

- a. Debu yang berukuran antara 5-10 mikron bila terhisap akan tertahan dan tertimbun pada saluran napas bagian atas.
- b. Debu yang berukuran antara 3-5 mikron tertahan dan tertimbun pada saluran napas tengah.
- c. Partikel debu dengan ukuran 1-3 mikron disebut debu respirabel merupakan yang paling berbahaya karena tertahan dan tertimbun mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli.
- d. Debu yang ukurannya kurang dari 1 mikron tidak mudah mengendap di alveoli, debu yang ukurannya antara 0,1-0,5 mikron berdifusi dengan gerak *Brown* keluar masuk alveoli; bila membentur alveoli debu dapat tertimbun di situ. Meskipun batas debu respirabel adalah 5 mikron, tetapi debu dengan ukuran 5-10 mikron dan kadar yang berbeda dapat masuk ke dalam alveoli.
- e. Debu yang berukuran lebih dari 5 mikron akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per milimeter kubik udara. Bila

jumlahnya 1.000 partikel per milimeter kubik udara, maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru.⁸

2. Jenis Debu

Debu yang nonfibrogenik adalah debu yang tidak menimbulkan reaksi jaringan paru, contohnya adalah debu besi, kapur, timah. Debu ini dulu dianggap tidak merusak paru disebut debu *inert*. Belakangan diketahui bahwa tidak ada debu yang benar-benar *inert*. Dalam dosis besar, semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi itu berupa produksi lendir berlebihan; bila terus-menerus berlangsung dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Jaringan paru juga dapat berubah dengan terbentuknya jaringan ikat retikulin. Penyakit paru ini disebut pneumokoniosis nonkolagen.

Debu fibrogenik dapat menimbulkan reaksi jaringan paru sehingga terbentuk jaringan paru (fibrosis). Penyakit ini disebut pneumokoniosis kolagen. Termasuk jenis ini adalah debu silika bebas, batubara dan asbes.⁸

Dari sifatnya debu dikategorikan pada:

- a. Sifat pengendapan, yaitu debu yang cenderung selalu mengendap karena gaya gravitasi bumi.
- b. Sifat permukaan basah, sifatnya selalu basah dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis.
- c. Sifat penggumpalan, karena sifat selalu basah maka debu satu dengan yang lainnya cenderung menempel membentuk gumpalan. Tingkat kelembaban di atas titik saturasi dan adanya turbulensi di udara mempermudah debu membentuk gumpalan.

- d. Debu listrik statis, debu mempunyai sifat listrikstatis yang dapat menarik partikel lain yangberlawanan dengan demikian partikel dalam larutan debu mempercepat terjadinyapenggumpalan.
- e. Sifat opsis, partikel yang basah/lembab lainnyadapat memancarkan sinar yang dapat terlihatdalam kamar gelap.³³

Dari macamnya debu juga dapat dikelompokkanantara lain :

- a. Debu organik (debu kapas, debu daun-daunan, tembakau dan sebagainya),
- b. Debu mineral(merupakan senyawa komplek : SiO_2 , SiO_3 , arangbatu dan lain-lain), dan
- c. Debu metal (debu yang mengandungunsur logam: Pb, Hg, Cd, Arsen, dan lain-lain).

Dari segi karakter zatnya debu terdiri atas:

- a. Debu fisik(debu tanah, batu, mineral, fiber),
- b. Debu kimia (mineralorganik dan anorganik),
- c. Debu biologis (virus, bakteri, kista),dan
- d. Debu radioaktif.

Pada tempat kerja, jenis-jenis debu ini dapat ditemui dikegiatan pertanian, pengusaha keramik, pengusaha mebel kayu, batu kapur,batu bata, pengusaha kasur, pasar tradisional,pedagang pinggir jalan dan lain lain.³³

Partikel debu cukup kecil sehingga saat terhirup, mampu masuk ke dalam paru-paru pada saat menarik nafas. Beberapa jenis debu akan menjadi bentuk-bentuk tertentu seperti debu asbes dan debu batubara, dimana jika masuk kedalam paru-paru akan menyebabkan kanker atau

efek kesehatan kronik lainnya seperti emfisema, pneumokoniosis dan bronkitis. Ada beberapa cara umum untuk menghindari paparan debu, antara lain :

- a. Kontrol debu pada sumbernya menggunakan kontrol rekayasa. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem pengumpulan debu pada proses penggilingan atau pemotongan hanya dengan membasahi bahan baku dengan air. Jika pada prosesnya di tempat pertama tidak menghasilkan debu udara, tidak menimbulkan bahaya inhalasi.
- b. Ventilasi pembuangan lokal yang terdapat pada sebuah *blower* atau pengumpul asap dapat menghilangkan debu yang masuk ke udara dan membantu menjaga konsentrasi ke tingkat yang diperbolehkan.
- c. Menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti masker debu atau respirator ketika bekerja dengan debu apapun yang dihasilkan secara alami tetapi terutama dengan yang berbahaya.³⁷

3. Debu Kayu

Debu kayumerupakan partikel kayu yang dihasilkanoleh pengolahanatau penanganankayu. Debukayu adalahproduk sampingan dari pengolahankayu.Banyakkayudigunakan secara terus-menerustanpaefek yang jelas, tapi initergantungan padaspesiesyang digunakan, konsentrasi dan tingkatpaparan,tingkatagenberacundalamkayu, sertasensitivitaspengguna untukkayu.¹²

Debu kayu adalah debu berserat berwarna coklat muda atau coklat bubuk seperti substansi yang dihasilkan ketika kayu diproses: pecah,digergaji, dibentuk, dibor, atau dipoles. Komposisi jauh bervariasi

sesuai dengan jenis pohon dan terutama terdiri dari selulosa, polyoses, dan lignin, dengan besar dan jumlah massa variabel zat molekul relatif lebih rendah, yang secara signifikan dapat mempengaruhi sifat-sifat kayu. Debu kayu juga digunakan untuk membuat arang sebagai penyerap untuk nitrogliserin, pengisi dalam plastik, dan kertas karton. Penggunaankomersial lain dari debu kayu yaitu kompos.⁷

Kayu diklasifikasikan menjadi dua keluarga yang luas, yaitu :

a. Kayu keras

Sumber kayu keras termasuk pohon yang memiliki daun lebar dan merontokkan daunnya di musim dingin. Contoh kayu keras seperti oak, maple dan ceri.

b. Kayu lunak

Sumber kayu lunak termasuk pohon yang tidak merontokkan daunnya di musim dingin (*evergreen*), seperti pinus, cemara dan cemara.

Saat membahas efek kesehatan, penting untuk membedakan antara serbuk kayu dan organisme hidup yang dapat mengkontaminasi debu kayu. Organisme dan jamur dapat hidup dan tumbuh pada kayu, terutama pada kulit kayu. Ketika kayu diproses, organisme dapat dilepaskan ke udara sebagai debu dan menyebabkan masalah kesehatan.^{12,38}

4. Efek Debu Terhadap Kesehatan

Dalam industri furnitur ada beberapa bagian proses dalam memproduksinya. Ada bagian yang berbeda dari tiap bagian dan jenis mesin yang berbeda dapat ditemui di industri ini. Saat pekerja bernapas akan beresiko terpapar debu kayu dalam jumlah besar setiap kali kayu

akandipotong, saat proses pengerjaan atau setelah selesai dibuat. Partikel debu ini akan terlepas ke udara dengan baik sehingga dapat dengan mudah terhirup oleh pekerja.³⁷

Penyakit-penyakit pernapasan dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi, letak anatomis, sifat kronik penyakit dan perubahan-perubahan struktur serta fungsi. Penyakit pernapasan yang diklasifikasikan berdasarkan disfungsi ventilasi dibagi dalam 2 (dua) kategori, yaitu penyakit-penyakit yang terutama menyebabkan gangguan obstruktif dan gangguan restriktif. Konsekuensi patologis dan klinis akibat paparan terhadap debu sangat bervariasi dan tergantung dari sifat debu, intensitas dan durasi paparan serta kerentanan dari individu. Bagian dari alat pernapasan yang terkena dan respons paparan tergantung dari sifat kimia, fisika dan toksisitasnya.³⁹

Debu dapat diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid atau suatu campuran dan asap. Partikel yang berukuran kurang atau sama dengan 5μ dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran 1μ memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit didalam alveoli. Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah 5μ , tetapi debu dengan ukuran $5-10\mu$ dengan kadar berbeda dapat masuk dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari 5μ akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per milimeter udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel per millimeter udara maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru.³⁹

Kayu, terutama menghirup debu halus, dapat memiliki banyak efek pada saluran pernapasan, seperti :

a. Hidung

- 1) *Rhinitis*(pilek);
- 2) Bersinyang keras;
- 3) Hidung tersumbat;
- 4) Hidungberdarah (mimisan);
- 5) Sangat jarang–kanker hidung(penyakit yang diakui industri yang terkait dengan menghirup debu kayu keras).

Efek yang paling umum muncul adalah iritasi, di mana gejala biasanya hanya bertahan selama penderita tetap dalam kontak dengan iritasi. Efek alergi, sebagai konsekuensi yang dapat terjadi akibat sensitif terhadap debu kayu, misalnya *rhinitis* (pilek).

b. Paru-paru

- 1) Asma;
- 2) Penurunan fungsi paru-paru;
- 3) Jarang– alergi alveolitisekstrinsik (penyakit dengan gejala 'seperti flu' yang dapat menyebabkan kerusakan paru-paru progresif), misalnya ketika menggunakan kayu cedar merah barat, iroko.

Asma menjadi perhatian khusus. Debu kayu yang paling mengiritasi saluran pernapasan dapat menimbulkan serangan pada penderita, meskipun kontrol yang efektif dari tingkat debu biasanya meningkatkan masalah. Beberapa debu kayu dapat menyebabkan asma sebagai reaksi alergi tertentu. Setelah peka, tubuh akan cepat bereaksi jika terkena, bahkan debu kecil. Tidak seperti iritasi, di mana orang bisa terus bekerja

dengan debu setelah dikontrol di bawah tingkat di mana terjadi iritasi, orang yang menjadikannya kebiasaan tidak akan dapat terus bekerja dengan debu, tidak peduli seberapa rendah paparannya.³⁸

D. Gangguan Fungsi Paru

Polutan partikel masuk ke dalam tubuh manusia terutama melalui sistem pernapasan, oleh karena itu pengaruh yang merugikan langsung terutama terjadi pada sistem pernapasan. Faktor yang paling berpengaruh terhadap sistem pernapasan terutama adalah ukuran partikel, karena ukuran partikel yang menentukan seberapa jauh penetrasi partikel ke dalam saluran pernapasan.⁴⁰

1. Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK)

Penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) adalah sebuah istilah keliru yang sering dikenakan pada pasien yang menderita emfisema, bronkitis kronis, atau campuran dari keduanya. Ada banyak pasien yang mengeluh bertambah sesak napas dalam beberapa tahun dan ditemukan mengalami batuk kronis, toleransi olahraga yang buruk, adanya obstruksi jalan napas, paru yang terlalu mengembang, dan gangguan pertukaran gas. Penggunaan istilah “penyakit paru obstruktif kronik (PPOK)” menjadi label yang mudah dan tidak menjelaskan untuk menghindari perlunya membuat diagnosis tidak jelas dengan data yang tidak adekuat.³⁰

Prevalensi PPOK meningkat dengan bertambahnya usia, tapi ada sinergi yang dramatis dengan merokok. Perokok memiliki prevalensi PPOK yang lebih tinggi, kematian serta dampak pada fungsi paru-paru dilihat dari jumlah asap dan tergantung dosis rokok yang digunakan. Berhenti merokok tidak

dapat mengembalikan besarnya tembakau yang telah dikonsumsi dan efeknya berbahaya sekali untuk terjadinya PPOK. Akibatnya, banyak di negara maju, PPOK meningkat sebagai penyebab angka kematian dengan gangguan kardiovaskular. Seperti tembakau lainnya, efek yang merugikan kesehatan, merokok baik rokok atau cerutu meningkatkan risiko PPOK. Jadi, perokok cerutu dilaporkan memiliki risiko 45% lebih tinggi dari COPD bila dibandingkan dengan bukan perokok.⁴¹

Tabel 2.2. Kriteria Gangguan Fungsi Paru (Obstruktif) Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia NOMOR PER25/MEN/XII/2008.⁴²

Obstruksi (VEP1/KVP)% atau VEP1% (VEP1/Prediksi)	Kategori
>75%	Normal
60-74%	Obstruksi Ringan
30-59%	Obstruksi Sedang
<30%	Obstruksi Berat

Penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) meliputi dua kelompok penyakit paru-paru, yaitu:

a. Emfisema

Emfisema adalah gangguan pengembangan paru-paru yang ditandai oleh pelebaran ruang udara (alveolus) dalam paru-paru disertai destruksi jaringan. Ada tiga faktor yang memegang peran dalam timbulnya emfisema yaitu :

- 1) Kelainan radang *bronchus* dan *bronchiolus* yang sering disebabkan oleh asap rokok, debu industri. Radang *peribronchiolus* disertai

fibrosis menyebabkan iskhemia dan parut sehingga memperluas dinding *bronchiolus*.

- 2) Kelainan atrofik yang meliputi pengurangan jaringan elastik dan gangguan aliran darah; hal ini sering dijumpai pada proses menjadi tua.
- 3) Obstruksi tidak lengkap yang menyebabkan gangguan pertukaran udara; hal ini dapat disebabkan oleh perubahan dinding *bronchiolus* akibat bertambahnya makrofag pada penderita yang banyak merokok. Insiden emfisema meningkat dengan disertai bertambahnya umur.

Ada dua bentuk emfisema yaitu: 1) Sentrilobular dan 2) Panlobular. Emfisema sentrilobular ditandai oleh kerusakan pada saluran napas bronkial yaitu pembengkakan, peradangan dan penebalan dinding bronkioli. Perubahan ini umumnya terdapat pada bagian paru atas. Emfisema jenis ini biasanya bersama-sama dengan penyakit bronkitis menahun, sehingga fungsi paru hilang perlahan-lahan atau cepat tetapi progresif dan banyak menghasilkan sekret yang kental.

Emfisema panlobular berupa pembesaran yang bersifat merusak dari distal alveoli ke terminal *bronchiale*. Pembendungan jalan udara secara individual disebabkan oleh hilangnya elastisitas *recoil* dari paru atau *radial traction* pada bronkioli. Ketika menghisap udara (*inhale*), jalan udara terulur membuka, maka kedua paru yang elastis itu membesar; dan selama menghembuskan udara

(ekshalasi) jalan udara menyempit menyempit karena turunnya daya penguluran dari kedua paru itu. Pada penderita emfisema panlobular, elastisitas parunya telah menurun karena robekan dan kerusakan dinding sekeliling alveoli sehingga pada waktu menghembuskan udara keluar, bronkiolus mudah kolaps. Akibatnya fungsi pertukaran gas pada kedua paru tidak efektif.

Dalam klinis penyakit emfisema dan bronkhitis menahun tidak jarang terdapat bersama-sama, dan bila sendiri-sendiri sukar dibedakan satu sama lain; kedua penyakit tersebut mempunyai tanda khas yang menyolok yaitu penurunan fungsi pernapasan akibat bendungan total bronkus bronkiolus, sehingga penyakit ini disebut COPD (*Chronic Obstructive Pulmonary Disease*) atau COLD (*Chronic Obstructive Lung Disease*).⁴³

b. Bronkitis Kronis

Bronkitis kronis mengacu pada batuk produktif minimal 3 bulan dari 2 tahun berturut-turut yang penyebab lainnya diabaikan. Penyakit ini ditandai oleh produksi mukus yang berlebihan dalam cabang bronkial sehingga menyebabkan pengeluaran sputum yang berlebihan. Penanda yang khas adalah hipertrofi kelenjar mukosa dalam bronki besar dan terlihatnya perubahan inflamasi kronis pada jalan napas kecil. Pembesaran kelenjar mukosa dapat dinyatakan sebagai rasio kelenjar/dinding, yang normalnya kurang dari 0,4, tetapi dapat melebihi 0,7 pada bronkitis kronis yang berat. Hal ini dikenal dengan indeks Reid. Jumlah mukus yang berlebihan ditemukan di dalam jalan

napas, dan sumbatan mukus yang setengah pada dapat menyumbat beberapa bronki kecil.

Selain itu, jalan napas kecil menjadi sempit dan menunjukkan perubahan inflamatorik, meliputi infiltrasi selular dan endema dinding. Terdapat jaringan granulasi dan dapat terbentuk fibrosis peribronkial. Ada bukti bahwa perubahan patologik awalnya terjadi di jalan napas kecil dan kemudian berkembang ke bronki yang lebih besar.³⁰

2. Penyakit Paru Restriktif

Penyakit paru restriktif adalah penyakit dengan keterbatasan ekspansi paru, baik karena perubahan dari parenkim paru maupun karena penyakit pada pleura, dinding dada, atau alat neumoskular. Tanda-tandanya (biasanya) adalah penurunan kapasitas vital dan volume paru istirahat yang kecil, tetapi resistensi jalan napas (berhubungan dengan volume paru) tidak meningkat. Oleh karena itu, penyakit ini berbeda aslinya dari penyakit obstruktif walaupun keadaan campuran restriktif dan obstruktif dapat terjadi.

Tabel 2.3. Kriteria Gangguan Fungsi Paru (Restriktif) Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia NOMOR PER25/MEN/XII/2008.⁴²

Restriksi (KVP% atau KVP/prediksi%)	Kategori
>80%	Normal
60-79%	Restriksi Ringan
30-59%	Restriksi Sedang
<30%	Restriksi Berat

Jenis penyakit paru restriktif, antara lain:

- a. Penyakit pada parenkim paru; merujuk pada jaringan alveolar paru. Menunjukkan mikrograf elektron kapiler paru di dalam dinding alveolar.
- b. Fibrosis paru interstisial difus; penebalan interstisium dinding alveolar.
- c. Penyakit restriktif parenkim tipe lain; perubahan fungsi paru pada fibrosis paru interstisial difus ditanganisedemikian rupa karena penyakit prototipe bagi penyakit restriktif parenkim bentuk lain.
- d. Penyakit pleura
- e. Penyakit pada dinding dada.

Dengan demikian penyakit paru restriktif merupakan penyebab utama paru menjadi kaku dan mengurangi kapasitas vital dan kapasitas paru.³⁰

3. Penyakit Paru *Mixed* (Campuran)

Adanya penyempitan saluran paru dan adanya penimbunan saluran paru oleh debu (gabungan restriktif dan obstruktif).⁴⁴

Tabel 2.4. Kriteria Gangguan Fungsi Paru (*Mixed*) Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia NOMOR PER25/MEN/XII/2008.⁴²

	Restriksi (KVP% atau KVP/Prediksi%)	Obstruksi (VEP1/KVP)% atau VEP1% (VEP1/Prediksi)
Normal	>80%	>75%
Ringan	60-79%	60-74%
Sedang	30-59%	30-59%
Berat	<30%	<30%

E. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Gejala Saluran Pernapasan dan Gangguan Fungsi Paru

1. Umur

Variabel umur merupakan hal yang paling penting. Diketahui bahwa pada hakikatnya suatu penyakit dapat menyerang setiap orang pada semua golongan umur, tetapi ada penyakit-penyakit tertentu yang lebih banyak menyerang golongan umur tertentu. Penyakit-penyakit kronis mempunyai kecenderungan meningkat dengan bertambahnya umur, sedangkan penyakit-penyakit akut tidak mempunyai suatu kecenderungan yang jelas.⁴⁵

Faal paru tenaga kerja dipengaruhi oleh umur. Meningkatnya umur seseorang maka kerentanan terhadap penyakit akan bertambah, khususnya gangguan saluran pernapasan pada tenaga kerja. Berdasarkan salah satu studi yang dilakukan, usia mempunyai hubungan bermakna secara statistik akan terjadinya kelainan faal paru.^{8,46}

2. Masa Kerja

Pekerja yang berada pada lingkungan kerja dengan kadar debu tinggi dalam waktu lama memiliki risiko tinggi terkena obstruksi paru. Penyakit paru yang timbul akibat debu biasanya timbul setelah paparan bertahun-tahun. Dalam masa paparan yang sama seseorang dapat mengalami kelainan yang berat sedangkan yang lain kelainan ringan akibat adanya kepekaan individual.⁸

Hasil penelitian pada pekerja yang terpajandebukayu menunjukkan hasil signifikan, tercatat dalam pekerja yang terpapar selama lebih dari 8 tahun. Penelitian lainnya telah menemukan bahwa, keluhan mata merah,

rinorea, hidung tersumbat, pilek dan sakit tenggorokan lebih sering di antarapara pekerja yang bekerja selama 10 tahun atau lebih dibandingkan dengan mereka yang bekerja kurang dari 10 tahun.^{7,13}

3. Status Gizi

Status gizi adalah ekspresi dari keadaan keseimbangan dalam bentuk variabel tertentu, atau perwujudan dari *nutriture* dalam bentuk variabel tertentu. Status gizi buruk akan menyebabkan daya tahan tubuh seseorang akan menurun, sehingga dengan menurunnya daya tahan tubuh, seseorang akan mudah terinfeksi oleh mikroba. Berkaitan dengan infeksi saluran nafas apabila terjadi secara berulang-ulang dan disertai batuk berdahak, akan dapat menyebabkan terjadinya bronkitis kronis. Salah satu akibat kekurangan gizi dapat menurunkan imunitas dan anti bodi sehingga seseorang mudah terserang infeksi seperti batuk, pilek, diare dan berkurangnya kemampuan tubuh untuk melakukan detoksifikasi terhadap benda asing seperti debu kayu yang masuk ke dalam tubuh.⁴⁷

Status gizi tenaga kerja erat kaitannya dengan tingkat kesehatan tenaga kerja maupun produktifitas tenaga kerja. Zat gizi manusia telah didasarkan kepada: 1) *Basal Metabolisme Rate* (BMR) dimana jumlah energi yang dibutuhkan seimbang untuk aktifitas vital tubuh, 2) *Specific Dynamic Action* (SDA) yang merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk proses pengolahan makanan, 3) Aktifitas fisik adalah kegiatan tubuh yang membutuhkan energi dan 4) Pertumbuhan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan sel dan jaringan baru. Dalam hal ini gizi baik akan meningkatkan derajat kesehatan tenaga kerja dan akan

mempengaruhi produktifitas tenaga kerja sehingga dapat mengalami peningkatan produktifitas perusahaan dan produktifitas nasional.⁴⁷

Masalah kekurangan dan kelebihan gizi pada orang dewasa (usia 18 tahun ke atas) merupakan masalah penting, karena selain mempunyai resiko penyakit-penyakit tertentu, juga dapat mempengaruhi produktifitas kerja. Di Indonesia khususnya, cara pemantauan dan batasan berat badan normal orang dewasa belum jelas mengacu pada patokan tertentu. Maka digunakan istilah Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT merupakan alat yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan.

Rumus perhitungan IMT adalah sebagai berikut :

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

Keterangan :

IMT = Indeks Massa Tubuh

BB = Berat Badan (kg)

TB = Tinggi Badan (m)

Untuk kepentingan Indonesia, batas ambang dimodifikasi lagi berdasarkan pengalaman klinis dari hasil penelitian di beberapa negara berkembang. Kesimpulan ambang batas IMT untuk Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5. Kategori Ambang Batas IMT Untuk Indonesia

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

Sumber : Depkes, 1994.

4. Kebiasaan Merokok

Merokok merupakan salah satu kebiasaan yang lazim ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Mudah menemui orang merokok, lelaki-wanita, anak kecil-tua renta, kaya-miskin; tidak ada terkecuali.⁴⁸

Seorang dapat digolongkan sebagai;

- a. Tidak merokok (bukan perokok).
- b. Perokok (jika dalam hidupnya pernah merokok sebanyak 100 batang rokok dan saat dianamnesis masih sering merokok).
- c. Perokok berat (jika hasil perkalian antara jumlah batang rokok yang diisap per hari dan lamanya merokok dalam hitungan tahun lebih dari 400 batang per tahun).

Indeks *Brinkman* = jumlah rokok per hari (batang) x lamanya merokok (tahun).

- d. Bekas perokok (jika seorang perokok saat dianamnesis telah berhenti merokok 3 tahun yang lalu dan tidak pernah merokok lagi).

Kebiasaan merokok mendatangkan banyak bahaya, yaitu meningkatkan angka kematian pada penderita asma, pneumonia, influenza, dan penyakit sistem pernapasan lainnya. Sebagian besar penderita PPOK adalah akibat menghirup asap rokok. Merokok juga merupakan penyebab penyakit kardiovaskular. Ukuran partikel juga menentukan seberapa dalam debu tersebut akan menembus ke dalam paru-paru. Partikel *ultrafine* dapat menembus semua tingkat paru-paru dan bronkiolus (bronkus kecil dari paru-paru) ke kantong alveolar (dimana oksigen ditukar dengan darah), sedangkan partikel kasar dapat disaring oleh saluran hidung. Jadi,

perokok dilaporkan memiliki risiko 45% lebih tinggi dari PPOK bila dibandingkan dengan bukan perokok.^{22,49}

Asap rokok merupakan campuran partikel dan gas. Pada tiap hembusan asap rokok terdapat 10^{14} radikal bebas yaitu radikal hidroksida (OH). Sebagian besar radikal bebas ini akan sampai di alveolus waktu menghisap rokok. Partikel ini merupakan oksidan yang dapat merusak paru. Parenkim paru yang rusak oleh oksidan terjadi karena rusaknya dinding alveolus dan timbulnya modifikasi fungsi anti elastase pada saluran napas. Anti elastase berfungsi menghambat netrofil. Oksidan menyebabkan fungsi ini terganggu, sehingga timbul kerusakan jaringan intersititial alveolus.⁵⁰

Kejadian gejala seperti dahak kronis dan bronkitis kronis pada tingkat paparan pekerja merokok secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok kontrol atau yang tidak merokok. Nilai rata-rata MMF, PEF_R, dan FEF_{25%} secara signifikan lebih rendah pada pekerja yang terpapar daripada kelompok kontrol baik untuk perokok dan bukan perokok. Defisit fungsi paru, dengan pengecualian FEV₁/FVC, juga menunjukkan hasil yang signifikan dengan meningkatnya tingkat paparan dan diklasifikasikan berdasarkan pekerjaan untuk variabel perokok dan bukan perokok.¹⁹

Pekerja hendaknya berhenti merokok terutama bila bekerja pada tempat-tempat yang mempunyai risiko terjadi penyakit bronkitis industri dan kanker paru, karena asap rokok dapat meninggikan risiko timbulnya penyakit. Angka infeksi sistem pernapasan berkurang pada orang yang berhenti merokok dibandingkan dengan yang tetap merokok. Satu bulan

berhenti merokok dapat mengurangi gejala batuk, produksi sputum, dan gejala mengi.^{8,22}

5. Kebiasaan Berolahraga

Studi WHO pada faktor-faktor risiko menyatakan bahwa gaya hidup duduk terus-menerus dalam bekerja adalah 1 dari 10 penyebab kematian dan kecacatan di dunia. Lebih dari dua juta kematian setiap tahun disebabkan oleh kurangnya bergerak/aktifitas fisik. Pada kebanyakan negara diseluruh dunia antara 60 % hingga 85 % orang dewasa tidak cukup beraktifitas fisik untuk memelihara fisik mereka. Olahraga adalah suatu bentuk aktivitas fisik yang terencana dan terstruktur, yang melibatkan gerakan tubuh berulang-ulang dan ditujukan untuk meningkatkan kebugaran jasmani.

Kebugaran jasmani anak-anak meningkat sampai mencapai maksimal pada usia 25-30 tahun, kemudian akan terjadi penurunan kapasitas fungsional dari seluruh tubuh, kira-kira sebesar 0,8-1 % per tahun, tetapi bila rajin berolahraga penurunan ini dapat dikurangi sampai separuhnya. Kebugaran jasmani seseorang juga dipengaruhi oleh faktor genetik yang berpengaruh terhadap kapasitas jantung paru, postur tubuh, obesitas, haemoglobin/sel darah dan serat otot.⁵¹

Melakukan latihan-latihan olahraga, ventilasi pulmonal berkurang, sehingga orang tidak mudah terengah-engah dan kerja paru-paru menjadi lebih efisien. Sumber energi utama selama latihan fisik yang dilakukan dalam jangka waktu yang pendek, berasal dari karbohidrat (glikogen) dengan *Respiratory Quotient* (RQ) hampir satu. Makin lama latihan dilakukan dan secara

berangsur-angsur, maka akan semakin banyak lemak terpakai sebagai sumber energi. Pemakaian karbohidrat dan lemak bersama-sama dalam proporsi tertentu akan menurunkan RQ campuran dengan oksigen yang lebih banyak.

Pengaruh olahraga dan kebugaran tubuh bagi pemeliharaan dan pengembangan kesehatan, baik jasmani, rohani, dan sosial memang tidak pernah diragukan. Kegiatan olahraga dapat merangsang perubahan dalam sistem kardiovaskuler, paru-paru, dan sel-sel otot yang meningkatkan kapasitas kerja baik untuk ketahanan dan kegiatan *sprint*. Ditambahkan manfaat kesehatan termasuk penurunan denyut jantung dan menurunkan tekanan darah maksimal dengan latihan submaksimal.⁵²

6. Lama Paparan

Pengetahuan mengenai pajanan yang dialami oleh seorang tenaga kerja adalah esensial untuk dapat menghubungkan suatu penyakit dengan pekerjaannya. Salah satunya adalah lamanya melakukan masing-masing pekerjaan. Penyakit paru yang dapat timbul karena debu selain tergantung pada sifat-sifat debu, juga tergantung pada lama paparannya.^{8,53}

7. Penggunaan Alat Pelindung Diri (PPE – *Personal Protective Equipment*)

Alat pelindung diri sangat sederhana adalah alat pelindung yang dikenakan (dipakai) oleh tenaga kerja secara langsung untuk tujuan pencegahan kecelakaan yang disebabkan oleh aneka faktor yang ada (timbul) di lingkungan tempat kerja. Persyaratan umum penyediaan alat pelindung diri (*personalprotective equipment* - PPE) tercantum dalam *Personal Protective Equipment at Work Regulations 1992*. Dalam menyediakan perlindungan

terhadap bahaya, prioritas pertama seorang pemilik usaha adalah melindungi pekerjanya secara keseluruhan ketimbang secara individu.⁵⁴

Menurut hirarki upaya pengendalian diri (*controlling*), alat pelindung diri sesungguhnya merupakan hirarki terakhir dalam melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja dari potensi bahaya yang kemungkinan terjadi pada saat melakukan pekerjaan setelah pengendalian teknik dan administratif tidak mungkin lagi diterapkan. Ada beberapa jenis alat pelindung diri yang mutlak digunakan oleh tenaga kerja pada waktu melakukan pekerjaan dan saat menghadapi potensi bahaya karena pekerjaannya, antara lain seperti topi keselamatan, *safety shoes*, sarung tangan, pelindung pernafasan, pakaian pelindung, dan sabuk keselamatan. Jenis alat pelindung diri yang digunakan harus sesuai dengan potensi bahaya yang dihadapi serta sesuai dengan bagian tubuh yang perlu dilindungi.

Sebagaimana tercantum dalam undang-undang No. 1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja, pasal 12 mengatur mengenai hak dan kewajiban tenaga kerja untuk memakai alat pelindung diri. Pada pasal 14 menyebutkan bahwa pengusaha wajib menyediakan secara cuma-cuma sesuai alat pelindung diri yang diwajibkan pada tenaga kerja yang berada di bawah pimpinannya dan menyediakan bagi setiap orang lain yang memasuki tempat kerja tersebut, disertai dengan petunjuk yang diperlukan.⁵⁵

Penggunaan PPE hanya dipandang perlu jika metode-metode perlindungan yang lebih luas ternyata tidak praktis dan tidak terjangkau.

Dengan demikian alat pelindung diri merupakan pertahanan terakhir. Tanpa penggunaan APD, debu akan menimbulkan efek yang lebih buruk terutama debu respirabel dan silika bebas yang dikandungnya terhadap timbulnya kelainan klinis.^{46,52}

Penelitian Osman dan Pala¹³, menemukan penurunan yang signifikan dalam nilai FEF untuk para pekerja yang tidak menggunakan masker. Begitu juga penelitian yang dilakukan oleh Marsaid, dkk⁵⁶, ada hubungan antara kebiasaan menggunakan masker dengan terjadinya batuk pada pekerja industri mebel.

Agar dapat menghindari penyakit akibat paparan debu maka diperlukan alat pelindung diri khususnya untuk pernafasan (*respirator*). Alat pelindung pernafasan berfungsi memberikan perlindungan organ pernafasan akibat pencemaran udara oleh faktor kimia seperti debu, uap, gas, *fume*, asap, *mist*, kabut, kekurangan oksigen, dan sebagainya.

a. Jenis alat

- 1) Masker; alat ini digunakan untuk mengurangi paparan debu atau partikel-partikel yang lebih besar masuk ke dalam saluran pernapasan.
- 2) Respirator; alat ini digunakan untuk melindungi pernapasan dari paparan debu, kabut, uap logam, asap dan gas-gas berbahaya.⁵

Berdasarkan fungsinya, dibedakan menjadi :

- a) Respirator yang berfungsi memurnikan udara (*air purifying respirator*).

- b) Respirator yang berfungsi memasok oksigen atau udara (*air supplying respirator*).

b. Spesifikasi⁵³

1) Respirator yang Memurnikan Udara

Respirator jenis ini dipakai bila pekerja terpajan bahan pencemar di udara (debu, gas, uap, *fume*, *mist*, asap, *fog*) yang kadartoksisitasnya rendah. Prinsip kerja respirator ini adalah membersihkan udara terkontaminasi dengan cara filtrasi, adsorpsi, atau absorpsi.

Menurut cara kerjanya dibedakan menjadi :

- a) Respirator yang mengandung bahan kimia (*chemical respirators*).
- b) Respirator dengan katrid (*catridge*) bahan kimia.
 - (1) Prinsip cara kerjanya adalah mengadsorpsi bahan pencemar di udara pernafasan.
 - (2) Bahan kimia yang digunakan untuk mengadsorpsi biasanya karbon aktif atau silika gel.
 - (3) Biasanya penutup sebagian muka dengan satu atau dua katrid yang mengandung bahan kimia tertentu.
 - (4) Tidak bisa digunakan untuk keadaan darurat.
 - (5) Hanya mampu memurnikan satu macam atau satu golongan bahan kimia (gas, uap) saja.

- c) Respirator dengan kanister yang berisi bahan kimia.
- (1) Prinsip cara kerjanya adalah mengadsorbsi bahan pencemar di udara pernafasan.
 - (2) Bahan kimia yang digunakan untuk mengadsorbsi adalah yang sesuai dengan bahan-bahan kimia tertentu saja. Misal kanister untuk uap asam klorida (HCl dan asam sulfat (H₂SO₄) harus menggunakan kanister yang berisi soda.
 - (3) Bahan kimia kanister mempunyai batas waktu kadaluwarsa. Batas waktu kadaluwarsa ini tergantung pada isi kanister, konsentrasi bahan pencemar, dan aktifitas pemakainya.
 - (4) Bisa menutup sebagian muka atau seluruh muka.
 - (5) Tidak bisa digunakan dalam keadaan udara di lingkungan kerja mengandung bahan kimia gas atau uap toksik dengan kadar yang cukup tinggi.
 - (6) Satu tipe kanister hanya bisa digunakan untuk memurnikan udara terkontaminasi satu macam atau satu golongan bahan kimia (gas, uap) saja.
- d) Respirator mekanik (*Mechanical Respirator*).
- (1) Digunakan untuk melindungi si pemakai akibat pemajanan partikel-partikel di lingkungan kerja seperti debu, asap, *fume*, *mist* dan *fog*.
 - (2) Prinsip kerja respirator ini adalah memurnikan udara terkontaminasi melalui proses filtrasi memakai bermacam tipe filter.

- (3) Efisiensi filter tergantung kepada ukuran partikel dan diameter pori-pori filter.
- e) Respirator kombinasi filter dan bahan kimia.
- (1) Respirator jenis ini dilengkapi dengan filter untuk menyaring udara terkontaminasi partikel (debu) dan aktrid (*catridge*) atau kanister yang mengandung bahan kimia.
 - (2) Respirator jenis ini biasanya digunakan oleh pekerja pada waktu melakukan pengecatan dengan cara semprot (*spray painting*).
- 2) Respirator Dengan Pemasok Udara atau Oksigen.
- a) Alat pelindung pernafasan ini tidak dilengkapi dengan filter, ataupun katrid dan kanister yang mengandung bahan kimia.
 - b) Pasokan udara bersih atau oksigen, melindungi pekerja dari pemajanan bahan-bahan kimia yang sangat toksit. Konsentrasinya tinggi, mampu melindungi pekerja dari kekurangan oksigen.
 - c) Pasokan udara ataupun oksigen dapat melalui silinder, tangki, atau kompresor yang dilengkapi dengan regulator (pengukur tekanan).
 - d) Respirator dengan pasokan udara atau oksigen dibedakan menjadi :
 - (1) *Airline respirator*
 - (2) *Air hose mask respirator.*
 - (3) *Self-contained brathing apparatus.*



Gambar 2.9. Contoh Alat Pelindung Pernapasan

Sumber: Uhd .A, dkk. Buku Pedoman Pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja Untuk Praktek dan Praktikum. Surabaya: 2008.⁵³

F. Proses Produksi Mebel Kayu

Pada dasarnya, pembuatan mebel dari kayu melalui lima proses utama, yaitu proses penggergajian kayu, penyiapan bahan baku, proses penyiapan komponen, proses perakitan dan pembentukan (*bending*) dan proses akhir (*finishing*). Kelima proses tersebut dapat dijabarkan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Penggergajian Kayu

Pada pembuatan mebel di industri informal bahan baku kayu tersedia dalam bentuk kayu balok atau papan. Perlu dilakukan pemilihan jenis kayu sebelum dipotong. Kayu yang biasa digunakan adalah jenis kayu keras seperti kayu mahoni, kayu matoa, dan kayu besi. Penggergajian dibuat sesuai dengan ukuran yang diinginkan atau rencana mebel yang akan dibuat sehingga dapat langsung menjadi bahan dasar rakitan mebel. Umumnya penggergajian balok dan papan ini dikerjakan dengan menggunakan gergaji secara mekanis atau dengan gergaji besar

secaramanual. Proses ini menghasilkan debu yang sangat banyak dan juga menimbulkan suara bising.

2. Penyiapan Bahan Baku

Papan dan balok kayu yang sudah ada digergaji dan dipotong menurut ukuran komponen mebel yang hendak dibuat. Proses ini dilakukan dengan menggunakan gergaji baik dalam bentuk manual maupun mekanis.

3. Penyiapan Komponen

Kayu yang sudah dipotong menjadi ukuran dasar bagian mebel, kemudian dibentuk menjadi komponen-komponen mebel sesuai yang diinginkan dengan cara memotong, meraut, mengamplas dengan *skaff*, melobang, mengukir, dan lain-lainnya sehingga menjadi komponen mebel yang dirakit nantinya. Dalam tahap ini menghasilkan banyak debu dan potongan kayu yang umumnya berukuran lebih kecil dan lebih halus karena alat yang digunakan juga lebih kecil, halus dan tajam.

4. Perakitan dan Pembentukan

Komponen mebel yang sudah jadi, dipasang dan dihubungkan satu sama lain hingga menjadi mebel. Pemasangan ini dilakukan dengan menggunakan baut, sekrup, lem, paku ataupun pasak kayu yang kecil, dan lain-lain cara untuk merekatkan hubungan antara komponen. Perakitan ini dapat dibedakan atas dua macam, yaitu perakitan permanen dan perakitan sementara. Pada perakitan permanen, komponen mebel itu dipasang menjadi mebel secara tetap dan umumnya menggunakan paku atau pasak kayu kecil. Biasanya komponen yang dirakit permanen itu akan dicat

setelah perakitan karena pengecatan sebelum perakitan dapat merusak cat itu pada saat perakitan permanen. Sedangkan pada perakitan sementara komponen dirakit untuk pemasangan sementara dan akan dibongkar lagi untuk kepentingan pengepakan (biasanya proses ini hanya pada industri mebel formal).

5. Penyelesaian Akhir

Kegiatan yang dilakukan pada penyelesaian akhir ini meliputi :

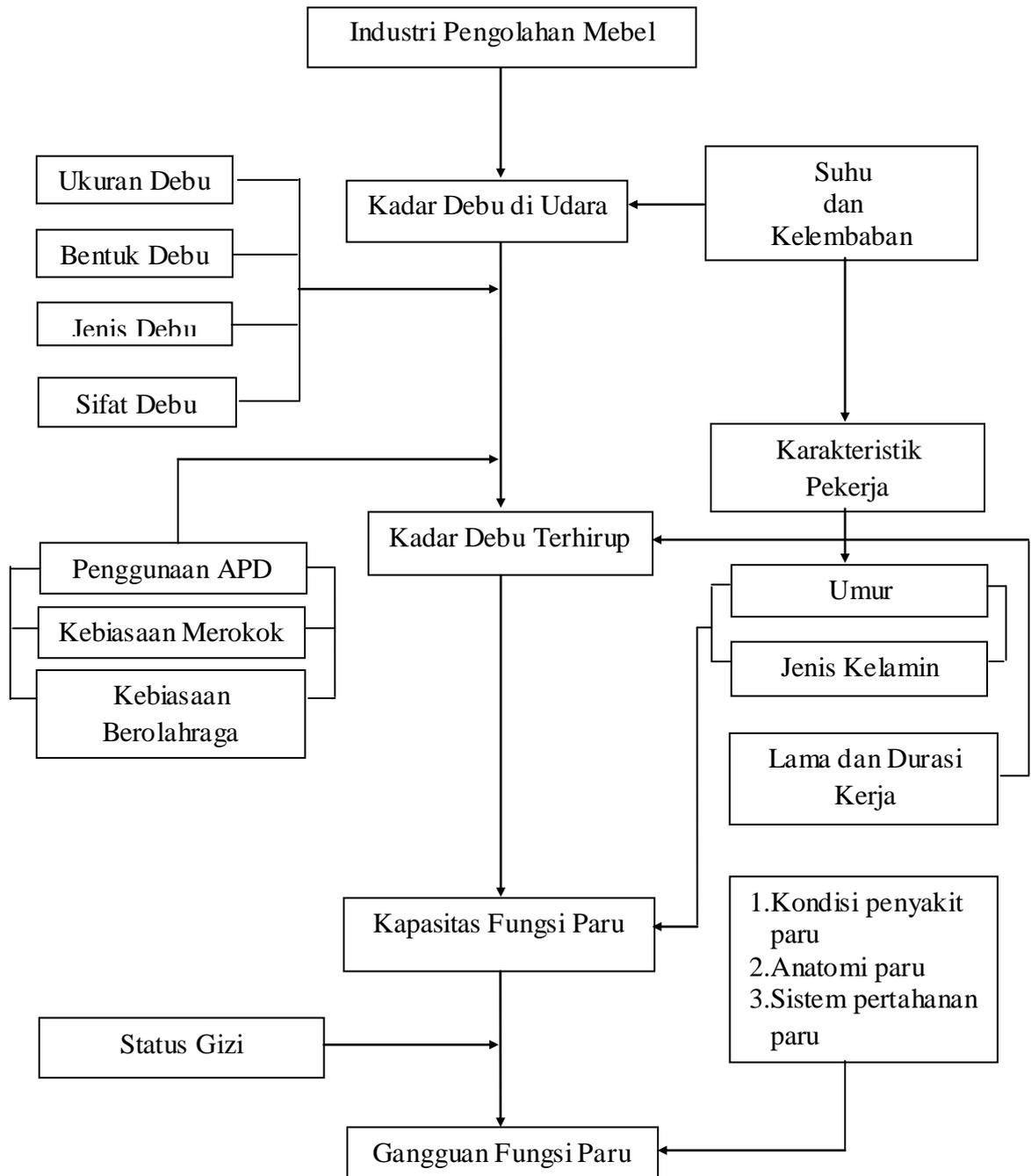
- a. Pengamplasan/penghalusan permukaan mebel.
- b. Pendempulan lubang dan sambungan.
- c. Pemutihan mebel dengan H_2O_2 .
- d. Pemelituran atau "*sanding sealer*".
- e. Pengecatan dengan "*wood stain*" atau bahan pewarna yang lain.
- f. Pengkilapan dengan menggunakan *melamic clear*.

Pada bagian ini banyak menimbulkan debu kayu dan bahan kimia serta pewarna yang tersedia di udara, seperti H_2O_2 , *sanding sealer*, *melamic clear*, dan *wood stain* yang banyak menguap dan berterbangan diudara terutama pada penyemprotan yang menggunakan *sprayer*, untuk hal ini perlu pemasangan *waterfall* atau *exhauster* pada ruang finishing sehingga partikel dan bahan-bahan yang berterbangan di udara dapat diserap/dikumpulkan. Komponen dan atau mebel yang telah di cat akhir tersebut akan dikeringkan.

Proses pengeringan pada industri besar dilakukan dengan mesin pengering (*dry mill* atau *dryer*) dalam suatu ruangan khusus sedangkan pada industri kecil/infomal, pengeringan dilakukan dengan matahari

karena tidak memiliki alat dan ruangan tersendiri. Proses ini sangat penting karena pengecatan dan pengeringan langsung berpengaruh terhadap permukaan mebel yang sangat penting dalam menarik minat pembeli. Pengeringan dan pengecatan yang dilakukan diruang khusus akan memberi perlindungan dari gangguan debu dan asap yang dapat memburamkan hasil pengecatan.²

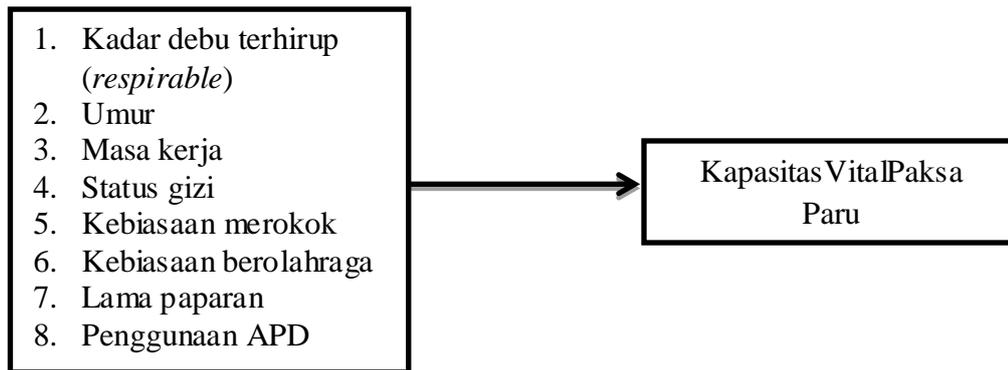
G. Kerangka Teori



Gambar 2.10. Kerangka Teori Penelitian

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep



Gambar 3.1. Kerangka Konsep

B. Hipotesis Penelitian

1. Ada hubungan kadar debu kayu terhirup (*respirable*) dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
2. Ada hubungan faktor umur dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
3. Ada hubungan faktor masa kerja dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
4. Ada hubungan faktor status gizi dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
5. Ada hubungan faktor kebiasaan merokok dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.

6. Ada hubungan faktor kebiasaan berolahraga dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
7. Ada hubungan faktor lama paparan dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.
8. Ada hubungan faktor penggunaan APD dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.

C. Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan pendekatan *cross sectional*, yaitu suatu penelitian untuk mempelajari dinamika korelasi antara faktor-faktor risiko dengan efek, dengan cara pendekatan, observasi atau pengumpulan data sekaligus pada suatu saat (*point time approach*).⁵⁷

Dalam penelitian *cross sectional* peneliti mencari hubungan antara variabel bebas (faktor risiko) dengan variabel tergantung (efek) dengan melakukan pengukuran sesaat. Tentunya tidak semua subyek harus diperiksa pada hari ataupun saat yang sama, namun baik variabel risiko serta efek tersebut diukur menurut keadaan atau statusnya pada waktu observasi, jadi pada desain *cross sectional* tidak ada tindak lanjut atau *follow-up*.⁵⁸

D. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi

Populasi adalah keseluruhan objek penelitian atau objek yang diteliti.⁵⁷ Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja mebel kayu pada usaha mebel yang berada di Kota Jayapura yaitu sebanyak 28 usaha mebel yang melakukan pembuatan/produksi dan penjualan mebel.

Pekerja mebel ini adalah orang yang bekerja di bagian terpapar dengan debu kayu, yaitu pada bagian penggergajian, penghalusan dengan

skaff, pengampelasan, dan pengecatan serta *finishing* yang menghasilkan limbah berupa debu.

Populasi studi adalah semua pekerja mebel kayu di Kota Jayapura yang memenuhi syarat inklusi yaitu 11 usaha mebel kayu dengan pekerja sebanyak 40 orang.

Kriteria inklusi yang diajukan adalah :

- a. Jenis kelamin laki-laki.
- b. Umur 20 – 50 tahun.
- c. Bersedia mengikuti penelitian.

Kriteria eksklusi :

Kriteria eksklusi adalah syarat yang tidak dapat dipenuhi oleh responden supaya dapat menjadi sampel. Pernah menderita penyakit pernapasan seperti: radang paru, TBC paru, bronkitis dan asma. Kriteria ini ditentukan dengan hasil wawancara atau anamnesis oleh dokter.

2. Sampel

Sampel adalah sebagian dari pekerja mebel kayu di wilayah Kota Jayapura atau jumlah dari populasi studi yang memenuhi kriteria inklusi. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel didasarkan pada suatu pertimbangan tertentu yang dibuat oleh peneliti sendiri, berdasarkan ciri atau sifat-sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya.⁵⁷ Pertimbangan-pertimbangan yang diambil antara lain sebagai berikut:

- a. Merupakan industri kecil mebel dengan bahan baku kayu untuk mebel.
- b. Beroperasi ≥ 3 tahun, dan masih produktif.

- c. Terletak di Kota Jayapura.
- d. Sampel yang diambil adalah pekerja mebel kayu yang bekerja pada bagian produksi yang mempunyai potensial *hazard* yang tinggi yaitu pekerja yang bekerja dibagian terpapar dengan debu kayu, seperti pada bagian penggergajian, penghalusan dengan *skaff*, pengamplasan, dan pengecatan serta *finishing*.

Sampel dalam penelitian ini mengambil semua dari jumlah populasi studi sebagai sampel yaitu pada 11 usaha mebel dengan pekerja mebel kayu sebanyak 40 orang.

E. Variabel Penelitian, Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

1. Variabel Penelitian

- a. Variabel terikat (*dependent variable*) adalah variabel yang berubah akibat perubahan variabel bebas yaitu kapasitas vital paksa paru.
- b. Variabel bebas (*independent variable*) adalah variabel yang bila mengalami perubahan akan mengakibatkan perubahan pada variabel lainnya yaitu kadar debu kayu terhirup (*respirable*), umur, masa kerja, status gizi, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lama paparan, dan penggunaan APD.

2. Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

Tabel 3. 1. Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Satuan dan Kategori	Cara Pengukuran	Skala
Kadar debu terhirup	Keadaan debu terhirup yang didapatkan dari hasil pengukuran kadar debu perorangan pada para pekerja secara bergantian dengan durasi waktu	Satuan: mg/m ³ , sesuai hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan	Menggunakan alat <i>personal sample pump</i> merek SKC Model 224-PCXR4 oleh	Rasio

Variabel	Definisi Operasional	Satuan dan Kategori	Cara Pengukuran	Skala
	1 jam masing- masing pekerja dengan menggunakan alat <i>personal sample pump</i> merek SKC Model 224-PCXR4		Dinas Kesehatan Kota Jayapura	
Kapasitas vital paksa paru	Kapasitas vital paksa paru para pekerja mebel yang didapatkan dari hasil pengukuran fungsi paru para pekerja mebel kayu dengan menggunakan alat <i>Spirometri</i> yang dinilai dengan menggunakan nilai prediksi % <i>Forced Vital Capacity</i> (FVC).	Satuan: Persen (%), sesuai hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan	Menggunakan alat <i>spirometri</i> merek <i>Takei</i> oleh petugas dari Fakultas Ilmu Olahraga Uncen	Rasio
Gangguan fungsi paru	Adalah gangguan yang terjadi pada fungsi paru yang dikategorikan sebagai ada gangguan (restriktif) dan tidak ada gangguan (normal).	1. Ada gangguan (restriktif) 2. Tidak ada gangguan (normal)	Menggunakan nilai prediksi % <i>Forced Vital Capacity</i>	Nominal
Umur	Adalah umur yang dihitung sejak dari orang (pekerja) tersebut lahir sampai dengan ulang tahun pekerja mebel kayu atau sampai saat penelitian dilakukan.	Satuan: Tahun, sesuai hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan	Ditanyakan saat mengajukan kuesioner	Rasio

Masa kerja	Adalah lamanya masa kerja pekerja mebel yang dihitung mulaidari masuknyapekerja bekerja di mebel kayu sampai saat penelitian dilakukan.	Satuan: Tahun, sesuai hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan	Ditanyakan saat mengajukan kuesioner	Rasio
Variabel	Definisi Operasional	Satuan dan Kategori	Cara Pengukuran	Skala
Status gizi	Keadaan gizi pekerja sesuai keadaan tubuh sebagai akibat kecukupan konsumsi zat gizi yang diukur dengan cara membandingkan dari Indeks Masa Tubuh, yang dihitung dengan rumus: $IMT = \frac{BB \text{ (kg)}}{TB^2 \text{ (m)}}$	Sesuai hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan	Tinggi badan diukur dengan <i>microtoise</i> . Berat badandiukur dengan timbangan injak	Rasio
Kebiasaan merokok	Aktifitas yang dilakukan seorang dalam menghirup asap rokok yang mengandung komponen gas dan partikel dapat merusak kesehatan.	1. Merokok, jika: Jumlah rokok yang diisap: a. Perokok ringan: jika merokok < 10 btg/hari b. Perokok sedang: jika merokok 10-20 btg/hari c. Perokok berat: jika merokok >20 btg/hari Jenis rokok yang diisap: keretek, cerutu, rokok putih; pakai filter/tidak 2. Tidak merokok	Ditanyakan saat mengajukan kuesioner	Nominal

Kebiasaan berolahraga	Adalah latihan fisik teratur terutama olahraga yang banyak melibatkan otot lendutan otot dada (aerobik) yang dilakukan 3-5 kali seminggu (minimal	1. Berolahraga Jenis olahraga terdiri dari olahraga aerobik seperti: <i>jogging</i> , senam, lari jarak jauh, Satuan dan Kategori	Ditanyakan saat mengajukan kuesioner	Nominal
Variabel	Definisi Operasional		Cara Pengukuran	Skala
	1 kali seminggu) dengan durasi waktu minimal 30 menit/hari yang dapat meningkatkan kemampuan kapasitas pernafasan pekerja mebel kayu.	renang, bersepeda 2. Tidak berolahraga		
Lama paparan	Lamanya seseorang berada dalam industri mebel dalam sehari.	Satuan: Jam/hari, sesuai hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan	Ditanyakan saat mengajukan kuesioner	Rasio
Penggunaan APD(PPE- <i>Personal Protective Equipment</i>)	Kebiasaan menggunakan bahan penutup hidung berupa masker (bukan kain/ <i>skraf</i>) sebagai alat pelindung diri dari debu kayu terhirup.	1. Menggunakan APD/masker 2. Tidak menggunakan APD/masker	Ditanyakan saat mengajukan kuesioner	Nominal

F. Sumber Data Penelitian

Sumber data dalam penelitian terdiri dari :

1. Data Primer

Pada penelitian ini data primer terdiri dari pengukuran debu terhirup dengan menggunakan alat ukur *Personal Sample Pump* merek SKC Model 224-PCXR4, pengukuran kapasitas fungsi paru dengan menggunakan alat *Spirometri* merek *Takei*, pengukuran berat badan dan tinggi badan dengan menggunakan timbangan injak standar merek *Camry*

dan meteran tinggi badan (*microtoise*), menentukan karakteristik individu dan faktor paparan dengan penggunaan kuesioner.^{59,60}

Pengumpulan data primer dalam penelitian ini dengan penggunaan kuesioner adalah respon jawaban dari responden tentang identitas diri, umur, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lama paparan dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), riwayat paparan, riwayat pekerjaan, dampak paparan debu kayu, tanda dan gejala penyakit.

2. Data Sekunder

Pada penelitian ini, data sekunder terdiri dari data profil mengenai usaha mebel yang berada di Kota Jayapura dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan, data profil Kota Jayapura dari Dinas Kesehatan dan juga data-data yang diperoleh dari buku, artikel, jurnal, internet dan referensi-referensi lain yang ada kaitannya dengan penelitian.

G. Instrumen Penelitian dan Cara Penelitian

1. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan kuesioner terstruktur (terlampir) untuk mengumpulkan data umum responden, sedangkan variabel lainnya diukur dengan menggunakan :

- a. Pengukuran kadar debu kayu terhirup (*respirable*) menggunakan alat *Personal Sample Pump* merek SKC Model 224-PCXR4. Filter yang digunakan adalah filter MCE (*Mixed Cellulose Ester*) dengan ukuran pori 0,45 μm dan diameter 37 mm.
- b. Pengukuran kapasitas vital paksa paru menggunakan alat *Spirometri* merek *Takei*.

- c. Pengukuran berat badan menggunakan timbangan injak standar merek *Camry* dengan ketelitian 0,1 kg.
- d. Pengukuran tinggi badan menggunakan meteran tinggi badan (*microtoise*).

2. Cara Penelitian

a. Tahap persiapan

Survei awal dengan koordinasi dengan Dinas Kesehatan Kota Jayapura untuk mengadakan pendekatan dengan para pemilik usahamebel yang ada di Kota Jayapura. Sehingga dalam penelitian diharapkan mendapat dukungan penuh dari semua pihak. Kemudian dilakukan penapisan terhadap calon sampel untuk memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Selanjutnya ditanyakan pertanyaan penyaring lainnya yang dalam kuesioner terdapat dalam kelompok pertanyaan tentang identitas responden.

Variabel (data) yang akan diambil dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Melakukan wawancara dan mengisi kuesioner yang telah disiapkan tentang karakteristik responden antara lain: identitas diri, umur, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lama paparan dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), riwayat paparan, riwayat pekerjaan, dampak paparan debu kayu, tanda dan gejala penyakit sebagai data pendukung pada sampel sebanyak 40 orang pekerja.

- 2) Pengukuran kadar debu terhirup perorangan oleh petugas dari Dinas Kesehatan Kota Jayapura dengan menggunakan *Personal Sample Pump*.
 - 3) Pemeriksaan kapasitas vital paksa paru pekerja oleh petugas dari Fakultas Ilmu Olahraga Uncen dengan menggunakan alat *Spirometri*.
- b. Pengukuran kadar debu terhirup pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura dengan menggunakan alat *Personal Sample Pump*.

Dilakukan oleh tenaga kesehatan dari Dinas Kesehatan Kota Jayapura menggunakan alat *personal sample pump* merek SKC model 224-PCXR4. Filter yang digunakan adalah filter MCE (*Mixed Cellulose Ester*) dengan ukuran pori 0,45 μm dan diameter 37 mm. Pengambilan sampel debu dilakukan selama jam kerja (1 jam terus menerus) dengan kecepatan laju aliran udara (*flowrate*) 5 L/menit dan diletakkan setinggi hidung rata-rata pekerja mebel kayu (diletakkan pada kerah baju), sambil pekerja tersebut melakukan aktivitasnya bekerja. Metode pengukuran debu dengan menggunakan Gravimetri.

Cara pengukuran kadar debu perseorangan dengan *Personal Sample Pump*^{59,61}:

- 1) Timbang filter (W^1) dan blankonya (B^1).
- 2) Cek baterai, kemudian alat dikalibrasi dengan kecepatan hisapan 1-1,9 l/menit (2 L/menit).

Kalibrasi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a) Pastikan pompa telah dinyalakan selama 5 menit sebelum dilanjutkan dengan kalibrasi, lalu matikan.

- b) Gunakan tabung *Tygon* ¼ inci dan hubungkan kalibrator dengan pipa masuk pada pompa media pengambilan sampel (lihat gambar 3.1).
- c) Hidupkan pompa dengan menyalakan tombol “ON/OFF”.

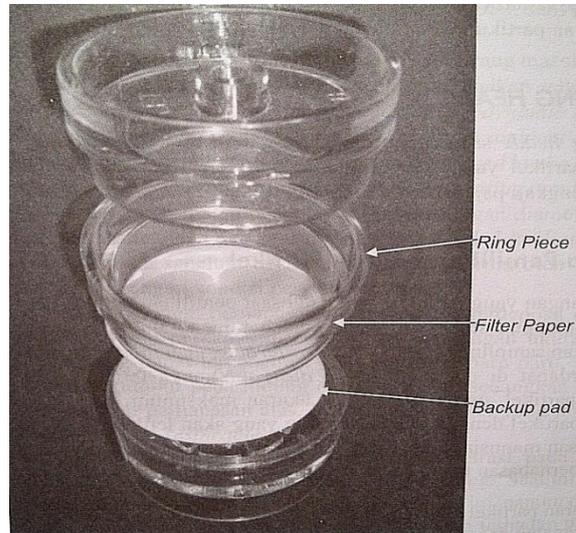


Gambar 3.2. Kalibrasi *Personal Sample Pump* Merek SKC Mode1224-PCXR4 dengan Menggunakan Flowmeter

Sumber: SKC Inc. Universal Sample Pump Operating Instructions. USA: 2012.⁶²

- d) Tekan tombol “START/HOLD” (pada LCD harus menunjukkan “BATT OK” di pojok kiri atas), kemudian tekan tombol “FLOW AND BATTERY CHECK” untuk memulai pompa dan mengatur kecepatan aliran dengan menggunakan sekrup penyesuaian aliran sampai *built-in rotameter* menunjukkan kecepatan hisapan 2 L/menit.
- e) Kemudian laju alir pompa dapat diketahui secara otomatis yang *terdisplay* pada layar peralatan (kalibrator).
- f) Bila laju alir pompa telah diatur, tekan “FLOW AND BATTERY CHECK” untuk menahan pompa, lalu matikan kalibrator.

- g) Ganti media sampling yang digunakan untuk kalibrasi dengan media yang baru untuk memulai pengambilan sampel.
 - h) Catat data kalibrasi masing-masing minimal 3 kali pembacaan.
- 3) Pasang filter pada *filter holder* dengan menggunakan pinset, posisi filter bagian kasar diletakkan di sebelah depan/atas.



Gambar 3.3. Pemasangan Filter dan *Backup Pad* Pada Filter Kaset

Sumber: Lestari.F. BAHAN KIMIA, Sampling dan Pengukuran Kontaminasi Kimia di Udara. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2010.³⁶

- 4) *Personal sample pump* diletakkan/pasang dengan posisi “holder” setinggi hidung (setinggi zona pernapasan pekerja).
- 5) Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan waktu 1 jam (dilihat dari kondisi di lokasi pengukuran).
- 6) Setelah selesai melakukan “*sampling*”, alat dimatikan.
- 7) Ambil filter dengan menggunakan pinset, tutup dengan lembar penutup filter (berwarna biru) lalu masukkan ke dalam blanko.

- 8) Sisa debu kayu pada bagian dalam dan luar *holderyang* telah dipakai harus dibersihkan terlebih dahulu agar dapat digunakan pada pengukuran selanjutnya.

Analisis kadar debu :

- 1) Filter hasil pengukuran dimasukkan, baik sampel uji maupun blangko ke dalam *desikator* selama 24 jam.
- 2) Filter ditimbang menggunakan timbangan analitik sampai diperoleh bobot tetap (W^2)(B^2).



Gambar 3.4. Penimbangan Filter Menggunakan Timbangan Analitik.

- 3) Hasil penimbangan filter dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{(W^2 - W^1) - (B^2 - B^1)}{V} \times 10^3 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

C : kadar debu (mg/m^3)

W^1 : berat filter contoh sebelum pengambilan contoh (mg)

W^2 : berat filter contoh setelah pengambilan contoh (mg)

B^1 : berat filter blanko sebelum pengambilan contoh (mg)

B^2 : berat filter blanko setelah pengambilan contoh (mg)

V : volume udara pada waktu pengambilan contoh (m^3)

c. Pemeriksaan pengukuran kapasitas vital paksa paru dengan menggunakan alat *Spirometri* merek *Takei* beserta asesorisnya.⁶⁰

1) Persiapan alat

- a) Alat harus dilakukan kalibrasi untuk volume dan arus minimal satu kali seminggu. Penyimpangan tidak boleh lebih 1,5 % dari kalibrator.
- b) Timbangan badan *Camry* dengan ketelitian 0,1 kg yang digunakan untuk mengukur berat badan.
- c) *Microtoise* yang digunakan untuk mengukur tinggi badan.

2) Persiapan responden

- a) Responden harus mengerti tujuan dan cara pemeriksaan *spirometri* yaitu dengan memberikan petunjuk yang tepat dan benar serta contoh cara melakukan pemeriksaan kapasitas vital paru.
- b) Berpakaian tidak ketat.

3) Cara pengukuran kapasitas fungsi paru dengan *spirometri*⁶⁰

- a) Menyiapkan alat spirometer, dan menekan tombol "ON".
- b) Masukkan identitas pasien; *sex* (untuk jenis kelamin), *age* (untuk usia yang diukur) dan *height* (untuk tinggi yang diukur).

- c) Responden diminta untuk meniup selang yang ada pada spirometer dengan posisi berdiri lurus dan tegak (tidak bungkuk).
- d) Tekan *keypad* “*Start*”.
- e) Responden menarik nafas sekuat-kuatnya dengan menjepit hidung dengan menggunakan tangan kanansambiltangan kiri memegang alat kemudian meniup ke alat secara kuat sampai habis tanpa menekan tombol hingga setelah ada bunyi terdengar, tekan *keypad*“*Enter*”.
- f) Setelah selesai tekan *keypad*“*Stop*”. Dihasilkan angka yang menunjukkan besar *forcedvital capacity*.
- g) Hasil yang diperoleh dari pengukuran fungsi paru adalah melihat % FVC dengan kemungkinan hasil.

Tabel 3.2. Derajat Kapasitas Fungsi Paru³¹

ParameterFungsi Paru	Derajat Gangguan Fungsi Paru (%)		
	Ringan	Sedang	Berat
VC	60-79	30-59	< 30
FVC	60-79	30-59	< 30
FEV ₁ /FVC	60-79	30-59	< 30

d. Kuesioner penelitian

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

H. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian merupakan kegiatan yang penting karena menentukan kualitas hasil penelitian. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. Data Primer

Data primer tentang faktor-faktor yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru diperoleh dengan pengisian angket terstruktur terhadap 40 responden. Untuk memperoleh data tentang pekerja mebel kayu di Kota Jayapura dengan cara :

- a. Wawancara dengan menggunakan kuesioner yang berisi pertanyaan responden tentang identitas, umur, masa kerja, status gizi, kebiasaan olahraga, kebiasaan merokok, lama paparan, penggunaan APD, riwayat kesehatan dan riwayat pekerjaan.
- b. Pemeriksaan dan analisis kadar debu kayu yang terhirup pada pekerja mebel kayu.
- c. Pengukuran kapasitas vital paksa paru dengan menggunakan alat *Spirometri* terhadap pekerja mebel kayu.

I. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

1. Teknik Pengolahan Data

Langkah langkah pengolahan data terhadap data yang telah terkumpul adalah sebagai berikut⁵⁷ :

a. *Editing*

Tahapan ini meneliti kembali kelengkapan pengisian, kejelasan tulisan jawaban, kesesuaian, keajegan dan keseragaman satu sama lainnya.

b. Koding

Pada langkah ini peneliti mengklasifikasikan jawaban menurut macamnya dengan cara memberikan tanda pada masing-masing jawaban dengan kode tertentu. Misalnya jenis kelamin: 1 =

laki-laki, 2 = perempuan; kebiasaan merokok: 1 = merokok, 2 = tidak merokok; kebiasaan berolahraga: 1 = tidak berolahraga, 2 = berolahraga. Koding atau pemberian kode ini sangat berguna dalam memasukkan data (*data entry*).

c. *Entry*

Dengan memberikan skor pada pertanyaan-pertanyaan yang menyangkut variabel bebas dan terikat.

d. Tabulasi

Melakukan pengelompokan data sesuai dengan tujuan penelitian yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel. Setiap pernyataan diberikan nilai yang hasilnya dijumlahkan dan diberikan kategori sesuai dengan jumlah pernyataan dalam kuesioner.

2. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara analitik sesuai dengan tujuan dan skala variabel. Untuk mengetahui gambaran distribusi responden tersebut digunakan statistik menggunakan komputer program *SPSS versi 16.0 for windows*.

a. Analisis univariat

Analisis univariat adalah analisis yang dilakukan terhadap tiap variabel dari hasil penelitian. Pada umumnya dalam analisis ini hanya menghasilkan distribusi dan presentase dari tiap variabel.⁵⁷ Analisis univariat dalam penelitian ini meliputi hasil secara deskriptif dengan menggunakan tabel distribusi frekuensi, mean, standar deviasi nilai

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

b. Analisis bivariat

Analisis bivariat yaitu analisis yang dilakukan terhadap dua variabel yang diduga berhubungan atau berkorelasi.⁵⁷ Untuk mencari hubungan antara variabel bebas dan terikat perlu dilakukan analisis variabel tersebut yaitu melakukan uji pada data yang dikumpulkan apakah sebaran dari data berdistribusi normal atau tidak dengan melakukan uji normalitas data.⁶³

Uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan uji *One Sample Kolmogorov-Smirnov* ($n > 50$) dan uji *Shapiro-Wilk* ($n < 50$). Keluaran hasil uji adalah dengan melihat z hitung yang dibandingkan dengan z tabel, bila z hitung $< z$ tabel artinya z hitung masih di antara nilai $-1,96$ sampai $1,96$, maka dapat dikatakan bahwa data berdistribusi normal. Cara lainnya adalah dengan melihat besarnya nilai signifikansi (*Asym.Sig.*) apabila nilai signifikansi $> 0,05$ maka data dalam distribusi normal (karena H_0 dari pengujian adalah data berdistribusi normal, dan signifikansi atau $p > 0,05$, maka H_0 diterima).⁶³

Hasil uji normalitas pada beberapa variabel dengan skala data rasio menunjukkan data berdistribusi tidak normal maka uji yang akan dipakai adalah uji Korelasi *Kendall's Tau* ($n > 30$). Persamaan untuk *Kendall's Tau* adalah⁶⁴:

$$\tau = 1 - \frac{\sum A - \sum B}{\frac{N(N-1)}{2}}$$

dimana:

τ = Koefisien korelasi Kendal Tau yang besarnya $(-1 < 0 < 1)$

$\sum A$ = Jumlah rangking atas

$\sum B$ = Jumlah rangking bawah

N = Jumlah anggota sampel

c. Analisis multivariat

Terdapat dua analisis multivariat yang sering digunakan yaitu analisis Regresi Logistik dan analisis Regresi Linier. *Regresi Logistik* adalah suatu model matematik yang digunakan untuk mempelajari hubungan antara satu atau beberapa variabel independen dengan satu variabel dependen yang bersifat dikotomus (*binary*). Variabel yang bersifat dikotomus adalah variabel yang hanya memiliki dua nilai, misalnya merokok/tidak merokok, kebiasaan berolahraga/tidak berolahraga, menggunakan APD/tidak menggunakan APD dan sebagainya. *Regresi Linier* adalah analisa hubungan antar variabel independen dan variabel dependen yang berbentuk garis lurus. Bila variabel terikatnya berupa variabel numerik, maka regresi yang digunakan adalah analisis regresi linier.⁶⁵

Persamaan regresi logistik yang diajukan adalah :

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k)}}$$

Keterangan :

P : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.

e : Bilangan natural

a : Nilai konstan

b : Nilai koefisien regresi

x : Variabel bebas

Persamaan regresi linier yang diajukan adalah⁶³ :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Keterangan :

Y : variabel dependen

X : variabel independen

β_0 : konstanta

β_1 : koefisien regresi variabel X

Berdasarkan hasil analisis multivariat dapat menentukan variabel mana yang mempunyai pengaruh dan seberapa besar pengaruhnya terhadap kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura.

-
1. Kristanto, P. Ekologi Industri. Yogyakarta: Penerbit ANDI; 2004.
 2. Dinas Kesehatan. Pedoman Teknis Upaya Kesehatan Kerja. [cited 2011 16 September]; Available from:<http://dinkes-sulsel.go.id/new/images/pdf/pedoman/pedoman%20upaya%20yankes%20perajin.pdf>.
 3. Wijaya R. H. SEKTOR INFORMAL : Katup Pengaman dan Sang Penyelamat yang Terabaikan. Jurnal Perburuhan, No.8, September 2007 - Maret 2008; 24-27.
 4. Jamsostek. ANTARA News: Penelitian ILO: 80 Persen Pekerja Informal RI Tidak Punya Jamsos, Jakarta: 2009. [cited 2011 1 December]; Available from:<http://www.jamsostek.co.id/content/news.php?id=398>
 5. Tarwaka. Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja. Surakarta: Penerbit Harapan Press; 2008.
 6. International Labour Organization. Safety and Health At Work. ILO; 2011. [cited 2011 1 December]; Available from:<http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-en/index.htm>
 7. Meo .A.S. Effects Of Duration Of Exposure To WoodDust On Peak Expiratory Flow Rate AmongWorkers In Small Scale Wood Industrie,International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. 2004;17(4):451-455.
 8. Yunus, Faisal. Dampak Debu Industri pada Paru Pekerja dan Pengendaliannya. Jakarta: Cermin Dunia Kedokteran No. 115;1997.
 9. World Health Organization, International Agency For Research On Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Wood Dust and Formaldehyde. WHO; 1997.
 10. Technology Planning and Management Corporation Canterbury Hall. Final RoC Background Document for Wood Dust. Durham: 2000.
 11. Tarlo, Cullinan, Nemery. Occupational andEnvironmental LungDiseases, Diseases from Work, Home, Outdoor and Other Exposures. England: John Wiley & Sons Ltd; 2010.

-
12. Berry, Cherie. A Guide to Occupational Exposure to Wood, Wood Dust and Combustible Dust Hazards. N.C. North California: Department of Labor Occupational Safety and Health Division; 2010.
 13. Osman .E, Pala .K. Occupational Exposure To Wood Dust And Health Effects On The Respiratory System In A Minor Industrial Estate In Bursa/Turkey, International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. 2009;22(1):43-50.
 14. Chirdan.O. O, Akosu, T.J. Respiratory Symptoms in Workers at Katakò Wood Market, Jos, Plateau State, Nigeria, Journal of Community Medicine & Primary Health Care. 2004;16(2):30-33.
 15. Sripaiboonkij, Phanprasit, Jaakkola. Respiratory And Skin Effects Of Exposure To Wood Dust From The Rubber Tree Hevea Brasiliensis, Occup Environ Med. 2009;66:442-447.
 16. Tanjung, Azhar. Pernafasan dan Lingkungan. Jakarta: Cermin Dunia Kedokteran No. 84;1992.
 17. Yusnabeti, Wulandari, Luciana. PM₁₀ dan Infeksi Saluran Pernapasan Akut Pada Pekerja Industri Mebel. Makara, Kesehatan, Juni; 2010;Vol.14, No.1:25-30.
 18. Ronsumbre. Hubungan Paparan Debu Kayu Dengan Kapasitas Vital Fungsi Paru Pada Tenaga Kerja Meubel di Kelurahan Waena Kota Jayapura Tahun 2010. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Cenderawasih, Jayapura (Skripsi). 2010.
 19. Liou, Cheng, Lai, Yang. Respiratory Symptoms and Pulmonary Function In Mill Workers Exposed To Wood Dust. Am J Ind Med. 1996;30(3):293-9
 20. Soemantri, Irman. Asuhan Keperawatan pada Klien dengan Gangguan Sistem Pernapasan, Edisi 2. Jakarta: Penerbit Salemba Medika; 2009.
 21. Smith, Byron. Energy and the Human Body Background Material. Canada: The Everest 2000; 2000. [cited 2011 25 November]; Available from: <http://www.byronsmith.ca/everest2000/education/phase4/theme3background.html#system>.
 22. Djodibroto .R.D. Respiriologi (Respiratory Medicine). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2009.
 23. Ghorayeb.Y, Bechara. Anatomy of the Sinuses, Otolaryngology Head & Neck Surgery. Texas: 2011. [cited 2011 25 November]; Available from: <http://www.ghorayeb.com/AnatomySinuses.html>.
 24. Setiadi. Anatomi & Fisiologi Manusia. Yogyakarta: Graha Ilmu; 2007.

-
25. Darling, David. The Encyclopedia of Science, Anatomy and Physiology. USA: 2011. [cited 2011 1 December]; Available from: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/L/lungs.html>.
 26. Gehr, et.al. Particle-Lung Interaction, Lung Biology in Health and Disease, Second Edition. New York: Informa Health Care USA, Inc; 2010.
 27. Cheremisinoff .P, Nicholas. Handbook of Industrial Toxicology and Hazardous Materials. New York: Marcel Dekker, Inc; 1999.
 28. Suma'mur. Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES). Jakarta: Sagung Seto; 2009.
 29. Al-Ashkar, Mehra, and Mazzone. Interpreting Pulmonary Function Tests: Recognize The Pattern, And The Diagnosis Will Follow, Cleveland Clinic Journal Of Medicine. Cleveland: 2003; Vol.70, No.10: 866-881.
 30. West.J.B. Patofisiologi Paru Esensial, Edisi 6. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2010.
 31. Khumaidah. Analisis Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Mebel PT KotaJati Furnindo Desa Suwal Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang (Tesis). 2010.
 32. Mengkidi, Dorce. Gangguan Fungsi Paru dan Faktor-faktor Yang Mempengaruhinya Pada Karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang (Tesis). 2006.
 33. Pudjiastuti, Wiwiek. Debu Sebagai Bahan Pencemar Yang Membahayakan Kesehatan Kerja. Jakarta: Pusat Kesehatan Kerja Departemen Kesehatan RI; 2002.
 34. Achmadi .U.F. Dasar-Dasar Penyakit Berbasis Lingkungan. Jakarta: Rajawali Press; 2011.
 35. Wright .A. David, Welbourn. Environmental Toxicology. New York: Cambridge University Press; 2002.
 36. Lestari.F. BAHAN KIMIA, Sampling dan Pengukuran Kontaminasi Kimia di Udara. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2010.
 37. Sahidi, B. Sujanuriah. Study of Safety Improvement for Wood Dust Hazard in Furniture Production Line. Malaysia (Thesis). 2007.
 38. Health and Safety Executive. Toxic Woods, Woodworking Sheet No 30. London: HSE's Woodworking National Interest Group; 2003.
 39. World Health Organization. Early Detection of Occupational Disease; 1986.

-
40. Fardiaz, Srikandi. Polusi Air dan Udara. Yogyakarta: Penerbit Kanisius; 1992.
 41. World Health Organization. Tobacco Free Initiative (TFI), Chronic Obstructive Pulmonary Disease. WHO; 2011.
 42. Suparno E. Pedoman Diagnosis Dan Penilaian Cacat Karena Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia. NOMOR PER25/MEN/XII/2008. Jakarta: Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia; 2008.
 43. Suharto. Masalah Saluran Napas. Jakarta: Cermin Dunia Kedokteran No. 128; 2000.
 44. Kurniawan .B. Panduan Praktikum Keselamatan dan Kesehatan Kerja UNDIP. Semarang: Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) UNDIP; 2009.
 45. Budiarto .E, Anggraeni .D. Pengantar Epidemiologi, Edisi 2. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2001.
 46. Damayanti, dkk. Hubungan Penggunaan Masker dengan Gambaran Klinis, Faal Paru dan Foto Toraks Pekerja Terpajan Debu Semen. Maj Kedokt Indon: 2007; Vol.57, No.9:289-299.
 47. Supariasa, Bakri, Fajar. Penilaian Status Gizi. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2002.
 48. Bustan.M.N. Epidemiologi Penyakit Tidak Menular. Jakarta: Rineka Cipta; 2007.
 49. Ott .W.R, Steinemann .A.C, Wallace .L.A. Exposure Analysis. New York: CRC Press Taylor & Francis Group; 2007.
 50. Yunus, Faisal. Kedaruratan Paru. Jakarta: Cermin Dunia Kedokteran No. 114;1997.
 51. Karim, Faizati. Panduan Kesehatan Olahraga Bagi Petugas Kesehatan. Jakarta: Dinkes; 2002.
 52. Fatmah, Ruhayati. Gizi Kebugaran dan Olahraga, Bandung: Penerbit CV. Lubuk Agung; 2011.
 53. Sulistomo, Astrid. 2002. Kesehatan Kerja. Jakarta: Cermin Dunia Kedokteran No. 136; 2002.
 54. Ridley, John. Ikhtisar Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Edisi Ketiga. Jakarta: Penerbit Erlangga; 2008.

-
55. Uhud .A, dkk. Buku Pedoman Pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja Untuk Praktek dan Praktikum. Surabaya. 2008.
 56. Marsaid, dkk. Hubungan Antara Kebiasaan Menggunakan Masker Dengan Terjadinya Batuk Pada Pekerja Industri Mebel di Desa Karangsono Kecamatan Sukorejo Kabupaten Pasuruan. Jurnal Keperawatan; 2010; Vol.1, No.2.
 57. Notoatmodjo .S. Metodologi Penelitian Kesehatan. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta; 2010.
 58. Sastroasmoro .S, Ismael .S. Metodologi Penelitian, Edisi ke-3. Jakarta: Penerbit Sagung Seto; 2010.
 59. Dinas Tenaga Kerja dan Transmigrasi Prop.DIY, Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja. Praktek Pengujian Debu. Yogyakarta.
 60. Dinas Tenaga Kerja dan Transmigrasi Prop.DIY, Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja. Praktek Pemeriksaan Spirometri. Yogyakarta.
 61. Yulaekah. Paparan Debu Terhirup dan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Batu Kapur (Studi di Desa Mrisi Kecamatan Tanggunharjo Kabupaten Grobogan), Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang (Tesis). 2007.
 62. SKC Inc. Universal Sample Pump Operating Instructions. USA: 2012.
 63. Riwidikdo. Statistik Kesehatan, Belajar Mudah Teknik Analisis Data dalam Penelitian Kesehatan (Plus Aplikasi Software SPSS). Yogyakarta: Penerbit Mitra Cendikia Press; 2009.
 64. Santjaka, Aris. Statistik untuk Penelitian Kesehatan (Deskriptif, Inferensial, Parametrik, dan Non Parametrik). Yogyakarta: Penerbit Nuha Medika; 2011.
 65. Yasril, Kasjono. Analisis Multivariat Untuk Penelitian Kesehatan. Yogyakarta: Penerbit Mitra Cendikia Press; 2009.