



UNIVERSITAS INDONESIA

**KORELASI PAJANAN ASAP PENGELASAN TERHADAP
KAPASITAS VITAL PAKSA PADA PENGELAS**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister kedokteran kerja

**TITIS MARIYAMAH
0906576006**

**FAKULTAS KEDOKTERAN
PROGRAM STUDI MAGISTER KEDOKTERAN KERJA
JAKARTA
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Titis Mariyamah, dr

NPM : 0906576006

Tanda Tangan :




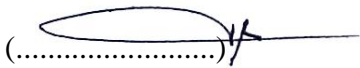



Tanggal : 14 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Titis Mariyamah, dr
NPM : 0906576006
Program Studi : Magister Kedokteran Kerja
Judul Skripsi : Korelasi Paparan Asap Pengelasan terhadap Kapasitas Vital Paksa pada Pengelas

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Kedokteran Kerja pada Program Studi Magister Kedokteran Kerja, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. dr. Bastaman Basuki, MPH, SpKP (.....)
Pembimbing II : Dr. dr. Fikri Effendi, MOH, SpOk (.....)
Penguji : Dr. dr. Dewi S Soemarmo, MS SpOk (.....)
Penguji : dr. Flora Eka Sari, SpP (.....)
KPS : Dr. dr. Dewi S Soemarmo, MS SpOk (.....)

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 14 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Korelasi pajanan asap pengelasan terhadap kapasitas vital paksa pada pengelas”. Penelitian ini dibuat dalam rangka memenuhi tugas penyusunan penelitian pada Program Pendidikan Magister Kedokteran Kerja Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa penelitian ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangat sulit bagi saya untuk menyelesaikan penelitian ini. Saya ucapkan banya terimakasih kepada:

1. Prof. dr. Bastaman Basuki, MPH, SpKP dan DR. dr. Fikry Effendi, MOH, SpOk selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing saya dalam penyusunan penelitian ini.
2. Pihak manajemen perusahaan yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melakukan penelitian ini.
3. Dosen-dosen kami dan seluruh pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Orangtua (H.Suryadi Yatno dan Hj.Ida Hamidah), suami (Satya Handayana), anak-anak (lino dan eleno) dan keluarga saya yang amat saya cintai yang telah memberikan dukungan baik material dan moral.
5. Teman-teman kuliah dan tim peneliti yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

Akhir kata saya ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan penelitian ini

Jakarta, Juli 2012

Penulis

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

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

Nama : Titis Mariyamah, dr
NPM : 0906576006
Program Studi : Magister Kedokteran Kerja
Departemen : Ilmu Kedokteran Komunitas
Fakultas : Fakultas Kedokteran
Jenis karya : Tesis

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

Korelasi Paparan Asap Pengelasan terhadap Kapasitas Vital Paksa pada Pengelas

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : Juli 2012
Yang menyatakan:

(Titis Mariyamah, dr.)

ABSTRAK

Nama : Titis Mariyamah, dr.
Program Studi : Magister Kedokteran Kerja
Judul : Korelasi Paparan Asap Pengelasan terhadap Kapasitas Vital Paksa pada Pengelas

Latar belakang: Asap pengelasan dapat menyebabkan gangguan fungsi paru dengan risiko terjadinya penurunan fungsi paru pada pekerja, khususnya penurunan kapasitas vital paksa (KVP). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi beberapa faktor yang dapat berhubungan dengan penurunan KVP pada pengelas. **Metode:** Studi ini menggunakan desain potong lintang pada subjek pengelas di pabrik *automobile* sekitar Jakarta tahun 2012. Responden penelitian ini dipilih secara purposif. Pemeriksaan kapasitas vital paksa dilakukan dengan menggunakan spirometri. Data paparan asap didapatkan dari data yang dimiliki perusahaan. Data demografi dan pekerjaan diperoleh dengan wawancara. **Hasil:** Jumlah responden 124 dari 150 calon responden, rentang umur 19-55 tahun dan telah bekerja antara 1-16 tahun. Data paparan asap pada area pengelasan adalah 15 mg/m^3 . Paparan asap pengelasan cenderung menurunkan kapasitas vital paksa [koefisien regresi (r) = -0,004, 95% interval kepercayaan (CI) = -0,01;-0,00] dan makin tinggi tinggi badan KVP cenderung meningkat (r = 0,35; 95% CI = 0,02;0,05). **Kesimpulan:** Paparan asap pengelasan cenderung menurunkan kapasitas vital paksa, sebaliknya semakin tinggi tinggi badan KVP cenderung meningkat.

Kata kunci:

Paparan asap pengelasan, tinggi badan, kapasitas vital paksa

ABSTRACT

Name : Titis Mariyamah, dr.
Study Program : Postgraduate of Occupational Medicine
Title : The Correlation between Welding Fume Exposures with
Forced Vital Capacity of the Welders.

Background: Welding fumes had proven caused of many health disorders to exposed workers, especially welders. One of the health disorders is the decreasing of forced vital capacity (FVC) and the decreasing of respiratory function. The aim of this study was to identify several factors related to the decreasing FVC. **Methods:** The subject of this cross-sectional study consisted of welders in an automobile manufacture outskirts of Jakarta in 2012. We are using purposive sampling selection. The assessment of FVC was using spirometry. Exposure fumes value of the workplace based on the assessment of the factory. Demographic and employment data was selected from interview. **Results:** The number is 124 out of 150 welders which aged between 19-55 years whose had 1-16 years worked. Exposure fumes value was 15 mg/m^3 in the factory. The welding fumes exposure decreases forced vital capacity [regression coefficient (r) = -0.004; 95% confidence interval (CI) = -0.01;-0.00]. On the other site, those who had more height had higher FVC (r = 0.035; 95% (CI) = 0.02; 0.05). **Conclusions:** Welding fumes exposure was decreasing the FVC, but those who had more taller height had higher FVC among welders.

Key words:

Welding fume exposure rate, height, forced vital capacity

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1.PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.3.1. Tujuan Umum	2
1.3.2. Tujuan Khusus Utama.....	2
1.3.3. Tujuan Khusus Lain	2
1.4. Hipotesis	2
1.4.1. Hipotesis Utama	2
1.4.2. Hipotesis Lain	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.5.1. Manfaat Bagi Pekerja.....	3
1.5.2. Manfaat Bagi Perusahaan	3
1.5.3. Manfaat Bagi Perkembangan Ilmu Pengetahuan.....	3
1.5.4. Manfaat Bagi Peneliti	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Mengelas.....	4
2.1.1. Definisi	4
2.1.2. Macam Proses Pengelasan	4
2.1.3. Bahaya Pajanan Pengelasan	5
2.1.4. Kandungan Logam pada Proses Pengelasan dan efeknya.....	6
2.2. Hubungan Asap Pengelasan terhadap Saluran Pernapasan	7
2.2.1. Patofisiologi	6
2.3. Pernapasan	8
2.3.1. Mekanisme Dasar Pengembangan dan Pengempisan Paru.....	9
2.3.1.1.Ventilasi Paru	9
2.3.1.2.Daya Kembang Paru-Paru.....	10
2.3.1.3.Volume Paru	10

2.4. Kapasitas Paru.....	10
2.4.1. Volume Dinamis Paru-Paru	11
2.4.2. Maknsa dari Volume dan Kapasitas Paru-Paru.....	11
2.5. Uji Fungsi Paru dengan Spirometri.....	12
2.5.1. Dasar Pemeriksaan Fungsi Paru.....	13
2.5.2. Interpretasi dari Spirometri	13
2.6. Patofisiologi Gangguan Fungsi Paru Restriktif	14
2.7. Faktor-Faktor Risiko yang Berhubungan dengan Kapasitas Vital Paru ...	15
2.7.1. Umur dengan Kapasitas Vital Paksa Paru.....	15
2.7.2. Lama Merokok dengan Kapasitas Vital Paksa Paru	15
2.7.3. Tinggi Badan dengan Kapasitas Vital Paksa Paru	15
2.7.4. Riwayat Penyakit Saluran Pernapasan dengan Kapasitas Vital Paksa Paru.....	15
2.7.5. Masa Kerja dengan Kapasitas Vital Paksa Paru	15
2.8. Penelitian-Penelitian yang Berkaitan dengan Penurunan Fungsi Paru pada Pengelas	17
2.9. Profil Perusahaan	17
2.9.1. PT X	17
2.9.2. Uraian Alur Produksi	18
2.9.3. Alur Produksi	19
2.10. Angka Paparan Partikel Tahunan	19
2.11. Kerangka Teori.....	21
2.12. Kerangka Konsep	22
3. METODE	23
3.1. Desain Penelitian	23
3.2. Populasi dan Sampel	23
3.2.1. Populasi.....	23
3.2.2. Sampel.....	23
3.2.3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	24
3.3. Pengambilan Data	24
3.3.1. Cara Pengambilan Subjek	24
3.3.2. Tahapan Penelitian	24
3.4. Instrumen Pengumpulan Data	26
3.4.1. Pengisian Formulir A	26
3.4.2. Pengisian Formulir B	26
3.4.3. Analisis Data	26
3.4.4. Cara Penyajian Data	26
3.5. Variabel Penelitian dan Batasan Operasional	27
3.5.1. Variabel Terikat	27
3.5.2. Karakteristik Sosiodemografi	27
3.6. Etika Penelitian	29
3.7. Alur Penelitian	30

4. HASIL	31
4.1 Pajanan Asap Pengelasan PT X dengan Penghitungan Semikuantitatif (<i>Exposures Rate</i> Tahunan).....	31
4.2 Karakteristik Demografis	32
4.3 Analisis Bivariat.....	33
4.4 Saling Keterkaitan Nilai Kapasitas Vital Paksa dengan Faktor Lainnya yang Bermakna.....	34
5. DISKUSI	36
5.1 Keterbatasan	36
5.2 Keunggulan.....	37
5.3 Penerapan.....	37
5.4 Pembahasan	38
5.5 Faktor-Faktor Lain yang Berkorelasi dengan Nilai Kapasitas Vital Paksa pada Pengelas	38
6. KESIMPULAN DAN SARAN	40
6.1. Kesimpulan	40
6.2. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Indeks Paparan Tahunan Asap Pengelasan.....	28
Tabel 4.1	Karakteristik demografis dan Faktor Risiko Penurunan Nilai Kapasitas Vital Paksa.....	33
Tabel 4.2	Koefisien korelasi antara Nilai KVP dan Faktor-Faktor Lainnya....	33
Tabel 4.3	Hasil uji regresi antara Nilai KVP dengan Faktor-Faktor Lainnya...34	
Tabel 4.4	Saling Keterkaitan Nilai Penurunan KVP dan Faktor yang Bermakna.....	34
Tabel 5.1	Perbandingan Hasil Penelitian Ini dengan Penelitian Lain yang Serupa terhadap Faktor Total Paparan Asap.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem respirasi manusia	8
Gambar 2.2 Kurva spirometri.....	13
Gambar 2.3 Alur produksi Proses Pembuatan Knalpot PT X.....	19
Gambar 2.4 Kerangka teori.....	21
Gambar 2.5 Kerangka konsep.....	22
Gambar 3.1 Alur penelitian.....	30
Gambar 4.1 KVP dan Total Paparan Asap.....	35

DAFTAR SINGKATAN

- **APD** : alat pelindung diri
- **ATS** : *American thoracic society*
- **BB** : berat badan
- **ER** : *exposure rate*
- **FEV1** : *forced expired volume in one second*
- **FRC** : *functional residual capacity*
- **KVP** : *forced vital capacity*
- **NIOSH** : *national institute of occupational safety and health*
- **PPIC** : *Production Planning and Inventory Control*
- **SNI** : standar nasional Indonesia
- **TB** : tinggi badan
- **V max** : *volume maximum*

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Penjelasan Penelitian.....	44
Lampiran 2	Lembar Persetujuan	45
Lampiran 3	Kuesioner	46
Lampiran 4	Rencana Jadwal dan Biaya Penelitian	47
Lampiran 5	Uji statistik dengan STATA.....	48

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri otomotif terus bertambah, hal ini dapat dilihat dari jumlah pertumbuhan kendaraan bermotor setiap tahunnya di Indonesia. Pertumbuhan industri otomotif tidak lepas dari meningkatnya kebutuhan kendaraan bermotor. Hal ini terbukti dari data Kementerian Perindustrian, bahwa penjualan kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 890.000 unit per tahun dan dapat meningkat lagi menjadi 2 juta unit dalam 2 tahun kedepan [1]. Dengan meningkatnya industri otomotif maka meningkat juga industri suku cadang otomotif sebagai komponen penting. Suku cadang otomotif ini biasa terdiri dari bahan logam, plastik, bahan kaca dan sebagainya. Dari bahan logam dirakitlah komponen mesin, knalpot, piringan rem cakram, komponen rangka mobil. Untuk menggabungkan bahan logam dilakukan teknik mengelas. Mengelas merupakan proses penggabungan kedua material logam baik menggunakan *filler* atau tidak. Dalam mengelas, seorang pekerja akan terpapar dengan uap logam akibat proses pembakaran. Hal tersebut menimbulkan gangguan kesehatan berupa: gangguan pernafasan, *Pesch et al., (2000)*[2]. Asap pengelasan akan mencapai alveolar dan menimbulkan gangguan pernapasan dan gangguan fungsional, yaitu terjadinya gangguan pengembangan paru (restriksi paru).

Beberapa studi telah menunjukkan adanya penurunan fungsi pada pekerja pengelas. *Erhobar et al (2001)* melaporkan bahwa pekerja dibagian las mengalami penurunan fungsi paru. *Chinn et al*, menemukan efek ireversibel pada pekerja pengelasan dengan hasil volume ekspirasi paksa dalam satu detik (FEV1) dan kapasitas paru (FVC) dalam 7 tahun *follow-up* pada pekerja las. Penelitian tersebut juga membuktikan adanya hubungan antara lama merokok dan pekerjaan pengelasan dapat mempengaruhi perubahan fungsi paru. *Pourtaghi et al (2009)* melaporkan angka prevalensi penurunan kapasitas vital paksa paksa pada pekerja las sebanyak 31.9% di Iran.[2],[3]

Melihat efek pengelas pada paru, maka diperlukan suatu pemeriksaan penunjang untuk melihat efek tersebut pada paru. Hal ini perlu dilihat apakah

adanya korelasi dari paparan asap pengelasan terhadap kapasitas vital paksa paru (KVP) tersebut dengan pemeriksaan spirometri.

1.2 Rumusan masalah

Paparan yang sering dialami pengelas adalah asap pengelasan. Asap pengelasan dapat menyebabkan penurunan KVP (restriksi). Selain faktor asap pengelasan, penurunan KVP pengelas dipengaruhi oleh beberapa faktor lain diantaranya adalah lama kerja, umur, tinggi badan, dan lama merokok, yang akan mempengaruhi produktivitas kerja. Seberapa besar faktor-faktor itu berpengaruh terhadap KVP pekerja perlu lebih diteliti lebih lanjut. Penelitian tentang korelasi terhadap KVP pengelas di Indonesia masih belum banyak dilakukan.

1.3 Tujuan penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Dibuktikannya korelasi pajanan asap pengelasan dan beberapa faktor risiko yang lain terhadap KVP pada pengelas.

1.3.2 Tujuan khusus utama

Dibuktikannya korelasi total pajanan asap pengelasan terhadap KVP pada pengelas.

1.3.3 Tujuan khusus lain:

1. Dibuktikannya korelasi tinggi badan terhadap KVP pada pengelas.
2. Dibuktikannya korelasi lama merokok terhadap KVP pada pengelas.
3. Dibuktikannya korelasi umur terhadap KVP pada pengelas.

1.4 Hipotesis

1.4.1 Hipotesis utama:

Semakin tinggi tingkat total pajanan asap pengelasan, kapasitas vital paksa semakin menurun pada pengelas.

1.4.2 Hipotesis lain:

1. Semakin rendah tinggi badan, KVP semakin menurun pada pengelas.
2. Semakin tinggi lama merokok, KVP semakin menurun pada pengelas.
3. Semakin bertambahnya umur, KVP semakin menurun pada pengelas.

1.5 Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi unsur-unsur terkait, antara lain sebagai berikut:

1.5.1 Bagi pekerja

Pekerja dapat mengetahui bahaya paparan asap pengelasan terhadap kapasitas vital paksa paru.

1.5.2 Bagi perusahaan

Didapatkannya data yang diperlukan untuk menjadi dasar dalam pembuatan program kerja pengendalian zat yang berbahaya bagi kesehatan di tempat kerja, khususnya asap pengelasan serta dapat menjadi dasar pengadaan alat pelindung diri yang lebih sesuai untuk pekerja.

1.5.3 Bagi perkembangan ilmu pengetahuan

Didapatkannya data yang penting sehingga dapat menjadi bahan acuan dalam proses pembelajaran dan dapat menjadi bahan masukan untuk penelitian lebih lanjut.

1.5.4 Bagi peneliti

Penelitian ini merupakan salah satu aplikasi ilmu yang didapat dalam kehidupan sehari-hari dan menambah wawasan keilmuannya serta terampil melakukan penelitian.

BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Mengelas

2.1.1 Definisi *Welding*/ mengelas

Lingkungan kerja sangat berpengaruh terhadap beberapa faktor risiko yang dapat berdampak langsung dengan kesehatan, khususnya kesehatan tenaga kerja. Salah satu faktor risiko yang sering dijumpai adalah faktor fisik. Pada proses pengelasan divisi *welding*, faktor fisik yang lebih sering ditemukan adalah asap/*fume*. *Fume* adalah partikel padat yang terbentuk dari proses evaporasi atau kondensasi. Pemanasan berbagai logam dapat menghasilkan uap logam yang kemudian berkondensasi menjadi partikel-partikel *metal fume*. *Fume* sering ditemukan pada proses pengelasan.

Mengelas merupakan proses penggabungan kedua material logam baik menggunakan filler atau tidak. *Welding* adalah suatu proses dimana logam atau bahan *thermoplastic* digabungkan dengan menggunakan panas atau tekanan, maupun keduanya dengan atau tanpa menggunakan logam penyambung. *American Welding Society* mendefinisikan *welding* sebagai penyambungan logam dimana peleburan dihasilkan oleh pemanasan dengan temperatur tertentu dengan atau tanpa menggunakan logam penyambung. Proses *welding* termasuk didalamnya adalah proses penyambungan material dengan menggunakan panas, tekanan atau keduanya, serta termasuk pula proses sejenis, seperti proses *cutting*, *brazing* dan *soldering*. [3][17]

2.1.2 Macam-macam proses pengelasan

Berdasarkan teknik dan bahan dalam mengelas maka mengelas dibagi menjadi:

a. Pengelasan dengan solder

Penyolderan komponen elektronik biasanya dilakukan dengan solder besi dimana sebuah suhu rendah leleh [leleh antara 90 sampai 450°C (190-840° F)] arus solder ke dalam batang solder dipanaskan oleh kapiler. Bahaya tidak hanya ditimbulkan oleh solder tetapi juga oleh peralatan, fluks, pelapis, dan bahan pembersih. Bahaya umum termasuk kontak dengan permukaan panas

atau bahan pembersih korosif, inhalasi uap logam yang menimbulkan iritasi mata dari bahan menguap, dan uap timah yang menyebabkan tangan terkontaminasi.

b. Proses pengelasan dengan sumber api terbuka

Ini termasuk menyolder, mematri, pengelasan, pemotongan dan proses lainnya yang menggunakan bara untuk memanaskan bahan bersama dan *filler*. Bahaya umum termasuk kontak dengan permukaan panas, menghirup logam dan asap fluks dan gas beracun, radiasi inframerah terlihat kuat dari logam yang dipanaskan dan api, api karena kontak disengaja logam cair memercikkan api atau dengan bahan mudah terbakar, dan bahaya lain melekat pada silinder yang diberi gas.

c. Pengelasan dengan batang logam

Ini menggunakan batang logam, gas tungsten inert, gas metal inert, orbit, busur rendam, pemotongan busur, dan proses pengelasan lain yang serupa yang menggunakan arus listrik yang dikendalikan (busur) antara elektroda dan sepotong bahan untuk menyediakan panas untuk melelehkan logam dasar dan filler. Bahaya umum termasuk kontak dengan permukaan panas, menghirup asap logam dan fluks atau produk pembakaran; ultraviolet dan radiasi inframerah dari busur; gas pembakaran yang dihasilkan oleh reaksi batang logam dengan udara atau gas perisai; kebakaran atau terbakar disebabkan oleh memercikkan cairan logam, terak, atau percikan api, dan sengatan listrik.

2.1.3 Bahaya pajanan pengelasan

Bahaya pajanan yang dihadapi pekerja pengelas antara lain:

- a. *Fume* adalah partikel udara padat yang dibentuk oleh kondensasi uap. *Fume* las terbentuk dari penguapan logam cair. *Fume* atau asap pengelasan disebut juga debu metal, karena mengandung logam berupa *cadmuim*, *arsen*, *alluminium*, *chrom*, *mangan* dan sebagainya. Debu tersebut dapat menyebabkan keracunan lokal. Debu metal dapat menyebabkan fibrosis karena sifatnya yang tidak larut dapat masuk kedalam saluran pernafasan bersama-sama dengan udara yang terhirup lalu diendapkan dalam paru-paru dan diselimuti oleh jaringan yang mengeras. Debu metal ini juga bersifat *inert* dan bersifat *alergen*, yang dapat mengganggu kenyamanan pekerja. Sehingga

dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan bagian atas. Efek kesehatan lain yang merugikan dari paparan tersebut dapat mencakup keracunan sistemik, *metal fume fever*, pneumosiderosis, dan iritasi pada saluran pernapasan.

- b. Pengelasan dapat menyebabkan paparan gas yang diciptakan oleh proses pengelasan, dan produk dekomposisi fluks yang digunakan dalam pengelasan atau mematri.
- c. Pengelasan dapat menghasilkan bunga api yang menimbulkan risiko luka bakar.
- d. Fluks umumnya digunakan dalam mematri dan solder. Tergantung pada komposisi kimia dari fluks, memiliki risiko bahaya seperti iritasi kulit atau luka bakar akibat fluks tersebut.

2.1.4 Kandungan logam pada proses pengelasan dan efeknya

Melihat banyak pajanan maka dapat dikelompokkan bahaya pajanan tersebut antara lain[3].:

- a. Asap logam (*metal fume*)
 - Feri oksida : Pneumosiderosis
 - Mangan : *Neurotoxicity*, pneumonia, *metal fume fever*
 - Kadmium oksida : *acute lung injury*
 - Zinc oksida : *Metal fume fever*
 - Kromium : kanker paru, alergi
 - Nikel : kanker paru, alergi
 - Fluor : iritasi kulit dan saluran pernafasan
- b. Gas
 - Ozone : iritasi saluran pernafasan, asma
 - Nitrogen oksida : *acute lung injury*
 - Karbon monoksida: keracunan sistemik (karboksihemoglobin)
- c. Radiasi
 - Ultraviolet : Fotokeratitis, eritema pada kulit
 - Infra merah : luka bakar, katarak
- d. Kebisingan : *noise induce hearing loss*
- e. Ergonomik : kelelahan otot.

2.2 Hubungan asap pengelasan terhadap patofisiologi saluran pernafasan

Pengelas memiliki pajanan tinggi terpapar asap las. Banyaknya jumlah pajanan yang diterima tergantung apakah pengelasan itu terjadi di kapal, ruang terbatas (*confined space*), atau ruang terbuka. Komposisi asap las tergantung pada logam yang dilas dan proses pengelasan terlibat. Pengendapan partikel terhirup dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia dari agen inhalasi dan juga oleh faktor individu. Sifat fisik sangat penting termasuk ukuran partikel dan kepadatan, bentuk dan penetrasi, luas permukaan, muatan elektrostatis, dan higroskopisitas. Di antara sifat kimia lebih penting yang mempengaruhi respon saluran pernapasan adalah keasaman atau kebasaan dari agen inhalasi. Selain itu, *Campbell dan Schonell*, (1984) melaporkan bahwa, pada penyakit paru kerja, partikel terhirup menghasilkan berbagai reaksi pada saluran pernafasan yang tergantung pada sifat dari materi dihirup; ukuran, bentuk dan konsentrasi partikel, derajat dan lamanya paparan, situs reaksi dan kerentanan pekerja individu.

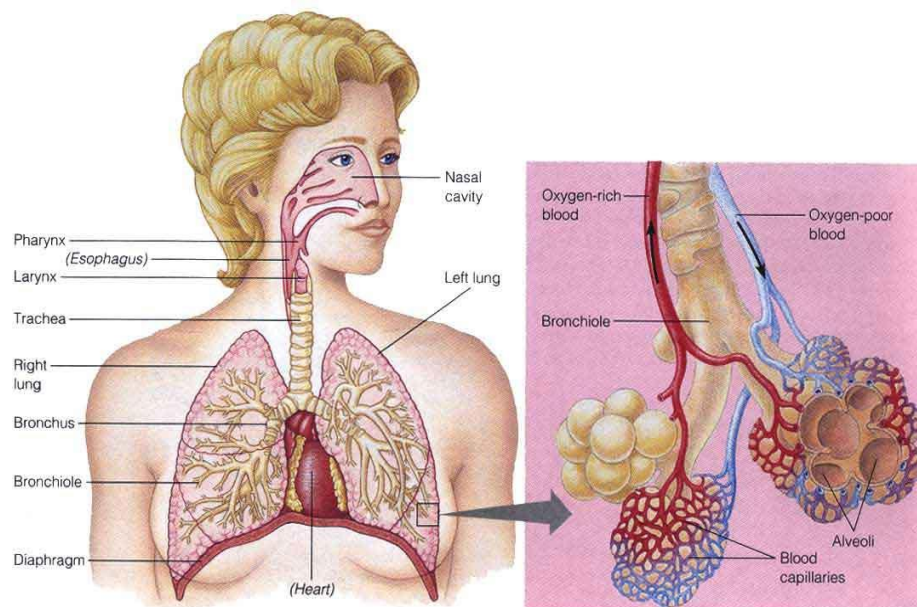
Pengendapan bahan inhalasi terutama tergantung pada ukuran partikel zat padat dan lebih baik dijelaskan dalam bentuk diameter aerodinamis. Semua partikel dengan diameter aerodinamik lebih dari 10 mm didepositkan pada selaput lendir di hidung dan faring. Karena pengaruh momentum, mereka tidak mengikuti aliran udara ke dalam paru-paru dan mereka terdeposit pada area dekat amandel dan di belakang faring. Partikel antara 3 dan 10 mm diameter dapat terdeposit seluruh trakeobronkial, di mana mereka memulai refleksi konstriksi bronkus dan batuk. Partikel antara 0,1 dan 3 mm diameter sebagian besar disimpan dalam alveoli. Partikel lebih kecil dari 0,1 mm tetap dalam aliran udara dan dihembuskan. Namun, partikel masuk melalui saluran pernapasan masuk ke dalam paru-paru dan dapat menyebabkan penyakit. Dalam proses pengelasan logam asap terbentuk ketika menguap di udara mengembun logam sebagai partikel oksida logam ukuran terhirup. Logam oksida asam adalah komponen penting dari las karena ukurannya, cukup kecil untuk deposit di bronkiolus terminal dan alveoli. Semua proses pengelasan melibatkan potensi bahaya untuk eksposur inhalasi yang dapat menyebabkan infeksi saluran pernapasan akut atau kronis. [16][18]

2.3 Pernapasan

Fungsi utama paru-paru yaitu untuk ventilasi yaitu pertukaran gas dalam darah dan atmosfer. Bertujuan untuk mengantarkan oksigen pada setiap jaringan tubuh dan mengeluarkan karbondioksida yang berasal dari dalam tubuh. Kebutuhan oksigen dan karbondioksida terus berubah sesuai dengan tingkat aktivitas dan metabolisme seseorang, tapi pernapasan harus tetap dapat memelihara kandungan oksigen dan karbondioksida tersebut.

Mekanisme dasar untuk melaksanakan fungsi pernapasan adalah:

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



Gambar : Sistem respirasi pada manusia (kiri) dan struktur alveolus (kanan). (Sumber : Campbell et al. 1999).

Gambar 2.1. Sistem Respirasi Manusia

2.3.1 Mekanisme dasar pengembangan dan pengempisan paru

Paru-paru, baik pada saat ekspirasi maupun inspirasi, dapat dikembangkan dan dikonstraksikan dengan dua cara, yaitu dengan gerakan turun dan naik dari diafragma untuk memperbesar atau memperkecil diafragma dan depresi dan elevasi *costae* untuk meningkatkan dan menurunkan diameter anteroposterior dari rongga dada. Pada pernapasan normal dan tenang biasanya hanya memakai gerakan dari diafragma. Selama inspirasi, kontraksi dari diafragma akan menarik permukaan bawah paru ke bawah. Kemudian selama ekspirasi, diafragma akan relaksasi dan sifat elastic daya lenting paru, dinding dada dan perut akan menekan paru-paru. Selama bernapas hebat, bagaimanapun tenaga elastik tidak cukup untuk menyebabkan ekspirasi cepat yang diperlukan, sehingga perlu kontraksi otot perut, yang mendorong isi perut ke atas mendorong dasar dari diafragma. Mekanisme kedua untuk mengembangkan paru adalah dengan mengangkat rangka iga. Pengembangan paru ini karena pada posisi istirahat, iga miring ke bawah ke arah kolumna spinalis. Tetapi bila rangka iga ditinggikan, tulang iga dan sternum secara langsung maju menjauhi spinal, membentuk jarak anteroposterior dada \pm 20% lebih besar selama inspirasi maksimal daripada ekspirasi. Oleh karena itu otot-otot yang meninggikan iga dapat diklasifikasikan sebagai otot inspirasi dan otot yang menurunkan iga sebagai otot ekspirasi. Otot yang paling penting untuk mengangkat iga adalah M. Intercostalis eksterna.[18]

2.3.1.1 Ventilasi paru

Ventilasi merupakan suatu proses pemindahan udara inspirasi ke dalam alveolar.

Ventilasi paru tersebut dipengaruhi oleh:

1. Volume paru
2. Resistensi terhadap aliran yang terjadi di dalam saluran nafas
3. Sifat elastik atau daya kembang paru dan dinding dada

Pada saat beraktivitas, ventilasi meningkat pula sesuai dengan beratnya aktivitas tersebut. Volume paru normal sangat dipengaruhi oleh ukuran sistem pernapasan dan usia. Volume paru pria juga lebih besar daripada wanita. Pada saat gerak badan, ambilan oksigen dapat mencapai 4 – 6 liter per menit dan volume

udara inspirasi per menit dapat meningkat sampai dua puluh kali lipat. Keadaan ini dicapai dengan peningkatan volume tidal dan frekuensi pernapasan .

2.3.1.2 Daya kembang paru-paru (*Compliance*)

Compliance atau daya kembang paru adalah perubahan volume per liter yang disebabkan oleh tiap perubahan satu unit cmHg. Daya kembang paru juga tergantung pada ukuran paru. Jadi daya kembang bayi lebih kecil daripada orang dewasa, dan daya kembang orang yang berbadan kecil juga berbeda dengan daya kembang orang yang berbadan besar.

2.3.1.3 Volume paru

Berdasarkan gambar di atas, volume paru terbagi menjadi 4 bagian, yaitu:

1. *Volume Tidal* adalah volume udara yang diinspirasi atau diekspirasi pada setiap kali pernapasan normal. Besarnya ± 500 ml pada rata-rata orang dewasa.
2. *Volume Cadangan Inspirasi* adalah volume udara ekstra yang diinspirasi setelah volume tidal, dan biasanya mencapai ± 3000 ml.
3. *Volume Cadangan Eskpirasi* adalah jumlah udara yang masih dapat dikeluarkan dengan ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi normal, pada keadaan normal besarnya ± 1100 ml.
4. *Volume Residu*, yaitu volume udara yang masih tetap berada dalam paru-paru setelah ekspirasi kuat. Besarnya ± 1200 ml .

2.4 Kapasitas paru

Kapasitas paru merupakan gabungan dari beberapa volume paru dan dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. Kapasitas Inspirasi, sama dengan volume tidal + volume cadangan inspirasi. Besarnya ± 3500 ml, dan merupakan jumlah udara yang dapat dihirup seseorang mulai pada tingkat ekspirasi normal dan mengembangkan paru sampai jumlah maksimum.
2. Kapasitas residu fungsional, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume residu. Besarnya ± 2300 ml, dan merupakan besarnya udara yang tersisa dalam paru pada akhir eskpirasi normal.

3. Kapasitas vital paksa, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume tidal + volume cadangan ekspirasi. Besarnya ± 4600 ml, dan merupakan jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimal dan kemudian mengeluarkannya sebanyak-banyaknya.
4. Kapasitas Paru Total, sama dengan kapasitas vital paksa + volume residu. Besarnya ± 5800 ml, adalah volume maksimal dimana paru dikembangkan sebesar mungkin dengan inspirasi paksa. Volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita $\pm 20 - 25\%$ lebih kecil daripada pria, dan lebih besar pada atlet dan orang yang bertubuh besar daripada orang yang bertubuh kecil.[18]

2.4.1 Volume dinamis paru-paru

Parameter untuk menentukan fungsi paru yaitu dengan menguji volume dinamis paru, FVC dan FEV1.

1. *FVC (Forced Vital Capacity)* yaitu volume udara maksimum yang dapat dihembuskan secara paksa, yang dapat kita ketahui kapasitas vital paksa paksa dari penderita. Umumnya dicapai dalam 3 detik dan nilai normalnya adalah 4 liter.
2. *FEV1 (Forced Expired Volume in one second)* yaitu volume udara yang dapat dihembuskan paksa pada satu detik pertama. Nilai normalnya adalah 3,2 liter.

Orang sehat dapat menghembuskan 75-80% atau lebih FVC-nya dalam satu detik \rightarrow rasio $FEV1/FVC = 75-80\%$.

2.4.2 Makna dari volume dan kapasitas paru

Pada orang normal volume udara dalam paru bergantung pada bentuk dan ukuran tubuh. Posisi tubuh juga mempengaruhi volume dan kapasitas paru, biasanya menurun bila berbaring, dan meningkat bila berdiri. Perubahan pada posisi ini disebabkan oleh dua faktor, yaitu kecenderungan isi abdomen menekan ke atas melawan diafragma pada posisi berbaring dan peningkatan volume darah paru pada posisi berbaring, yang berhubungan dengan pengecilan ruang yang tersedia untuk udara dalam paru. Faktor utama yang mempengaruhi kapasitas vital paksa adalah bentuk anatomi tubuh, posisi selama pengukuran kapasitas vital paksa, kekuatan otot pernapasan dan pengembangan paru dan rangka dada (*Compliance* paru). Penurunan kapasitas paru dapat disebabkan oleh kelumpuhan

otot pernapasan, misalnya pada penyakit poliomyelitis atau cedera saraf spinal, berkurangnya *compliance* paru, misalnya pada penderita asma kronik, tuberkulosa, bronkhitis kronik, kanker paru dan pleuritis fibrosa dan pada penderita penyakit bendungan paru, misalnya pada payah jantung kiri.

2.5 Uji fungsi paru dengan spirometri

Spirometri adalah pemeriksaan yang dilakukan untuk mengukur secara obyektif kapasitas/fungsi paru (ventilasi) pada pasien dengan indikasi medis. Alat yang digunakan disebut spirometer.

Tujuan dilakukannya spirometri adalah :

- Untuk mengukur volume paru secara statis dan dinamik
- Untuk menilai perubahan atau gangguan pada faal paru

Prinsip spirometri adalah mengukur kecepatan perubahan volume udara di paru-paru selama pernafasan yang dipaksakan atau disebut *forced volume capacity* (FVC). Prosedur yang paling umum digunakan adalah subyek menarik nafas secara maksimal dan menghembuskannya secepat dan selengkap mungkin. Nilai FVC dibandingkan terhadap nilai normal dan nilai prediksi berdasarkan usia, tinggi badan dan jenis kelamin.

Bentuk spirogram adalah hasil dari spirometri. Beberapa hal yang menyebabkan spirogram tidak memenuhi syarat :

1. Terburu-buru atau penarikan nafas yang salah
2. Batuk
3. Terminasi lebih awal
4. Tertutupnya glotis
5. Ekspirasi yang bervariasi
6. Kebocoran

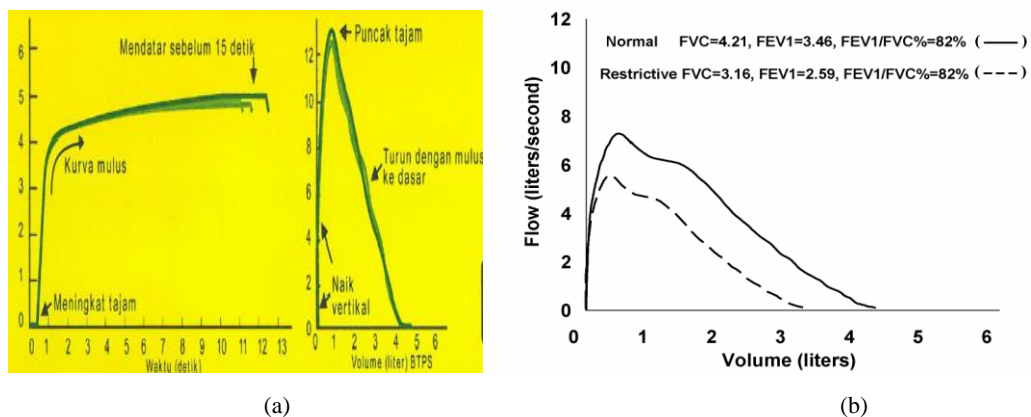
Setiap pengukuran sebaiknya dilakukan minimal 3 kali. Kriteria hasil spirogram yang reproduibel (setelah 3 kali ekspirasi) adalah dua nilai FVC dan FEV1 dari 3 ekspirasi yang dilakukan menunjukkan variasi/perbedaan yang minimal (perbedaan kurang dari 5% atau 100 mL).

2.5.1 Dasar pemeriksaan fungsi paru

1. *Obstructive Lung Disease* = tidak dapat menghembuskan udara (*unable to get air out*). $FEV_1/FVC < 75\%$. Semakin rendah rasionya, semakin parah obstruksinya.
2. *Restrictive Lung Disease* = tidak dapat menarik napas (*unable to get air in*). FVC rendah; FEV_1/FVC normal atau meningkat

2.5.2 Interpretasi dari spirometri

1. Obstruktif yaitu dimana jalan nafas yang menyempit akan mengurangi volume udara yang dapat dihembuskan pada satu detik pertama ekspirasi. Amati bahwa FVC hanya dapat dicapai setelah ekshalasi yang panjang. Rasio FEV_1/FVC berkurang secara nyata. Ekspirasi diperlama dengan peningkatan perlahan pada kurva, dan *plateau* tidak tercapai sampai waktu 15 detik.
2. Restriktif yaitu dimana didapatkan kondisi FEV_1 dan FVC menurun. Karena jalan nafas tetap terbuka, ekspirasi bisa cepat dan selesai dalam waktu 2-3 detik. Rasio FEV_1/FVC tetap normal atau meningkat, tetapi volume udara yang terhirup dan terhembus lebih kecil dibandingkan normal.
3. Campuran. Ekspirasi diperlama dengan peningkatan kurva perlahan mencapai *plateau*. Kapasitas vital paksa berkurang signifikan dibandingkan gangguan obstruktif. Pola campuran ini, jika tidak terlalu parah, sulit dibedakan dengan pola obstruktif.



Gambar 2.2. Kurva Spirometri (a) Spirogram Normal, (b) Spirogram Restriksi.

Sumber: NIOSH

2.6 Patofisiologi gangguan fungsi paru restriktif

Restriksi adalah penurunan kemampuan pengembangan paru, sehingga hilangnya secara fungsional dan anatomi pertukaran udara dalam paru. Secara anatomi, penurunan pengembangan paru biasa terjadi setelah tindakan reseksi (membuang) atau proses pemindahan tumor dari jaringan paru. Atelektasis juga dapat menyebabkan gangguan pengembangan paru. Secara fungsional, gangguan pengembangan paru terjadi apabila cairan plasma menyebar ke dalam alveoli, contohnya adalah pada udem paru atau pada proses inflamasi (meningkatnya permeabilitas vascular, contohnya pada pneumonia). Pada penyakit paru fibrosis terbentuknya jaringan ikat yang mempengaruhi di dalam parenkim paru (menurun pada area difusi), infiltrasi antara kapiler dan alveoli (meningkat dalam jarak), dan mencegah ekspansi paru (adanya kegagalan pertukaran udara dalam alveolar). Fibrosis paru dapat terjadi karena adanya reaksi inflamasi melawan jaringan ikat (penyakit kolagen/*collagen disease*) atau adanya proses inhalasi debu yang mengandung logam atau silika atau asbestos. Terkadang juga bersifat idiopatik (tidak diketahui) fibrosis (*Hamman-Rich syndrome*). Kerusakan lokal dan sistemik dari gangguan pengembangan paru juga terjadi pada *thoracic deformities*, *diaphragm paralysis*, atau adhesi lapisan kedua pleura (sebagai hasil inflamasi (*pleural fibrosis*)).

Gangguan restriksi paru menyebabkan turunnya *compliance (C)*, kapasitas vital paksa (KVP), kapasitas residu fungsional (FRC), dan kapasitas difusi. Hal tersebut menyebabkan gangguan difusi demikian juga hipoksemia. Kapasitas pernafasan maksimum (V max) dan volume ekspirasi paksa (VEP1) biasanya menurun, tetapi Kapasitas relative (normalnya 80% dari KVP) biasanya normal. Untuk menginspirasi volume tertentu, tekanan negatif yang lebih tinggi dari normal akan dibutuhkan dalam ruang pleura dan juga energy yang diperlukan sangat banyak, demikianlah yang menyebabkan paru-paru menjadi kehilangan fungsinya dalam proses pengembangan paru.

2.7 Faktor-faktor risiko yang berhubungan dengan kapasitas vital paksa paru

2.7.1 Umur dengan kapasitas vital paksa paru

Semakin bertambahnya usia seseorang semakin mempengaruhi perubahan fungsi paru. Semakin tua, akan semakin menurun fungsi paru seseorang.[7] Normalnya, kedua paru-paru dapat menampung udara sebanyak ± 5 liter. Saat terjadi proses ekspirasi, di dalam paru masih akan tertinggal ± 3 liter udara. Pada saat bernapas biasa udara yang masuk ke dalam paru-paru hanya sebesar 2600 cc (2,5 liter). Manfaat dari pemeriksaan fungsi paru adalah untuk mengetahui adanya penyakit saluran pernafasan, juga untuk menentukan jenis dari gangguan fungsi pernafasan sebagai alat diagnosis, dan untuk menentukan derajat kelainan paru. [8]

2.7.2 Lama merokok dengan kapasitas vital paksa paru

Hal yang paling mempengaruhi perubahan fungsi paru adalah lama merokok. Lama merokok yang tinggi dapat menimbulkan gangguan fungsi paru berupa bronchitis dan emfisema. Pada kedua keadaan ini terjadi penurunan fungsi paru dibandingkan dengan yang tidak menderita penyakit tersebut. Selain itu perokok berat sering menderita penyakit batuk kronis, kepala pusing, perut mual, sukar tidur dan lain-lain. Apabila gejala-gejala tersebut tidak segera diatasi maka akan timbul gejala lain yang lebih, seperti semakin sulit untuk bernafas, kecepatan pernafasan bertambah, kapasitas vital paksa berkurang, dan lain-lain.[9]

2.7.3 Tinggi badan dengan kapasitas vital paksa paru

Tinggi badan seseorang dapat mempengaruhi kapasitas vital paksa paru. Seseorang yang memiliki tinggi badan yang pendek biasanya nilai kapasitas paksanya lebih berkurang dibandingkan dengan seseorang yang dengan seseorang yang memiliki postur tubuh yang lebih tinggi.

2.7.4 Riwayat penyakit saluran pernapasan dengan kapasitas vital paksa paru

Penyakit paru kerja adalah penyakit yang disebabkan oleh partikel uap, gas atau asap berbahaya yang menyebabkan kerusakan paru apabila terinhalasi selama bekerja. Saluran nafas dari lubang hidung sampai

alveoli menampung 14000 liter udara ditempat kerja selama 40 jam kerja satu minggu.[12] Oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh yang diambil dari udara akan masuk melalui paru dan terjadi pertukaran gas di area tersebut antara hasil oksidasi tubuh dengan oksigen. Udara yang masuk sebagian besar hanya oksigen dan nitrogen dan senyawa lain dalam jumlah kecil. Senyawa-senyawa lain yang tidak dibutuhkan akan tersaring diparu-paru. Apabila kandungan udara tercemar oleh senyawa lain seperti partikel, uap, gas dan yang lainnya akan menyebabkan terjadinya endapan-endapan senyawa dan partikel bahaya dalam paru-paru yang dalam jangka waktu lama akan menyebabkan terganggunya paru-paru dalam bekerja.[9,11] Penyakit paru kerja yang disebabkan oleh senyawa kimia, partikel, gas, uap dan yang lainnya selama bekerja akan menyebabkan terganggunya paru-paru dalam pertukaran gas dan mengakibatkan kemampuan paru-paru dalam menyerap oksigen tidak maksimal sehingga oksigen yang terserap atau ditampung oleh paru-paru akan semakin sedikit.[10,12,13]

2.7.5 Masa kerja dengan kapasitas vital paksa paru

Masa kerja adalah suatu kurun waktu atau lamanya tenaga kerja itu bekerja di suatu tempat. Masa kerja dapat mempengaruhi kinerja baik positif maupun negatif. Memberi pengaruh positif pada kinerja bila dengan semakin lamanya masa kerja personal semakin berpengalaman dalam melaksanakan tugasnya. Sebaliknya akan memberikan pengaruh negatif apabila dengan semakin lamanya masa kerja maka tingkat paparan paru-paru terhadap senyawa dan partikel berbahaya akibat kerja akan semakin banyak dan meningkat pula. Semakin lama terpapar paru-paru dalam bekerja akan meningkatkan risiko gangguan paru-paru atau penyakit paru kerja akan semakin besar. Hal ini sejalan dengan kemampuan kapasitas vital paksa paru dimana semakin tinggi paparan senyawa dan partikel berbahaya akan menyebabkan gangguan paru-paru yang berujung pada penyakit paru. Dengan adanya gangguan paru-paru akan mengakibatkan kemampuan paru-paru akan semakin menurun dalam melakukan pertukaran gas.[14]

2.8 Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penurunan fungsi paru pada pengelas.

Pengukuran fungsi paru dengan spirometri merupakan pengukuran yang sering dilakukan pada dunia industri. Spirometri merupakan bagian dari program surveilans kesehatan. Pada penelitian-penelitian sebelumnya juga menggunakan spirometri sebagai bagian dari *tools* yang digunakan.

Erkinjuntti-Pekkanen et al (1999), melaporkan bahwa lama merokok memiliki hubungan yang signifikan terhadap penurunan fungsi paru pada pekerja pengelas. Pada pengelas yang tidak menggunakan alat pelindung diri atau lokal ventilasi selama mengelas, memiliki penurunan kapasitas vital paksa (KVP) dibandingkan dengan pengelas yang menggunakan alat pelindung diri.

Sobaszek (2000), menilai efek gangguan pernafasan akut di tempat kerja pengelas yang berhubungan dengan *shift* kerja pada 144 populasi yang terpapar *stainless steel welding* dan 233 pengelas dengan *mild steel* sebagai kontrol. Berdasarkan tes fungsi paru, ditemukan penurunan kapasitas vital paksa (KVP) selama shift kerja ($p=0,038$). Juga ditemukan pada pekerja yang bekerja lebih dari 20 tahun mengalami penurunan kapasitas vital paksa paru yang bermakna. *Nakadate* (1998) melaporkan penurunan kapasitas vital paru berhubungan dengan usia dan lama merokok.

Dari penelitian-penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi antara tinggi badan, umur, lama merokok dan pajanan asap pengelasan terhadap penurunan kapasitas vital paksa paru pada pekerja pengelas.

2.9 Profil perusahaan

2.9.1 PT X

PT. X adalah produsen yang bergerak di industri *manufacturing*. Produk utama yang dihasilkan pabrik ini adalah knalpot yang selanjutnya akan digunakan oleh pabrik industri *manufacturing* lainnya. Perusahaan Y mempekerjakan total 608 karyawan yang diantaranya terdiri dari 531 buruh yang bekerja di lapangan/pabrik.

Alur produksi untuk pembuatan knalpot :

1. *Raw Material* → *Subassy 1 (Roll Press – Pengelasan– Forming)*.
2. *Raw Material* → *Subassy 2 (Expand – Pengelasan– Pearching – Bending)*.
3. *Subassy 1 + 2* → *Pengelasan* → *Leak test* → *Buffing* → *Plating* → *Oven* → *Inner Painting* → *Final Assy* → *Pengecatan* → *Assembling*.

Di bagian pengelasan ini terdiri dari 30 orang tiap *shift*-nya yang bekerja langsung pada 2 lini produksi. Masing- masing lini terdiri dari 9 alat pengelasan sehingga rasio pekerja dengan alat pengelasan adalah 1:1, dengan 1 orang *foreman* yang mengontrol pekerjaan secara langsung. Target produksi knalpot tiap shiftnya sebanyak 1800 knalpot, hal ini berarti 900 knalpot yang diproduksi tiap lini-nya.

2.9.2 Uraian alur produksi:

1. *Production Planning and Inventory Control (PPIC)*

Bagian ini adalah awal proses produksi, di bagian ini dilakukan perencanaan produksi dan pengontrolan kebutuhan bahan bakunya. Di sini dilakukan pengecekan dan pengendalian mutu *raw material* dan *insert part* untuk *knalpot* dan *disc brake*.

2. Proses pengelasan

Di sini bagian-bagian dari bahan baku knalpot dijadikan satu dengan cara pengelasan.

3. Proses pengamplasan

Blasting adalah proses pembersihan permukaan material dengan menggunakan sistem penyemprotan udara bertekanan tinggi dengan media debu besi. Sedangkan *buffing* adalah proses menghaluskan permukaan dan mengkilapkan benda kerja dengan mesin poles

4. Proses pengecatan dan pembuatan plat

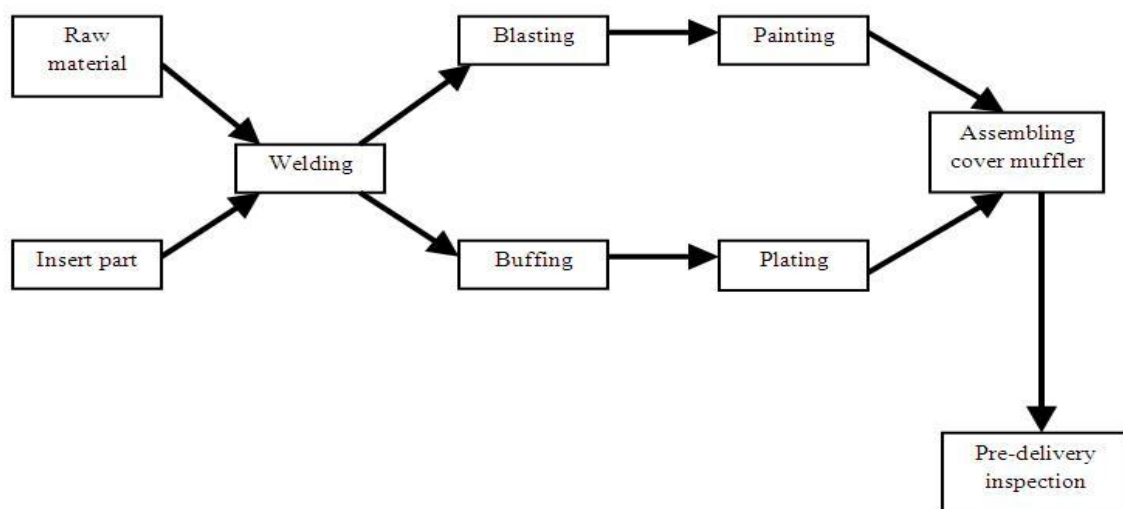
Sebelum dicat, dilakukan pretreatment pada badan knalpot yaitu dengan menyemprotkan air agar cat mudah menempel. Penyemprotan air ini dengan menggunakan mesin penyemprot otomatis, kemudian badan knalpot dimasukkan ke dalam larutan cat warna dasar dan dimasukkan ke dalam mesin oven (*cathodic electro deposition & oven*). Bagian sudut dari badan knalpot diberi pelapis (*sealing*), badan knalpot bagian bawah dicat secara manual

(*under coating*) dan bagian atas badan knalpot dicat manual (*top coating*). Terakhir dilakukan pemeriksaan apakah ada bagian yang lupa dicat.

5. Proses akhir

Pada tahap ini dilakukan pemasangan *cover knalpot* dan dilakukan pemeriksaan kualitas produk.

2.9.3 Alur produksi



Gambar 2.3. Alur Produksi Proses Pembuatan Knalpot PT X

2.10 Angka pajanan partikel tahunan (*exposure rate tahunan*) = ER tahunan.

Adalah suatu cara yang digunakan untuk melakukan estimasi pajanan partikel dilingkungan kerja yang masuk ke dalam tubuh manusia. Perhitungan dilakukan sesuai dengan metode semikuantitatif untuk pajanan partikel dan disesuaikan dengan masa kerja setiap jenis pekerjaan yang terdapat pajanan partikel debu atau asap.

Langkah pertama adalah menentukan determinasi derajat pajanan, yaitu dengan melihat efek pajanan partikel debu/asap, khususnya asap pengelasan. Asap pengelasan merupakan salah satu contoh partikel yang mengandung debu logam yang memiliki efek *human carcinogen*.

Langkah kedua adalah menentukan jenis pekerjaan yang dilakukan dilihat dari pajanan partikel di lingkungan kerja atau kontaminasi pajanan bahaya yang ada di lingkungan kerja. Pada penelitian ini difokuskan pada jenis pekerjaan pengelasan. Jenis pekerjaan tersebut berisiko terpajan asap pengelasan yang mengandung debu/partikel dari logam berat yang berbahaya secara *long-term* bagi kesehatan.

Langkah ketiga adalah menentukan derajat pajanan, dengan dua cara penentuan:

1. Bila diketahui adanya hasil pengukuran *biomonitoring*

Menggunakan rumus:

$$E = \frac{F \times D \times M}{W}$$

Keterangan:

E = *exposure* mingguan

F = frekuensi pajanan per minggu

M = *magnitude of exposure*

W = rata-rata lama jam kerja per minggu (40 jam)

D = lama rata-rata tiap pajanan.

2. Bila tidak ada hasil pengukuran *biomonitoring*.

Menggunakan rumus:

$$ER = [E_1 I E_2 I \dots I E I_n]^{1/n}$$

Keterangan:

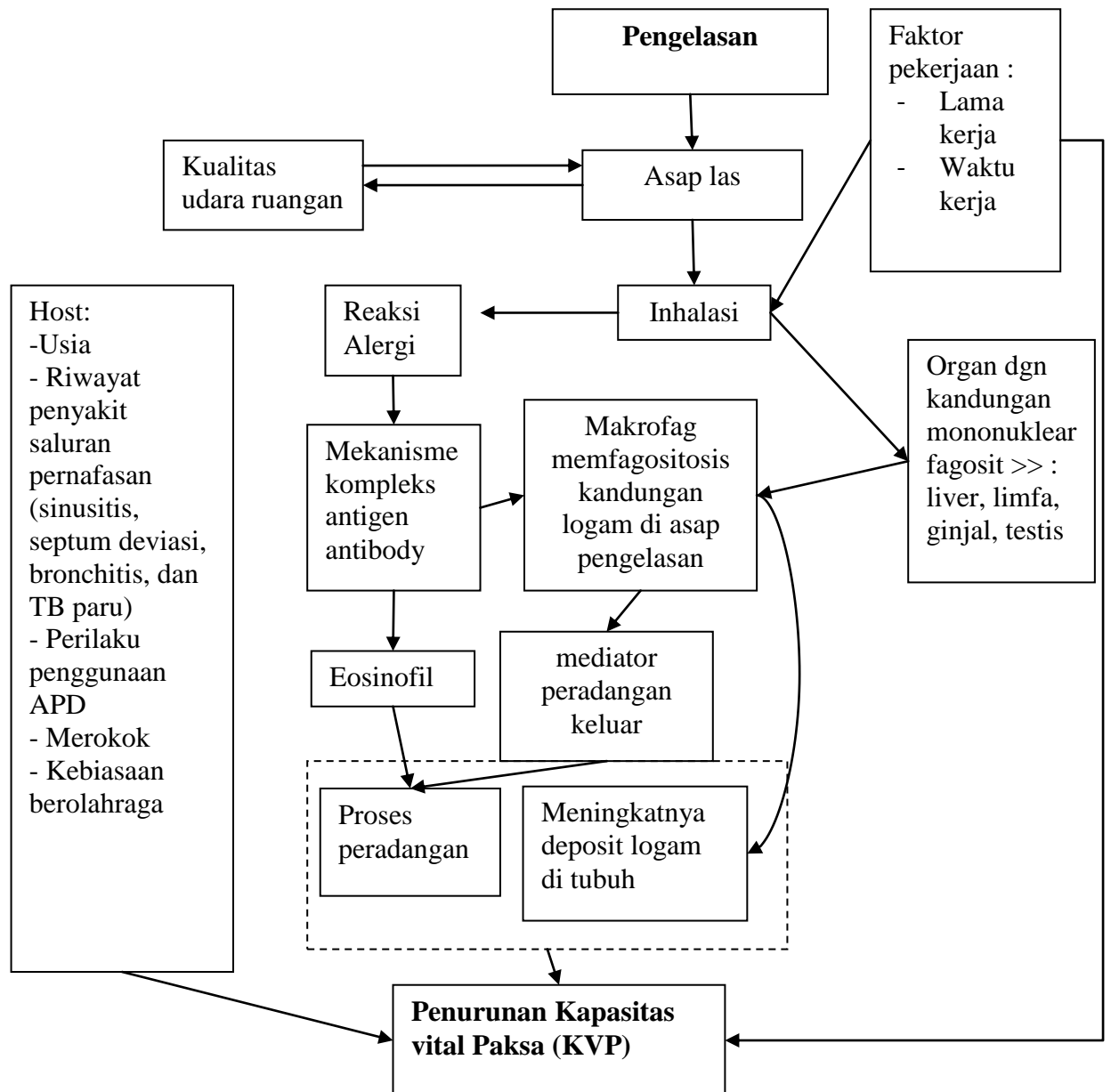
ER = peringkat pajanan

n = jumlah faktor yang digunakan

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan *autoparts* dan tidak memiliki hasil pengukuran *biomonitoring*, tingkat pajanan dapat ditentukan dari indeks pajanan yang terdiri dari kadar debu/partikel, perbandingan *exposure* dengan nilai ambang batas (TLV), ukuran bahaya potensial, jumlah logam yang digunakan, dan durasi kerja dalam seminggu. Indeks pajanan dihitung dengan memberikan

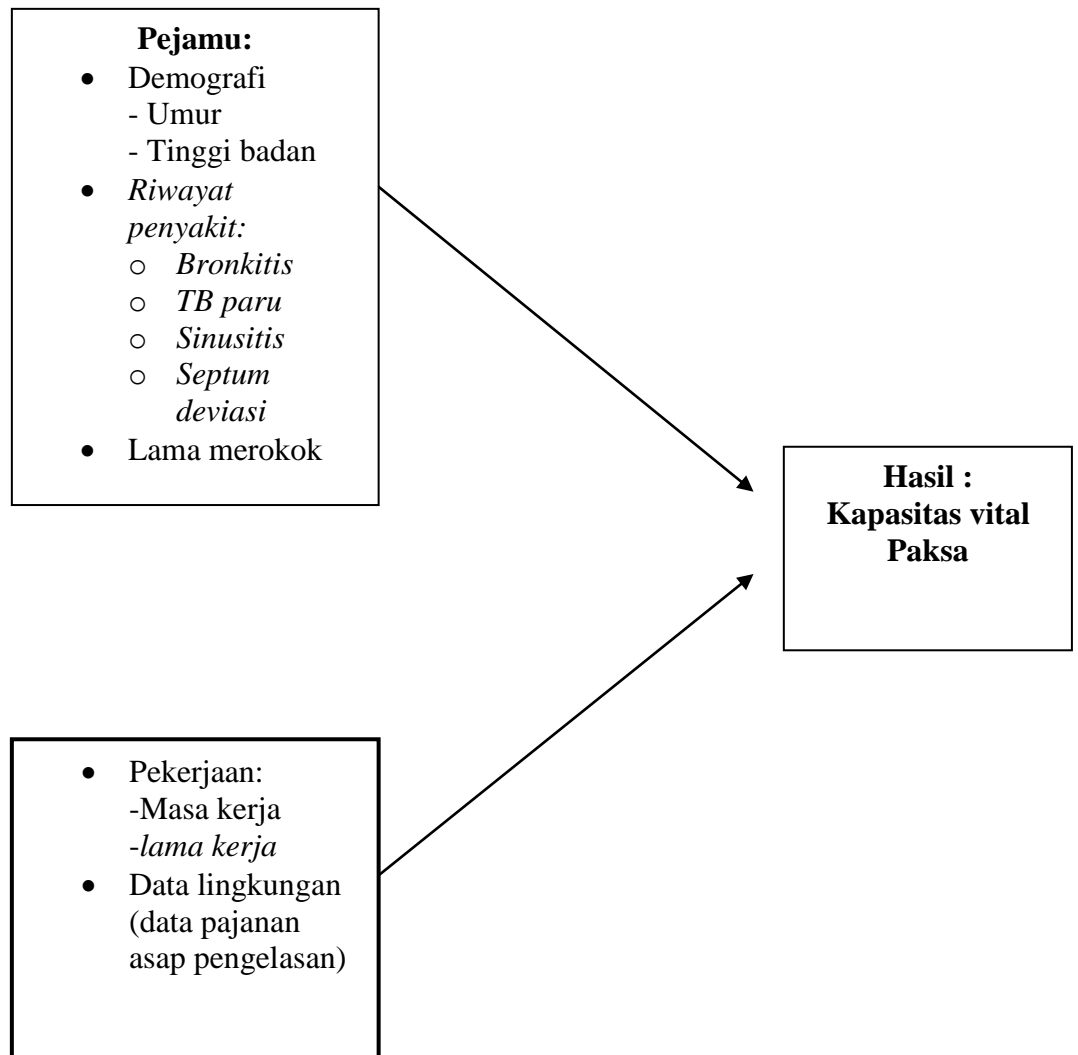
peringkat antara 1 s/d 5 sejalan dengan meningkatnya masalah. Beberapa faktor tersebut yang digunakan dalam indeks pajanan partikel dikonversikan dalam bentuk tabel. Nilai total peringkat pajanan didapat dengan menggunakan rumus diatas.

2.11 Kerangka Teori



Gambar 2.4. Kerangka Teori Terjadinya Gangguan Fungsi Paru Akibat Asap Pengelasan

2.12 KERANGKA KONSEP



Gambar 2.5. Kerangka Konsep Kapasitas Vital Paksa

Keterangan:

Italik miring: variable yang tidak diteliti pada penelitian ini

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *cross-sectional* untuk mengetahui hubungan lama pajanan asap pengelasan dengan kapasitas vital paksa paru pekerja pabrik suku cadang kendaraan PT.X serta faktor-faktor lain yang berpengaruh. Data dianalisis dengan regresi linear.

3.2 Populasi dan sampel

3.2.1 Populasi

Populasi penelitian adalah pekerja PT X.

3.2.2 Sampel

Perkiraan jumlah sampel untuk menentukan korelasi pada kategori yang berbeda, di hitung dengan rumus [15]:

$$C1 = 0.5 \times \ln \left[\frac{1+r1}{1-r1} \right]$$

$$C2 = 0.5 \times \ln \left[\frac{1+r2}{1-r2} \right]$$

$$N = \left[\frac{(z\alpha + z\beta)}{C1 - C2} \right]^2 + 3$$

Keterangan:

r = koefisien korelasi yang diharapkan

$$C = 0.5 \times \ln \left[\frac{1+r}{1-r} \right]$$

N = total subjek yang diinginkan

Dari perhitungan tersebut dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,25 (nilai korelasi terkecil yang biasanya masih dapat menetapkan korelasi yang kuat antara faktor penyebab dan hasil jadi), α sebesar 0,05 dan β sebesar 0,20, maka diperoleh jumlah sampel minimal sebesar 123 sampel.

Sampel minimal ditambah 20%; 1,2 x 123 = 148 sampel

Populasi calon subjek penelitian diambil dari seluruh pekerja bagian pengelasan PT. Y

3.2.3 Kriteria inklusi dan eksklusi

3.2.3.1 Kriteria inklusi

- Pekerja pengelas
- Usia pekerja antara 18 – 55 tahun

3.2.3.2 Kriteria eksklusi

- Pekerja dengan *underline disease* (sinusitis, septum deviasi, bronkhitis dan TB paru).

3.3 Pengambilan data

3.3.1 Cara pengambilan subjek

- a. Populasi target penelitian adalah pekerja bagian pengelasan di pabrik *autoparts* PT X.
- b. Populasi terjangkau adalah pekerja laki-laki di bagian pengelasan di pabrik *autoparts* PT X.

3.3.2 Tahapan penelitian

3.3.2.1 Tahap penilaian risiko dan penetapan uji fungsi paru

Penilaian risiko penurunan kapasitas vital paksa dilakukan berdasarkan tahapan:

1. Wawancara terstruktur dengan kuesioner: biodata, sosio-ekonomi-budaya (status pernikahan, pendidikan terakhir dan masa kerja)
2. Pemeriksaan spirometri dengan cara:
 - a. Menyiapkan alat spirometri *chest 101* yang sudah terkalibrasi.
 - b. Menyalakan alat dengan memencet tombol ON, lalu memasukkan data responden: umur, jenis kelamin, TB, BB.
 - c. Kemudian masukkan *mouthpiece* yang ada dalam alat spirometri kedalam mulut responden dan menutup hidung dengan penjepit hidung.
 - d. Untuk mengatur pernapasan, responden diminta untuk bernapas terlebih dahulu dengan tenang sebelum melakukan pemeriksaan.
 - e. Lalu menekan tombol start jika responden sudah siap untuk memulai pengukuran.
 - f. Responden diminta untuk memulai dengan pernapasan tenang sampai timbul perintah dari alat untuk ekspirasi maksimal (tidak terputus). Bila

proses pengukuran benar, maka akan keluar data dan kurva pada layar monitor spirometri.

- g. Kemudian mengulangi pengukuran dengan melanjutkan inspirasi dalam dan ekspirasi maksimal pada responden.
- h. Setelah selesai, *mouthpiece* di lepas lalu melakukan pemeriksaan data dan kurva kemudian dilanjutkan dengan mencetak hasil rekaman.

Setiap pengukuran sebaiknya dilakukan minimal 3 kali. Kriteria hasil spirogram yang reproduibel (setelah 3 kali ekspirasi) adalah dua nilai FVC dan FEV1 dari 3 ekspirasi yang dilakukan menunjukkan variasi/perbedaan yang minimal (perbedaan kurang dari 5% atau 100 mL)

3.3.2.2 Tahap pelaksanaan penelitian

Proses pelaksanaan

Proses penelitian yang telah disepakati dengan pihak manajemen, ditujukan untuk mengetahui hubungan antara pajanan asap pengelasan dengan kapasitas vital paksa.

- Tempat pelaksanaan : bagian pengelasan *plant* 1 dan 2 PT X.
- Jenis pemeriksaan : uji fungsi paru dengan spirometri.
- Pelaksana : peneliti dan tim.
- Waktu pelaksanaan : 1 bulan.

Proses penilaian kapasitas vital paksa

Penilaian kapasitas vital paksa dengan uji fungsi paru dengan menggunakan spirometri sesuai kesepakatan dengan manajemen perusahaan.

Uji fungsi paru dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

- Kelompok inklusi diberikan edukasi mengenai tata cara pemeriksaan spirometri. Pemeriksaan dilakukan pada minggu ketiga bulan Mei selama tiga jam.
- Responden mengisi formulir A *informed consent* dan formulir B (formulir identitas, riwayat pekerjaan, riwayat lama merokok dan riwayat penyakit gangguan pernafasan yang pernah diderita)
- Responden melakukan pengukuran berat badan dan tinggi badan dengan alat ukur yang sudah terkalibrasi.

- Responden melakukan uji fungsi paru dengan spirometri jenis *chest 101* yang sudah terkalibrasi.
- Evaluasi dilakukan di akhir penelitian (setelah 1 bulan waktu pelaksanaan penelitian) menilai hasil uji fungsi paru (kapasitas vital paksa) untuk dianalisa.

3.4 Instrumen pengumpulan data

3.4.1 Pengisian formulir A (lampiran 1)

Formulir A merupakan lembaran *informed consent* yang harus diisi responden apabila bersedia mengikuti penelitian.

3.4.2 Pengisian formulir B (lampiran 2)

Formulir B merupakan lembaran kuesioner. Diberikan dengan cara wawancara untuk mendapatkan informasi karakteristik responden, usia, indeks masa tubuh, tingkat pendidikan, status perkawinan dan riwayat kerja (lama kerja dan masa kerja).

3.4.3 Analisis data

Analisis data dimulai dengan tahap deskriptif kemudian dilanjutkan dengan tahap linier dilakukan dengan menggunakan SPSS 11.5 dengan melakukan beberapa analisis:

- **Analisis univariat**

Data disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi sehingga dapat diperoleh gambaran deskriptif dari variabel-variabel yang diteliti.

- **Analisis multivariat**

Untuk mengetahui hubungan antara variabel tergantung dengan dua atau lebih variabel bebas dengan nilai kapasitas vital paksa

3.4.4 Cara penyajian data

Karakteristik demografis, masa kerja, lama kerja, indeks massa tubuh, lama merokok, dan riwayat penyakit saluran pernafasan dilakukan uji korelasi dengan kapasitas vital paksa dan disajikan dalam bentuk tabel, yang kemudian dinarasikan.

3.5 Variabel penelitian dan batasan operasional

3.5.1 Variabel terikat

Kapasitas vital paksa, yaitu volume udara maksimum yang dapat dihembuskan secara paksa. Kapasitas vital paksa dicapai dalam waktu 3 detik dan nilai normalnya adalah 4 liter (KVP > 80%).

3.5.2 Karakteristik sosiodemografi

1. Umur

Berdasarkan hari, tanggal, dan tahun dari responden yang ditanyakan pada saat wawancara.

2. Tingkat pendidikan

Tingkat pendidikan formal yang pernah diperoleh responden.

- Masa pendidikan 9 tahun
- Masa pendidikan 12 tahun
- Masa pendidikan 15 tahun

3. Masa kerja

Terhitung pada saat pekerja memulai bekerja pada tahun pertamanya sampai dengan sekarang pada perusahaan tersebut

4. Tinggi badan

Tinggi badan yang diukur tanpa alas kaki dengan posisi berdiri tegak lurus menghadap ke depan, posisi kepala tegak, mata horizontal, bahu tegak tidak ditarik ke belakang. Kepala, siku, punggung dan tumit menempel ke dinding dan dinyatakan dengan sentimeter (cm)

5. Total pajanan asap

Total pajanan asap dihitung dengan melihat tingkat pajanan tahunan, penghitungan jumlah pajanan asap pengelasan tahunan yang dilakukan dengan menggunakan metode semikuantitatif yang dikaitkan dengan masa kerja pekerja sebagai pengelas. Indeks pajanan tersebut didapatkan dengan cara sebagai berikut:

Tabel 3.1 Indeks Paparan Tahunan Asap Pengelasan

No	Faktor Paparan	Indeks Paparan				
		1	2	3	4	5
1	Kadar debu (ug/m)	≤ 350	351 – 400	401- 450	451 - 500	> 500
2	rasio E/TLV	≤ 1	1,002 - 1,143	1,144 - 1,285	1,286 - 1,428	> 1,428
3	Pengukuran kendali paparan	kontrol adekuat dengan <i>maintenance</i> reguler	kontrol adekuat dengan <i>maintenance</i> irreguler	kontrol adekuat dengan <i>maintenance</i> dan berdebu sedikit	kontrol inadekuat, berdebu	tidak ada pengontrolan sama sekali, sangat berdebu
4	Jumlah pemakaian kawat logam untuk pengelasan	≤10 kg per hari	10,1 – 20 kg/hari	20,1 – 30 kg/hari	30,1 – 40 kg/hari	> 40 kg/hari
5	Lama kerja dalam seminggu	< 8 jam	8 s/d 16 jam	16 s/d 24 jam	24 s/d 32 jam	32 s/d 40 jam
6	Jenis APD yang digunakan	<i>respirator</i> menutup wajah dilengkapi dengan <i>organic vapour cartridge</i> bertenaga untuk membersihkan udara dengan kontaminan ketika bernafas	<i>respirator</i> yang menutup seluruh wajah dan dilengkapi dengan <i>organic vapour cartridges</i>	<i>respirator</i> setengah wajah yang dilengkapi dengan <i>organic vapour cartridge</i>	masker kain	tidak menggunakan APD pernafasan
7	Perawatan APD	APD dalam keadaan bersih dan baik (filter tidak kotor, saat digunakan tidak bocor)	APD dalam keadaan baik namun agak berdebu/kotor	salah satu bagian APD rusak namun filter masih memenuhi standar	filter sudah lama tidak diganti dan dalam keadaan robek atau kotor	keadaan APD sudah tidak layak digunakan (terdapat kebocoran, filter rusak)
8	Kebiasaan menggunakan APD	selalu digunakan selama berada ditempat kerja	sekali-sekali melepas APD saat merasa tidak nyaman & pekerjaan dihentikan sejenak saat melepas APD	sering melepas APD dan saat APD dilepas, pekerjaan masih terus dilakukan	jarang menggunakan APD karena tidak nyaman	tidak menggunakan APD sama sekali

9	Penyediaan APD	selalu disediakan perusahaan, setiap saat tersedia	disediakan perusahaan, tersedia setahun sekali	disediakan oleh perusahaan, tersedia tidak tetap, sesuai permintaan	disediakan oleh perusahaan tidak tentu	tidak disediakan perusahaan
10	Pelatihan mengenai efek Pengelasan	selalu ada pelatihan, jadwal reguler tiap bulan	ada pelatihan, tiap 3 bulan	ada pelatihan tiap 1 tahun sekali	ada pelatihan, tidak reguler	tidak ada pelatihan

Tingkat paparan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$ER = [E_1 \cdot I \cdot E_2 \cdot I \dots I \cdot E_n]^{1/n}$$

Keterangan: ER : peringkat paparan

n : jumlah faktor yang digunakan

6. Status perkawinan

Status perkawinan responden

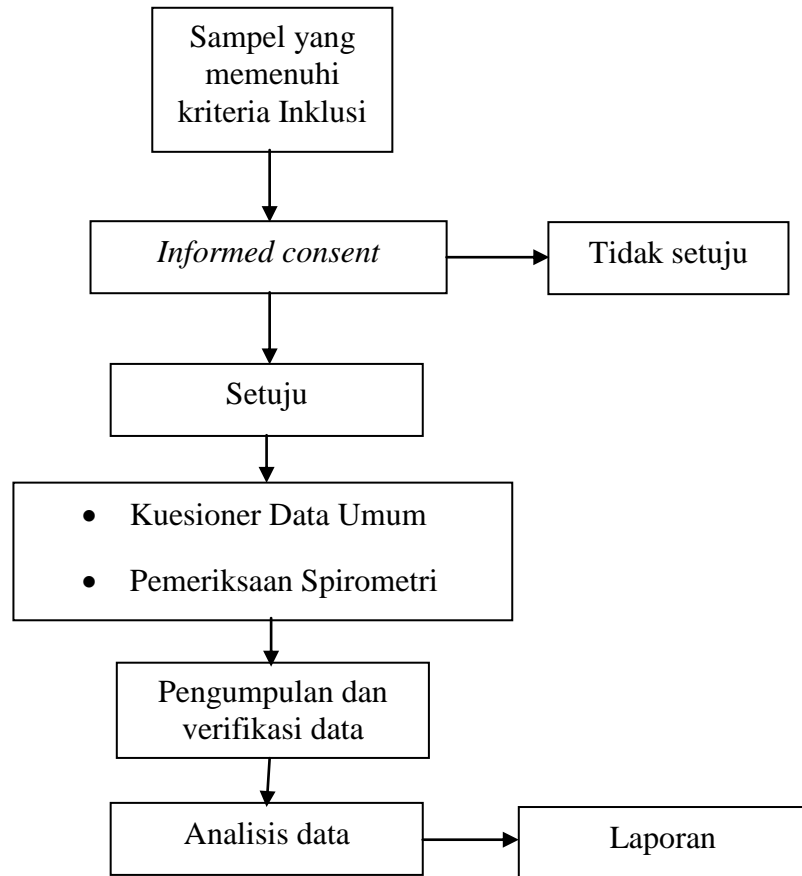
7. Lama merokok

Lama merokok dinyatakan dengan lamanya merokok per tahun.

3.6 Etika Penelitian

1. Penelitian ini menggunakan pekerja bagian pengelasan yang sukarela bersedia menjadi subjek penelitian.
2. Segala keterangan yang diberikan kepada peneliti dan hasil pemeriksaan fisik dirahasiakan.
3. Responden yang bersedia ikut dalam penelitian akan mengisi formulir *informed consent* setelah sebelumnya diberi penjelasan tentang maksud, tujuan serta detail tentang proses pengambilan data yang akan dilakukan pada penelitian ini.
4. Keuntungan subjek penelitian adalah mengetahui tingkat risiko pekerjaannya terhadap nilai fungsi paru (kapasitas vital paksa).
5. Penelitian ini harus mendapat persetujuan etik penelitian (*Ethical Clearance*) dari Komisi Etik Penelitian Kedokteran FKUI.

3.7 Alur penelitian



Gambar 3.1 Alur penelitian

BAB 4

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 11 Juni 2012 sampai dengan 15 Juni 2012 di PT X. Jumlah subyek keseluruhan 150 orang. Selama penelitian ada 26 orang dikeluarkan dari penelitian dikarenakan 2 orang menderita asma, 2 pekerja sedang menderita batuk dan pilek, dan 22 orang tidak menyelesaikan pemeriksaan fungsi paru sesuai prosedur. Total subyek yang menyelesaikan penelitian berjumlah 124 orang dimana sesuai dengan perhitungan sampel minimal yaitu 123 sampel.

4.1 Paparan asap pengelasan PT.X dengan penghitungan semikuantitatif (*Exposure Rate* tahunan)

Setiap tahun PT.X melakukan pengukuran partikel debu/emisi di lingkungan kerja. Berdasarkan hasil terakhir, hasil pengukuran yang telah dilakukan PT. X didapatkan kadar paparan emisi partikel di lingkungan kerja sebesar 15 mg/m^3 dengan baku mutu menurut SNI 19-7117.12-2005 sebesar 350 mg/m^3 . Berdasarkan hasil penghitungan tersebut dapat dinilai tingkat paparan pada pengelas dengan menggunakan metode penghitungan semikuantitatif

Berdasarkan nilai Indeks paparan partikel dari asap pengelasan pada PT. X, didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Kadar partikel kurang dari 350 mg/m^3 , yaitu sebesar 15 mg/m^3 . Sehingga berdasarkan indeks paparan memiliki nilai 1.
2. Rasio E/TLV kurang dari 1. Sehingga berdasarkan indeks paparan memiliki nilai 1.
3. Pengukuran kendali paparan cukup adekuat dengan maintenance dan berdebu sedikit. Sehingga berdasarkan indeks paparan memiliki nilai 3.
4. Jumlah pemakaian kawat logam untuk pengelasan sebanyak $\leq 10 \text{ kg/hari}$ dengan indeks paparan 1.
5. Lama kerja pengelas dalam seminggu 40 jam kerja. Sehingga berdasarkan indeks paparan memiliki nilai 5.

6. Jenis alat pelindung diri yang digunakan adalah masker kain. Sehingga berdasarkan indeks pajanan memiliki nilai 4.
7. Perawatan alat pelindung diri pada PT.X memiliki nilai 3, karena kondisi salah satu bagian APD rusak, namun filter masih memenuhi standar. Sehingga berdasarkan indeks pajanan memiliki nilai 3.
8. Kebiasaan menggunakan APD pengelas pada PT. X masih sekali-sekali melepaskan APD saat merasa tidak nyaman dan pekerjaan dihentikan sejenak saat melepas APD. Sehingga berdasarkan indeks pajanan memiliki nilai 2.
9. APD disediakan oleh PT. X, namun tersedia tidak tetap sesuai dengan permintaan. Sehingga berdasarkan indeks pajanan memiliki nilai 3.
10. PT. X melakukan pelatihan mengenai efek pengelasan namun tidak reguler. Sehingga berdasarkan indeks pajanan memiliki nilai 4.

Dari nilai diatas dapat diukur tingkat pajanan pada pengelas dengan menggunakan rumus untuk metode pengukuran tingkat pajanan secara semikuantitatif sebagai berikut :

Dari rumus tersebut didapatkan nilai tingkat pajanan partikel asap pengelasan pada pengelas di PT. X sebesar 5,33 unit.

4.2 Karakteristik demografis

Berdasarkan tabel 4.1 dibawah ini, didapatkan bahwa dari 124 responden yang menjadi sampel penelitian memiliki nilai median umur yaitu 29 tahun dimana responden termuda berumur 19 tahun dan yang tertua berumur 41 tahun. Median masa kerja adalah 8 tahun dengan rerata tinggi badan responden adalah 167,14 cm dan rerata lama merokok 5,87 tahun.

Nilai KVP homogen dengan koefisien varian 16,6% Dimana nilai terkecil adalah 2 dan nilai terbesar adalah 5. Pendidikan juga kurang bervariasi (homogen) dengan koefisien varian 2,2% dan disusul tinggi badan dengan nilai koefisien varians 3,6%.

Lama merokok sangat bervariasi (koefisien varians 110%), disusul dengan total pajanan asap (koefisien varian 64,7%) kemudian umur (koefisien varian 21,56%).

Tabel 4.1 Karakteristik Demografis dan Faktor Risiko Penurunan Nilai Kapasitas Vital Paksa

	N	Mean	Std. Dev	Med	Min	Max	Koef var (%)
Umur (tahun)	124	27,96	6,03	29	19	41	21,56
Pendidikan	124	12,02	0,27	12	12	15	2,24
Total pajanan (unit)	124	36,20	23,44	43	5	86	64,7
Masa kerja	124	0,75	4,35	8	1	16	64,4
Tinggi badan	124	167,14	6,083	167	150	183	3,6
Lama merokok (tahun)	124	5,87	6,48	3	0	25	110,39
Kapasitas vital paksa	124	3,55	0,59	4	2	5	16,6

4.3 Analisis Bivariat

4.3.1 Korelasi antara nilai kapasitas vital paksa dan faktor-faktor lainnya

Nilai kapasitas vital paksa dilakukan uji korelasi dengan faktor-faktor lainnya seperti umur, masa kerja, tinggi badan, lama merokok. Didapatkan faktor-faktor yang berkorelasi dengan KVP adalah umur, tingkat pajanan asap dan lama merokok, lalu disusul dengan tinggi badan. Untuk detil nilai korelasi dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2. Koefisien Korelasi antara Nilai Kapasitas Vital Paksa dan Faktor-Faktor Lainnya

	Kapasitas vital paksa	Umur (tahun)	Tinggi badan (cm)	Total pajanan asap (unit)	Lama merokok (tahun)
Kapasitas vital paksa	1,00	-0,21	0,381	-0,21	-0,14

4.3.2 Uji regresi antara nilai kapasitas vital paksa dengan faktor individu pengelas.

Pada uji regresi nampaknya tinggi badan berkorelasi positif dengan penurunan KVP ($r = 0,38$) sedangkan didapatkan umur pengelas, lama merokok dan total pajanan asap berkorelasi negatif dengan KPV. Dimana hasil pada uji

regresi ini sesuai dengan hasil pada tabel sebelumnya. Dengan kesimpulan hasil, makin tinggi badan responden nampaknya makin meningkat nilai KVP. Sebaliknya makin tua umur, makin lama merokok dan makin tinggi total pajanan asap, nampaknya makin menurunkan nilai KVP. Untuk lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3. Hasil Uji Regresi antara Nilai Kapasitas Vital Paksa dengan Faktor-Faktor Lainnya pada Pengelas

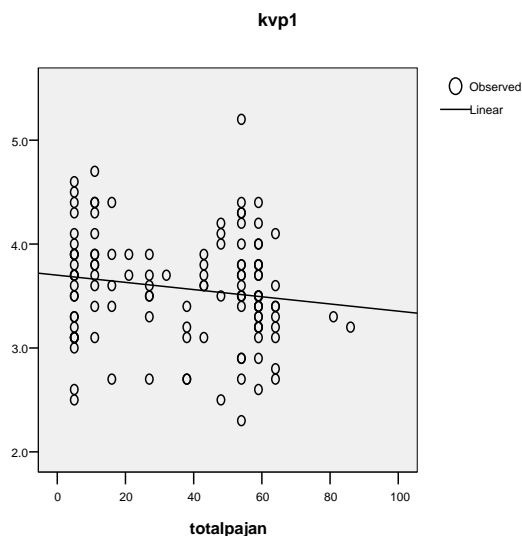
Kapasitas vital paksa	Koefisien	95% interval kepercayaan	P
Tinggi badan	0,04	0,02 ; 0,05	0,000
Konstanta	3,39	2,68 ; 4,09	0,000
Umur	-0,02	-0,04 ; -0,00	0,017
Konstanta	4,13	3,64 ; 4,62	0,000
Lama merokok	-0,01	-0,02 ; 0,00	0,119
Konstanta	3,62	3,48 ; 3,76	0,000
Total pajanan asap	-0,01	-0,01 ; -0,00	0,020
Konstanta	3,73	3,54 ; 3,93	0,000

4.4 Saling keterkaitan nilai kapasitas vital paksa dengan faktor lainnya yang bermakna

Analisis multivariat menggunakan metode *stepwise* menunjukkan bahwa faktor yang berkaitan dengan KVP adalah total pajanan asap. Dengan peningkatan 1 unit pajanan asap akan menurunkan 0,004 L KVP.

Tabel 4.4. Saling keterkaitan nilai penurunan kapasitas vital paksa dan faktor yang bermakna

Variabel	Koefisien Regresi	95%Interval Kepercayaan	p
Total pajanan asap	-0,004	-0,01 ; -0,00	0,047
Tinggi	0,35	0,02 ; 0,05	0,000
Konstanta	-2,17	-4,85 ; 0,52	0,114



Gambar 4.1 KVP dan Total Pajanan Asap

Dengan adanya hasil keterkaitan antara total pajanan asap dengan nilai kapasitas vital paksa seperti yang terjelaskan pada tabel 4.4 diatas, maka didapatkan rumus persamaan linier untuk total pajanan asap. Rumus persamaan linier ini hanya berlaku bagi subjek yang memiliki karakteristik yang sama dengan penelitian ini (*R- squared*: 0,043). Karena rumus persamaan linier ini hanya berlaku pada 4,3% populasi pengelas.

Rumus persamaan linier untuk memprediksi KVP terhadap total pajanan asap tersebut adalah:

$$Y = -2,17 + (-0,004 \times \text{total pajanan (unit)}) + (0,35 \times \text{tinggi badan (cm)})$$

Keterangan: Y = nilai prediksi kapasitas vital paksa (L)

Pada penelitian ini hanya bisa menerangkan penurunan KVP di tempat tersebut sebanyak 4,3% (*R- squared*: 0,043). Variabel lain yang belum diambil pada penelitian ini seperti faktor riwayat penyakit sebelumnya, jenis kelamin, jumlah batang rokok, lama kerja kebiasaan berolahraga dan perilaku penggunaan APD yang kemungkinan diduga berkontribusi terhadap fenomena penurunan KVP diperusahaan ini. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel-variabel lain tersebut guna membuktikan hal ini.

BAB 5

DISKUSI

Welding adalah suatu proses penyambungan logam dimana peleburan dihasilkan oleh pemanasan dengan temperatur tertentu dengan atau tanpa menggunakan logam penyambung. Semua proses *welding* memiliki potensi bahaya terhadap saluran pernapasan. Berdasarkan studi-studi sebelumnya, membuktikan bahwa asap pengelasan berpotensi menyebabkan gangguan fungsi paru, penyakit paru obstruksi kronik, gangguan paru restriksi, malaise, batuk, dispneu, rhinitis, asma, radang paru, pneumokoniosis, hingga keganasan pada saluran pernapasan lainnya. [3][17]

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan adanya korelasi antara pajanan asap pengelasan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya terhadap nilai kapasitas vital paksa, khususnya pada pengelas. Penelitian ini juga dilakukan berdasarkan temuan adanya gangguan saluran pernapasan sebagai penyakit temuan tertinggi utama pada area kerja pengelasan PT X.

5.1 Keterbatasan

Pada penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan. Keterbatasan-keterbatasan tersebut adalah keterbatasan waktu dan sumber sampel. Waktu pelaksanaan penelitian hanya dilakukan dalam satu waktu saja. Adanya beberapa pekerja mantan pengelas tidak tersurvey dan terdata. Dan beberapa sampel yang berpengalaman lama sebagai operator pengelasan dan kemungkinan sudah mengalami gangguan fungsi paru sudah meninggalkan tempat kerja atau tidak lagi terpajan asap las yang mungkin dapat meningkatkan risiko penurunan fungsi paru restriksi. Keterbatasan-keterbatasan ini dapat mempengaruhi efek pajanan akibat kerja yang akan diteliti.

5.2 Keunggulan

- Penelitian ini mencari hubungan antara pajanan asap pengelasan terhadap nilai kapasitas vital paksa pada pengelas dan penelitian ini adalah penelitian yang baru pertama kali dilakukan di Indonesia.
- Penelitian mengikuti pemeriksaan spirometri dengan standar ATS untuk menghindari bias pengukuran. Responden diwajibkan untuk tidak merokok minimal 1 jam sebelum pemeriksaan spirometri dilakukan, responden menghindari makan yang terlampau kenyang dan responden bebas dari riwayat penyakit seperti batuk pilek, asma dan infeksi saluran telinga tengah

5.3 Penerapan

Umur responden pada penelitian ini berada pada kisaran 29 tahun. Data Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, penduduk yang bekerja menurut golongan umur dan lapangan usaha pada tahun 2008 menyebutkan bahwa pada lapangan usaha industri manufaktur golongan umur tertinggi adalah 30-34 tahun, 25-29 tahun dan 35-39 tahun berturut-turut. Dengan perbandingan di atas responden pada penelitian ini termasuk dalam urutan pertama dari kelompok usia pekerja di industri manufaktur Indonesia pada umumnya.[20]

Masa kerja responden 8 tahun dengan rentang waktu yang cukup jauh antara pekerja dengan waktu terbaru dan pekerja dengan waktu terlama (1 tahun dan 31 tahun). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, (Pourtaghi, Iran) faktor risiko tinggi untuk terjadinya penurunan kapasitas vital paksa pada pekerja pengelas berdasarkan durasi masa kerja adalah 12 tahun.

Rerata untuk tinggi badan responden adalah 167,14. Beberapa literatur menyampaikan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi gangguan fungsi paru adalah tinggi badan. Semakin tinggi seseorang memiliki peningkatan nilai kapasitas vital paksa, dan semakin pendek seseorang, akan memiliki nilai kapasitas vital paksa yang buruk.

Gambaran responden di atas hampir tidak jauh berbeda dengan gambaran pekerja lain (usia pekerja dan masa kerja) pada umumnya sehingga hasil penelitian ini dapat diterapkan pada pekerja pengelas pada PT.X.

5.4 Pembahasan

5.4.1 Korelasi total pajanan asap dengan nilai kapasitas vital paksa pada pengelas

Hasil analisis data bivariat pada penelitian ini tingkat pajanan tahunan terbukti berkorelasi dengan penurunan kapasitas vital paksa ($r = -0,21$). Pada hasil uji regresi linier bivariat juga menunjukkan hubungan yang berkorelasi dan didapatkan kemaknaan dengan nilai $p = 0,020$ ($p > 0,05$). Hasil penelitian ini tidak berbeda dengan penelitian terdahulu yang dilakukan di Iran (Pourtaghi G) yang menyatakan bahwa tingkat pajanan asap pengelasan sesuai dengan masa kerja yang berisiko menurunkan fungsi paru adalah 12,2 tahun. Pada penelitian ini masa kerja berkorelasi karena berdasarkan patofisiologinya penurunan kapasitas vital paksa dikarenakan adanya kerusakan jaringan paru yang diakibatkan pajanan zat yang bersifat iritan.

Tabel 5.1 Perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian lain yang serupa terhadap faktor total pajanan asap

Faktor	Penelitian ini	Penelitian lain yang serupa
Total pajanan asap	Total pajanan asap berkorelasi dengan nilai kapasitas vital paksa pada pengelas. $n=124$, median: 5, koef var: 64,7%, $r:-0,005$, CI: $-0,09;-0,00$, $p=0,020$	Terdapat hubungan yang bermakna antara pajanan asap pengelasan terhadap kapasitas vital paksa (Pourtaghi, et al 2009). Studi kasus kontrol. Mean: 4,73/SD: 0,71/ $r: -0,03$ /CI: $-0,02; -0,01$ / $p<0,0001$
Tinggi badan	Tinggi badan berkorelasi positif dengan nilai kapasitas vital paksa pada pengelas. $r:-0,004$, CI: $-0,09;-0,00$, $p=0,020$	Terdapat korelasi positif antara tinggi badan dan kapasitas vital paksa pada pengelas. (Elizabeth M keifer). Studi potong lintang. ($r=0,18$, CI: $0,17 ; 0,19$, $p=0,0001$)

5.5 Faktor-faktor lain yang berkorelasi dengan nilai kapasitas vital paksa pada pengelas

a. Umur

Analisis data bivariat pada penelitian ini memberikan hasil bahwa umur memiliki korelasi negatif dengan kapasitas vital paksa ($r = -0,21$). Dimana semakin tua umur seseorang akan berisiko menurunkan nilai kapasitas vital paksa. Pada uji regresi linier bivariat menunjukkan kemaknaan dengan nilai $p=0,017$ ($p<0,05$). Umur didapatkan sebagai faktor risiko menurunkan kapasitas vital

paksa karena secara patofisiologi, seiring dengan bertambahnya usia terdapat degenerasi sel jaringan pada tubuh. Degenerasi sel juga berisiko terhadap jaringan paru, dimana semakin bertambahnya umur maka berkurang juga keelastisitasan jaringan paru.

b. Tinggi badan

Analisis data bivariat pada variabel tinggi badan memberikan hasil korelasi positif terhadap kapasitas vital paksa ($r = 0,38$). Nilai kemaknaan dengan dilakukannya uji regresi linier didapatkan nilai $p = 0,00$ ($p = > 0,05$), hasil tersebut menerangkan bahwa tinggi badan mempengaruhi nilai kapasitas vital paksa. Dimana semakin tinggi ukuran badan seseorang maka nilai kapasitas vital paksa akan semakin tinggi karena memiliki volume paru yang lebih besar dibandingkan dengan seseorang dengan ukuran tubuh yang lebih kecil atau pendek (NIOSH). Serupa dengan penelitian yang dilakukan Elizabeth yang menjelaskan bahwa adanya pengaruh tinggi badan terhadap KVP ($r: 0,18/CI: 0,17;0,19 /p:0,0001$) [21].

c. Lama merokok

Analisis bivariat pada penelitian ini, memberikan hasil lama merokok berkorelasi negatif terhadap penurunan kapasitas vital paksa ($r = -0,14$). Nilai yang sama juga terdapat pada regresi linier dengan memberikan hasil yang bermakna antara lama merokok dengan risiko penurunan kapasitas vital paksa ($p = 0,119$). Hal ini serupa dengan studi yang lain menemukan bahwa ada hubungan yang signifikan antara lama merokok dengan gejala batuk dan produksi sputum, sehingga dapat menyebabkan kerentanan terhadap infeksi bakteri yang dapat berisiko menyebabkan gangguan fungsi paru berupa KVP ($p = 0,001$)[19][20].

Penelitian ini membuktikan bahwa umur, total pajanan asap dan lama merokok berkaitan dengan risiko terjadinya penurunan kapasitas vital paksa pada pengelas.

BAB 6

KESIMPULAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil penelitian yang dilakukan dengan jumlah sampel yang melibatkan 124 responden dan dilakukan di perusahaan manufaktur pembuatan knalpot kendaraan bagian pengelasan di Jakarta, dapat disimpulkan bahwa:

1. Total pajanan asap memiliki keterkaitan terhadap penurunan kapasitas vital paksa dimana terdapat penurunan kapasitas vital paksa sebesar 0,005 liter (koefisien = - 0,005) pada setiap penambahan satu unit total pajanan asap.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara umur, total pajanan asap, dan lama merokok terhadap penurunan kapasitas vital paksa pada pengelas. Juga didapatkan pengaruh tinggi badan terhadap nilai kapasitas vital paksa.
3. Persamaan linier untuk menentukan nilai kapasitas vital paksa berdasarkan total pajanan asap, yaitu $Y = 3,74 + (-0,005X)$. Dengan keterangan nilai Y adalah nilai kapasitas vital paksa dan X adalah variabel total pajanan asap (unit).
4. Total pajanan asap pengelasan berkorelasi dengan risiko penurunan nilai kapasitas vital paksa pada pengelas.

6.2 Saran

6.2.1. Bagi pengusaha

1. Pengendalian secara teknis dengan membuat system ventilasi yang lebih baik dan disesuaikan dengan *hazards (fume)*, yaitu dengan pembuatan system *duckting* yang lebih baik (mulut system ventilasi di buat di bawah).
2. Pembuatan SOP yang baik untuk penggunaan APD agar penggunaan APD menjadi lebih maksimal dalam fungsinya. Petunjuk mengenai penggunaan APD yang baik dan perawatannya juga sangat perlu

disosialisasikan dengan baik. APD juga harus lebih disesuaikan dengan *hazards* yang ada.

3. Secara rutin dilakukan pemeriksaan kesehatan pekerja terkait dengan pemeriksaan fungsi paru setiap tahunnya di tempat kerja khususnya bagi pekerja pengelas.
4. Menerapkan program pengontrolan terhadap lama merokok bagi pekerja dengan melakukan *health talk* rutin mengenai edukasi bahaya rokok bagi kesehatan perokok dan bukan perokok, pengadaan poster-poster bergambar dan menarik mengenai bahan-bahan beracun yang terkandung dalam sebatang rokok dan bahaya merokok bagi kesehatan

6.2.2 Bagi pekerja

1. Segera melakukan pemeriksaan kesehatan bila muncul keluhan terkait gangguan pernapasan seperti sesak dan batuk pada waktu dan setelah bekerja.
2. Pekerja wajib menggunakan alat pelindung diri yang telah di sediakan perusahaan.
3. Bagi pekerja yang memiliki lama merokok yang tinggi, sebaiknya segera mengurangi kebiasaannya tersebut.

6.2.3 Bagi peneliti

Melakukan penelitian yang sama dengan melihat masa pajanan selama satu hari dengan membandingkan pemeriksaan yang dilakukan sebelum mereka mulai bekerja dan sesudah selesai bekerja.

Daftar Pustaka

1. Antonini MJ. Health effects of welding. *Critical reviews in toxicology*.2003; 33:61-103.
2. Sobaszek A, Boulenguez C, Frimat P, et al. Respiratory of exposure to stainless steel and mild steel welding fumes. *Occup Environ Med* .2000;9:923-30.
3. Meo SA, Alkhelaiwi T. Health hazards of welding fumes. Departement of Physiology College of Medicine King Khalid University Hospital Riyadh. *Sau Med J*. 2003;11:1176-82.
4. Hammond SK, Gold E, Baker R, et al. Respiratory health effects related to occupational spray painting and welding. *Occup Environ Med* .2005;7:728-38.
5. Donoughe AM, Glass WI, Herbison GP. Transient changes in the pulmonary function of welders: a across sectional study of Monday peak expiratory flow. *Occup Environ Med*.1994;51:553-6.
6. Pekkanen RE, Slater T, Cheng S, et al. Two year follow up of pulmonary function values among welders in New Zealand. *Occup Environ Med*.1999;56:328-33.
7. Anthony JS, Zamel N, Aberman A. Abnormalities in pulmonary function after brief exposure to toxic metal fumes. *CMA*. 1978;119:586-8.
8. Antonini MJ, Stone S, Roberts JR, et al. Short term inhalation exposure to mild steel welding fume had no effect on lung inflammation and injury but did alter defense responses to bacteria in rats. Health Effect Laboratory Division, National Institute for Occupational Safety and Health. 2009;21:182-92.
9. John H, Arthur G. Fisiologi manusia dan mekanisme penyakit. Alih bahasa: Adrianto P. Jakarta. EGC.1997.
10. Tulus MA. Manajemen sumber daya manusia. Jakarta. Gramedia Pustaka. 1992.

11. Basuki B. Panduan proposal penelitian. Jakarta. Departemen Ilmu Kedokteran Komunitas Fakultas Kedokteran Indonesia. 2012.
12. McKay RT, Lockett J. Pulmonary function testing: Guidelines for medical surveillance and epidemiological studies. *Occupational Medicine: State of the art reviews*. 1991;6:43-57.
13. Mur JM, Teculescu D, Pham QT, et al. Lung function and clinical findings in a cross-sectional study of arc welders. An epidemiological study. *Int Arch Occup Environ Health*. 1985;57:1-17
14. Newhouse ML, Oakes D, Woolley A. Mortality of welders and other craftman at a shipyard in England. *Br J Ind Med*. 1985;42:400-10.
15. Campbell I, Schonell M. *Respiratory Medicine*. 2nd ed. Edinburgh; Churchill Livingstone.1984.
16. Pourtaghi G, Kakooei H, Salem M, et al. Pulmonary effects of occupational exposure to welding fumes. *AJBAS*. 2009;3291-6.
17. Guyton AC. *Textbook of Medical Physiology*. 5th ed. Philadelphia. WB Saunders.1971.
18. Luo JC, Hsu KH, Shen WS. Pulmonary function abnormalities and airway irritation symptoms of metal fumes exposure on automobile spot welders. *Am J Ind Med* 2006;49:407-16.
19. Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. *Penduduk yang bekerja di Indonesia berdasarkan golongan umur dan lapangan usaha 2008*. Diunduh 2012 Juni 5. Tersedia di <http://www.nakertransa.go.id>

Lampiran 1**Penjelasan**

Saya dr. Titis mariyamah dari program Magister Kedokteran Kerja Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta, sedang melakukan penelitian untuk menilai fungsi paru dengan menggunakan spirometri di tempat kerja. Tes spirometri, sebanyak seratus lima puluh responden akan diikutsertakan dalam penelitian ini.

Pada penelitian ini Saudara akan mengikuti petunjuk dan prosedur yang diberikan. Bila bersedia ikut dalam penelitian, akan diberikan penyuluhan tentang pemeriksaan yang akan dilakukan. Syarat-syarat yang harus dilakukan sebelum pemeriksaan spirometri yaitu, responden tidak merokok minimal dua jam sebelum pemeriksaan, tidak makan terlalu kenyang dan tidak berpakaian ketat. Responden akan melakukan tiga kali manuver pemeriksaan, dimana akan diambil manuver yang terbaik sesuai dengan hasil grafik spirogram .

Selama mengikuti pemeriksaan fungsi paru dengan spirometri, Saudara akan didampingi oleh dokter yang akan memantau kondisi kesehatan Saudara dan akan mengambil tindakan yang diperlukan apabila terjadi sesuatu hal dengan kesehatan Saudara. Dalam penelitian itu juga dilakukan penyaringan dengan menggunakan kuesioner untuk melihat adanya gangguan kesehatan yang berhubungan dengan saluran pernafasan pada saat itu. Apabila dari hasil penyaringan dengan kuisisioner tersebut tidak ada masalah kesehatan maka saudara dapat mengikuti uji fungsi paru dengan spirometri tersebut di atas. Dengan kesediaan responden mengikuti tes tersebut maka responden dapat mengetahui adanya perubahan fungsi paru yang mungkin dialami responden.

Responden berhak menolak ikut dalam penelitian ini. Bila telah memutuskan untuk ikut, responden bebas mengundurkan diri saat penelitian tersebut berlangsung. Semua data tersebut akan diperlakukan secara rahasia sehingga orang lain tidak dapat mengetahui hasil tersebut. Bila responden tidak mengikuti prosedur mengenai tes kebugaran yang telah diberikan oleh peneliti, maka anda dapat dikeluarkan dari penelitian tersebut. Responden diberi kesempatan untuk menanyakan semua hal yang belum jelas sehubungan dengan penelitian tersebut.

Lampiran 2**Lembar Persetujuan**

Saya, telah diberitahu bahwa keperluan penelitian ini ialah untuk menilai hubungan perubahan fungsi paru dan faktor-faktor yang berpengaruh pada pekerja bagian pengelasan. Hasil penelitian ini sangat bermanfaat dalam upaya meningkatkan kesehatan para pekerja.

Saya menyadari bila saya ikut serta dalam penelitian ini, maka saya akan diwawancara oleh pewawancara yang layak, melakukan pengisian kuesioner dan beberapa pemeriksaan penunjang.

Saya juga menyadari bahwa keterangan atau informasi yang dikumpulkan dalam penelitian ini akan diperlakukan sebagai rahasia.

Saya juga menyadari bahwa saya tidak akan dibebani biaya apapun untuk keperluan penelitian ini.

Saya juga menyadari bahwa saya setiap waktu dapat menghentikan keikutsertaan dalam penelitian ini tanpa adanya paksaan apapun juga.

Saya telah diberi kesempatan untuk mengajukan pertanyaan berkenaan dengan tata cara penelitian ini, dan saya menyetujui untuk ikut serta dalam penelitian ini.

Jakarta, - - 2012

Nama Responden

Lampiran 3

A. Karakteristik demografi responden					
Nama : A.1. Umur : tahun A.2. Status Perkawinan 1. Belum 2. Kawin 3. Cerai/Duda		A.3. Pendidikan responden : tahun A.4. Penghasilan sebulan : Rp.....,00			
Status gizi: TB= Cm, BB = kg, Kondisi kesehatan saat ini: 1. Sehat 2. Batuk 3. Pilek 4. Lainnya		Tanda-tanda vital Nadi = detak/menit, tekanan darah 1 = mmHg tekanan darah 2 = mmHg tekanan darah 3 = mmHg			
RIWAYAT PEKERJAAN	Tanggal wawancara		Jenis subjek		Nomor subjek
a. Jenis pekerjaan	b. Mulai tahun	c. Sampai tahun	d. Jam kerja hari ini	e. Rata-rata <i>hari</i> kerja per minggu	f. Rata-rata <i>jam</i> kerja per minggu

B. Kebiasaan merokok	
0. Tidak pernah B1.1. Pernah/berhenti, kapan..... 2. Masih	Jika pernah/masih B.2 batang/hari B.3 Jenis rokok: 1. Putih 2. Kretek 3. Campur B.4 Lamanya merokok tahun.

C. Riwayat penyakit responden					
	C1 Asma	C2 Bronchitis	C3 TB Paru	C4 Hipertensi	C5 Diabetes
0. Tidak pernah					
1. Pernah, Berapa lama Terakhir kena Berobat: Didiagnosis oleh	..... bulan Tahun ya/tidak .....	..... bulan Tahun ya/tidak. .....	..... bulan Tahun ya/tidak. .....	..... bulan Tahun ya/tidak .....	..... bulan Tahun ya/tidak.
2. Masih Berapa lama: Terakhir kena Berobat : Didiagnosis oleh	..... bulan Tahun ya/tidak .....	..... bulan Tahun ya/tidak .....	..... bulan Tahun ya/tidak .....	..... bulan Tahun ya/tidak .....	..... bulan Tahun ya/tidak
3. Tidak tahu					
Hasil pengukuran	Kapasitas vital paru:	Volume ekspirasi pertama:	paksa detik	Kebugaran jasmani	Nadi 1: Nadi 2: Nadi 3:

Lampiran 4

Rencana Jadwal dan Biaya Penelitian

Rencana Jadwal Penelitian

	Bulan 1				Bulan 2			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Pengumpulan data								
Pengolahan data penyusunan laporan hasil								
Ujian pra tesis								
Ujian tesis								

Rencana Biaya Penelitian					
Tahap Persiapan & pengumpulan data	Jumah	Jumlah yang dibutuhkan		Harga satuan	Total
Kertas HVS dan tinta	1 rim				Rp. 190.000
Foto kopi kuesioner	350	5 lembar		Rp. 100	Rp. 175.000
Tahap Pemeriksaan					
- Spirometri		200 sampel		Rp. 80.000	Rp. 16.000.000
Tahap penulisan dan penyajian hasil penelitian					
Kertas HVS	1 rim				Rp. 40.000
Foto copy hasil penelitian	2 kali	100 lembar	6 set	Rp. 100	Rp. 120.000
Penjilidan	2 kali	„	6 set	Rp. 5000	Rp. 60.000
Konsumsi penyajian data	6 orang			Rp. 30.000	Rp. 180.000
Total					Rp. 24.765.000

Catatan : semua biaya penelitian ditanggung oleh peneliti

Lampiran 5

Hasil penghitungan statistik dengan STATA

```
sum kvp Umur Lama tinggi Masa totalpajan
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
kvp	124	3.548387	.5892649	2	5
Umur	124	27.96774	6.030998	19	41
Lama	124	5.870968	6.484463	0	25
tinggi	124	167.1452	6.083021	150	183
Masa	124	6.75	4.353533	1	16
totalpajan	124	36.20161	23.44444	5	86

```
cor kvp Umur Lama tinggi totalpajan (obs=124)
```

	kvp	Umur	Lama	tinggi	totalp~n
kvp	1.0000				
Umur	-0.2146	1.0000			
Lama	-0.1409	0.5188	1.0000		
tinggi	0.3813	-0.0486	0.0574	1.0000	
totalpajan	-0.2082	0.8685	0.4494	-0.1139	1.0000

```
reg kvp Umur
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 124		
Model	1.96689856	1	1.96689856	F(1, 122)	=	5.89
Residual	40.7427789	122	.333957204	Prob > F	=	0.0167
Total	42.7096774	123	.34723315	R-squared	=	0.0461
				Adj R-squared	=	0.0382
				Root MSE	=	.57789

kvp	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	95% Conf. Interval]	
Umur	-.0209676	.0086398	-2.43	0.017	-.038071	-.0038643
_cons	4.134804	.2471457	16.73	0.000	3.645555	4.624054

```
reg kvp Lama
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 124		
Model	.848010857	1	.848010857	F(1, 122)	=	2.47
Residual	41.8616666	122	.343128414	Prob > F	=	0.1185
Total	42.7096774	123	.34723315	R-squared	=	0.0199
				Adj R-squared	=	0.0118
				Root MSE	=	.58577

kvp	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[ 95% Conf. Interval]	
Lama	-.0128048	.0081452	-1.57	0.119	-.0289291	.0033194
_cons	3.623564	.071091	50.97	0.000	3.482832	3.764296

reg kvp tinggi

Source	SS	df	MS			
Model	6.21071574	1	6.21071574	Number of obs =	124	
Residual	36.4989617	122	.299171817	F(1, 122) =	20.76	
Total	42.7096774	123	.34723315	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.1454	
				Adj R-squared =	0.1384	
				Root MSE =	.54697	

kvp	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]	
tinggi	.0369402	.0081075	4.56	0.000	.0208905	.0529898
_cons	-2.625984	1.356024	-1.94	0.055	-5.310369	.0584006

reg kvp totalpajan

Source	SS	df	MS			
Model	1.85058442	1	1.85058442	Number of obs =	124	
Residual	40.859093	122	.334910598	F(1, 122) =	5.53	
Total	42.7096774	123	.34723315	Prob > F =	0.0203	
				R-squared =	0.0433	
				Adj R-squared =	0.0355	
				Root MSE =	.57871	

kvp	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]	
totalpajan	-.0052319	.0022257	-2.35	0.020	-.009638	-.0008259
_cons	3.737791	.0958812	38.98	0.000	3.547985	3.927598

. sw, pr(.2): reg kvp Lama total pajan begin with full model

p = 0.5516 >= 0.2000 removing Lama

Source	SS	df	MS			
Model	1.85058442	1	1.85058442	Number of obs =	124	
Residual	40.859093	122	.334910598	F(1, 122) =	5.53	
Total	42.7096774	123	.34723315	Prob > F =	0.0203	
				R-squared =	0.0433	
				Adj R-squared =	0.0355	
				Root MSE =	.57871	

kvp	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]	
tinggi	.0350983	.0080615	4.35	0.000	.0191385	.0510581
totalpajan	-.0041943	.0020917	-2.01	0.047	-.0083353	-.0000533
_cons	-2.16629	1.359015	-1.59	0.114	-4.856818	.5242389