

# ANALISIS PAJANAN *FUMES* LAS DENGAN GANGGUAN FAAL PARU PEKERJA PENGELASAN PT. PAL INDONESIA (PERSERO)

## *The Analysis of Exposure Welding Fumes with Impaired Lung Faal Workers Welding PT. PAL Indonesia (Persero)*

Riesa Desy dan Lilis Sulistyorini  
Departemen Kesehatan Lingkungan  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga  
Riesa.desy@gmail.com

**Abstrak:** Pengelasan adalah kegiatan yang memiliki risiko besar terjadinya gangguan faal paru yang diakibatkan dari *fumes* pengelasan. Tujuan umum penelitian ini menganalisis gambaran pajanan *fumes* dan karakteristik individu dengan gangguan faal paru pekerja pengelasan di PT. PAL INDONESIA (persero). Penelitian ini merupakan penelitian observasional dan deskriptif dengan pendekatan *cross sectional*. Jumlah sampel sebanyak 23 pekerja yang merupakan total populasi pekerja pengelasan dari 4 bengkel las yang ada di PT. PAL INDONESIA (persero). Penelitian ini dilakukan dengan mengukur kadar *fumes* menggunakan alat HVDS, pengukuran dilakukan pada 4 titik bengkel pengelasan. Pemeriksaan faal paru dilakukan dengan menggunakan alat spirometer. Data faktor risiko didapatkan dari hasil wawancara dan kuesioner. Hasil penelitian ini menunjukkan kadar *fumes* melebihi NAB pada 2 bengkel pengelasan. Hasil pengukuran faal paru, terdapat 3 pekerja yang mengalami gangguan faal paru dengan kategori obstruksi dan restriksi ringan. Faktor risiko yang dapat memperbesar terjadinya gangguan faal paru pekerja adalah jenis masker yang digunakan oleh pekerja. Sebaiknya pekerja pengelasan menggunakan *chemical respirator* yang sudah disediakan oleh PT. PAL INDONESIA dalam melakukan pekerjaan pengelasan, untuk mencegah *fumes* masuk ke dalam saluran pernafasan. Berdasarkan hasil penelitian diatas, sebaiknya PT. PAL INDONESIA melakukan kewajiban untuk melakukan pemeriksaan kesehatan berkala untuk pekerja.

**Kata kunci:** Pajanan *fumes*, gangguan faal paru, pengelasan

**Abstract:** *Welding is an activity that has a major risk for lung function disorders resulting from gas and fumes generated. The general objective of this study was to analyze the overview of fumes exposure, individual characteristics with impaired lung function welding workers in PT. PAL INDONESIA (Persero). The type of this research is an observational study and is descriptive with cross sectional approach. The sample used the total population of the labor of welding PT. PAL INDONESIA (Persero). Measuring levels of fumes using HVDS, measurements were performed on a 4 point welding workshop. Examining of lung function is done by using a spirometer. And the risk factor data obtained from questionnaires and interviews. The results of this study showed levels of fumes that exceed 2 NAB contained in welding workshop. From the results of pulmonary function measurement, there are three workers with impaired lung function by the category of mild obstruction and restriction. Characteristics of individuals who have an influence on the occurrence of pulmonary function disorders worker is of masks used by workers. Welding workers should wear masks that have been provided by PT. PAL INDONESIA. PT. PAL INDONESIA should undertake an obligation to conduct periodic health for workers.*

**Keywords:** *Exposure to fumes, pulmonary function disorder, welding.*

## PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan proses pengikatan metalurgi pada sambungan logam paduan atau logam yang terbentuk ketika logam dalam keadaan cair. Logam dicairkan dengan energi panas dan dialirkan pada bagian logam yang akan disambung. Proses penyambungan logam dapat dilakukan dengan atau tidaknya tekanan. Sejalan dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, berbagai cara pengelasan baru telah dikembangkan sehingga pada saat ini semua logam dapat dipotong (Wiryosumatro.dkk, 2014).

Bahaya kimia yang dihasilkan dari proses pengelasan akan memberikan dampak negatif terhadap udara di sekitar lingkungan kerja. Beberapa komponen pencemar udara yang paling banyak berpengaruh diantaranya adalah karbon monoksida, nitrogen dioksida, belerang oksida, serta hidrokarbon. Dimana komponen pencemar tersebut dapat menurunkan faal paru pekerja (Sunaryo, 2008).

Berdasarkan laporan yang ada penyakit pernafasan akibat kerja yang akhir ini terjadi disebabkan karena keberagaman bahan kimia

yang semakin lama semakin bertambah, serta adanya kegiatan yang menghasilkan bahan pencemar. Udara yang kita hirup akan selalu melewati sistem respirasi terlebih dahulu dan pada proses tersebut kontaminan dapat menyebabkan reaksi mendadak pada saluran udara atau alveoli sehingga menyebabkan inflamasi (Jeyaratnam *et al.*, 2010).

*Fumes* adalah partikel zat padat yang berukuran sangat kecil ( $< 1$  mikron) dan terbentuk bila logam dipanaskan. Uap logam yang terbentuk kemudian akan mengalami kondensasi dan oksidasi dalam udara sehingga terbentuk oksida dari logam tersebut. Debu dalam asap las besarnya sekitar 0, 2–0, 3  $\mu\text{m}$ . Distribusi ukuran *fumes* timbul dari elektroda jenis II menit dan hidrogen rendah. Pada *fumes* ukuran 0, 5  $\mu\text{m}$  atau lebih bisa terisap dan tertahan di bulu hidung dan debu asap las yang lebih halus akan masuk ke dalam paru-paru (Wiryo Sumarto dan Okumura, 2014).

Nilai ambang batas debu asap las atau *fumes* menurut ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienist*) tahun 1974 adalah 5  $\text{mg}/\text{m}^3$  yang sudah banyak dianut oleh negara lain serta nilai ambang batas berdasarkan Permenakertrans Nomor 13 tahun 2011 sebesar 10  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

*Fumes* merupakan salah satu bahaya yang dihasilkan selama proses pengelasan berlangsung. *Fumes* adalah partikel padat yang terbentuk dari kondensasi gas yang ada. Pada umumnya berasal dari material yang dilelehkan. *Fumes* terjadi karena suatu reaksi kimia, yaitu oksidasi (Mulia, 2005). *Fumes* pengelasan banyak mengandung oksida logam dan dapat berisi antimon, berilium, cadmium, kromium, kobalt, tembaga, besi, timah, mangan, merkuri dan seng (Aminian *et al.*, 2011) dan *fumes* tersebut menyebabkan efek kronis berupa iritasi mata, iritasi sensorik, terganggunya fungsi fisiologis paru. Efek akut dapat berupa penurunan fungsi paru, infeksi saluran nafas, hingga gagalnya sistem pernafasan (Santi, 2013).

Terhirupnya uap logam yang berkonsentrasi tinggi akan dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan dan apabila dibiarkan akan sampai ke paru-paru (Palar, 2008). Penelitian pada kajian fungsi paru pekerja pengelasan di kecamatan Mertoyudan Magelang, menyatakan bahwa pengaruh yang paling dominan sebagai

penyebab terjadinya gangguan fungsi paru akut adalah masa kerja (Sukawati, 2014).

PT. PAL INDONESIA (persero) adalah perusahaan galangan kapal yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di sektor *maritime*, dengan spesialisasi pembuatan kapal sebagai produk utama, serta bergerak dalam perbaikan dan pemeliharaan kapal. Beberapa divisi yang ada di PT. PAL kegiatan pengelasan banyak dilakukan pada divisi *General Engineering*, yang memiliki 4 bengkel las diantaranya bengkel pipa I, bengkel pipa II, bengkel konstruksi plat I dan konstruksi plat II. Jenis pengelasan yang digunakan dalam proses pembuatan kapal yang ada di PT. PAL menggunakan jenis pengelasan listrik diantaranya *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dan *Plasma Arc Welding* (PT. PAL INDONESIA, 2016).

Berdasarkan studi pendahuluan, PT. PAL INDONESIA belum pernah dilakukan pengukuran udara secara umum maupun spesifik. Pengukuran rutin yang dilakukan oleh PT. PAL INDONESIA hanya meliputi suhu dan kelembapan. Untuk menghindari bahaya yang dihasilkan dari proses pengelasan PT. PAL INDONESIA telah menyediakan alat pelindung diri yang sesuai untuk para pekerjanya. Namun berdasarkan studi awal yang dilakukan tidak semua pekerja mematuhi SOP yang telah ditetapkan. Terdapat pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung diri sesuai standar yang ditetapkan untuk pekerjaan pengelasan (Fauzia, 2016). Pemakaian alat pelindung diri yang tidak sesuai standar akan menyebabkan gangguan faal paru pekerja.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan, PT. PAL INDONESIA hanya melakukan pemeriksaan kesehatan pada awal penerimaan pekerja, sehingga kondisi kesehatan berkala tidak dapat dipantau secara intensif. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan upaya pemeriksaan kesehatan, untuk mengetahui kesehatan paru pekerja pengelasan di PT. PAL INDONESIA (Fauzia, 2016).

Data proyek dari Departemen Kesehatan menyebutkan bahwa pada bulan Maret 2012 tercatat setiap tahunnya hampir 100 orang pekerja di bagian pengelasan mengalami cedera dan gangguan pernafasan pada saat melakukan pekerjaan (Depkes, 2012).

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian terkait gambaran paparan

*fumes* las dengan gangguan faal paru pekerja pengelasan di PT. PAL INDONESIA (persero).

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian observasional yang bersifat deskriptif dengan pendekatan *cross sectional*, karena dilakukan pada satu waktu tertentu.

Populasi pekerja bagian pengelasan di PT. PAL INDONESIA (persero) divisi *General Engineering* terbagi menjadi 4 bengkel las diantaranya bengkel las pipa I dengan jumlah pekerja sebanyak 4 orang, bengkel pipa II sebanyak 4 orang, bengkel konstruksi plat I sebanyak 7 orang dan bengkel konstruksi plat II sebanyak 8 orang. Sehingga total seluruh populasi pekerja bagian pengelasan PT. PAL INDONESIA pada divisi *General Engineering* sebanyak 23 orang pekerja. Sampel pada penelitian ini adalah seluruh populasi yang ada.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah pajanan *fumes* dan faktor risiko terjadinya gangguan faal paru yang meliputi usia, kebiasaan merokok, masa kerja, penggunaan dan jenis masker, iklim kerja. Variabel terikat pada penelitian ini adalah gangguan faal paru pekerja pengelasan.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi wawancara. Jenis wawancara yang digunakan dalam pengumpulan data adalah wawancara terpimpin, yang dilakukan berdasarkan pedoman berupa kuesioner yang telah disiapkan sebelumnya, sehingga peneliti hanya menanyakan pertanyaan pada responden. Teknik pengumpulan data selanjutnya berupa observasi penggunaan alat pelindung diri. Observasi dilakukan untuk mengetahui kepatuhan pekerja dalam menggunakan masker saat bekerja serta melakukan observasi tentang kesesuaian masker yang digunakan saat bekerja, apakah masker yang dikenakan sudah sesuai dengan standar.

Instrumen pengumpulan data dalam penelitian ini adalah kuesioner untuk wawancara. Spirometer untuk mengukur kapasitas vital paru dan *high volume dust sampler* untuk mengukur kadar *fumes* las serta *thermohygrometer* untuk mengukur suhu dan kelembapan.

Lokasi tempat pengukuran *fumes* pengelasan ditempatkan pada ketinggian 0,5 sampai 1,5 meter dari lantai, atau sejajar dengan saluran pernafasan pekerja. Jumlah titik pengukuran

pada bengkel pipa I, pipa II dan untuk bengkel konstruksi plat I dan konstruksi plat II diambil 1 titik sampel pengukuran pada masing-masing bengkel (SNI 16-7058-2004). Alat yang digunakan untuk pengukuran *fumes* adalah HVDS Sibata.

Pemeriksaan gangguan faal paru dilakukan pada pekerja bagian pengelasan di PT. PAL INDONESIA (persero), dengan menggunakan alat spirometer yang dilakukan oleh tenaga ahli dan didampingi oleh peneliti. Spirometer yang digunakan adalah spirometer merk Spirolab III versi 2.7.

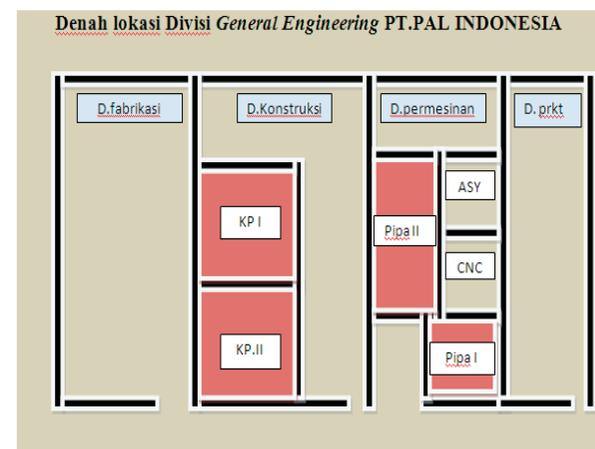
Suhu dan kelembapan diukur menggunakan *thermohygrometer* yang dipaparkan selama 15 menit pada area kerja.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menunjukkan denah lokasi pengukuran *fumes*. Area pengerjaan pengelasan ditandai dengan warna merah yang meliputi konstruksi plat I, konstruksi plat II, bengkel pipa I dan bengkel pipa II.

Bengkel pada divisi *General Engineering* seluruhnya dilengkapi dengan ventilasi berupa pintu pada setiap bengkel. Pekerja melakukan kegiatan pengelasan seluruh pintu dibuka sebagai ventilasi. Bengkel juga dilengkapi dengan ventilasi berupa jendela pada ujung atas bengkel. Ventilasi ini hanya berfungsi sebagai penerangan, yang tidak dapat mengalirkan udara.

Pengukuran dilakukan pada saat seluruh pekerja pengelasan menggunakan jenis las GMAW. Pengelasan merupakan proses pencairan setempat, dilakukan penyambungan dua material logam, memakai elektroda (*wire rod filler metal*) menggunakan logam dasar yang sama (*base*



**Gambar 1.**  
Denah lokasi pengukuran *fumes*.

**Tabel 1.**  
Hasil Pengukuran Kadar *Fumes* pada Divisi *General Engineering* PT. PAL INDONESIA

Lokasi pengukuran	Waktu	Hasil (mg/m <sup>3</sup> )	Keterangan
Konstruksi plat II	10.00	10,9	Diatas NAB
Konstruksi plat I	10.30	0,6	Dibawah NAB
Bengkel pipa 1	13.50	32,1	Diatas NAB
Bengkel pipa II	14.15	0,4	Dibawah NAB

*metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*).

Pengelasan GMAW adalah jenis pengelasan yang menggunakan *shielding* gas sebagai pelindung logam las agar tidak terkontaminasi dari udara lingkungan sekitar logam saat proses pengelasan dilakukan. *Shielding* gas berasal dari gas inert yaitu argon, helium atau campuran keduanya dan gas aktif yaitu CO<sub>2</sub> atau campuran gas argon, helium dengan CO<sub>2</sub>. Industri pengelasan baja, tembaga, nikel, *stainless steel*, magnesium dan aluminium banyak menggunakan jenis pengelasan ini.

Bahan yang dilas pada bagian konstruksi berupa *mild steel* dengan tipe CHT711 sedangkan pada bagian pipa bahan yang dilas adalah *mild steel* dengan tipe yang sama, dengan ketebalan plat yang berbeda.

Pengukuran *fumes* dimulai pada pukul 10.00 dipaparkan selama 30 menit pada bengkel konstruksi plat II, dan dilanjutkan pengukuran pada bengkel konstruksi plat I. Pengukuran selanjutnya dilakukan pada 13.50 setelah jam istirahat.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan pada keempat titik pada divisi *General Engineering* terdapat hasil yang berbeda pada bengkel pipa titik I hasil yang didapat sebesar 32,1 mg/m<sup>3</sup>. Hal tersebut dikarenakan kapasitas pengelasan pada bengkel pipa pada titik 1 cenderung lebih besar dibandingkan dengan bengkel pipa lainnya.

Faktor lain yang dapat memengaruhi tingginya kadar *fumes* pada bengkel pipa titik 1 dikarenakan pengerjaan pengelasan dilakukan di dalam pipa. Pada bengkel konstruksi plat II didapatkan hasil 10,9 mg/m<sup>3</sup> hasil tersebut cukup tinggi dibandingkan dengan hasil pengukuran pada konstruksi plat 1 hal tersebut juga dipengaruhi oleh aktivitas pengelasan yang dilakukan di dalam bangunan plat, hasil yang didapat pun jauh berbeda dengan konstruksi plat 1 yaitu sebesar 0,6 mg/m<sup>3</sup>. Hal tersebut dikarenakan konstruksi plat I mengerjakan aktivitasnya tidak di dalam bangunan plat, melainkan diluar plat.

Pada bengkel konstruksi plat I dan bengkel pipa II hasilnya cenderung sangat rendah karena pengelasan dilakukan tidak di dalam pipa maupun rangka plat, melainkan di ruangan yang ventilasi cukup tinggi, atap ruangan yang tinggi akan sangat memengaruhi jumlah *fumes* yang dihasilkan, karena *fumes* akan dengan mudah lepas ke udara, sehingga hal tersebut membuat hasil pengukuran *fumes* pada bengkel pipa II dan bengkel konstruksi plat I menjadi rendah.

Bengkel yang memiliki kadar *fumes* melebihi nilai ambang batas maka harus mendapatkan perhatian khusus, karena semakin tinggi paparan *fumes* maka akan semakin tinggi pula risiko pekerja yang mengalami gangguan faal paru. Kadar *fumes* yang melebihi NAB sangat berbahaya bagi kesehatan paru pekerja. NAB yang dipersyaratkan dalam Peraturan Menteri

**Tabel 2.**  
Tabulasi Silang Kadar *Fumes* terhadap Kondisi Faal Paru Pekerja Pengelasan Divisi *General Engineering* PT. PAL INDONESIA

Lokasi	Hasil	Kondisi Faal Paru					
		Normal		Tidak normal		Total	
		n	%	n	%	n	%
KP II	10,9	7	100,0	1	13,0	8	34,8
KP I	0,6	7	83,0	0	0,0	7	30,5
Pipa I	32,1	2	50,0	2	20,0	4	17,4
Pipa II	0,4	4	100,0	0	0,0	4	17,4
<b>Total</b>		20	87,0	3	13,0	23	100,0

Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Kimia di Tempat Kerja menyatakan NAB debu sebesar  $10 \text{ mg/m}^3$ . Dampak pajanan *fumes* yang terus menerus mengakibatkan penumpukan *fumes* yang tinggi di paru yang menimbulkan kerusakan serta kelainan yang meliputi penurunan kapasitas paru disebut obstruksi dan *pneumoconiosis*.

Tabel 2 di atas menunjukkan pada bengkel konstruksi plat I dan bengkel pipa II hasil pengukuran *fumes* cenderung sangat rendah karena pengelasan dilakukan tidak di dalam pipa maupun rangka plat, melainkan di ruangan dengan ventilasi yang cukup tinggi. Atap ruang kerja yang tinggi akan memengaruhi jumlah *fumes* yang dihasilkan, karena *fumes* dapat dengan mudah lepas ke udara, sehingga hasil pengukuran *fumes* pada bengkel pipa II dan bengkel Konstruksi plat I menjadi rendah.

Tabel 2 menunjukkan tenaga kerja yang mengalami gangguan faal paru pada bengkel konstruksi plat II dengan kadar debu sebesar  $10,9 \text{ mg/m}^3$  sebanyak 1 pekerja dari 8 tenaga kerja yang berada pada lokasi tersebut dan 7 pekerja dalam keadaan normal (87.5%).

Pada bengkel pipa I terdapat 2 pekerja yang mengalami gangguan faal paru dari 4 pekerja pada bengkel tersebut atau sebanyak sebesar 50%. Sedangkan pada bengkel konstruksi plat I dan bengkel pipa II yang memiliki hasil pengukuran kadar *fumes* dibawah NAB tidak terdapat pekerja yang mengalami gangguan faal paru. Hal tersebut sesuai dengan teori Suma'mur (2009) yang menyebutkan semakin tinggi pajanan *fumes* maka akan semakin tinggi pula risiko pekerja yang mengalami gangguan faal paru. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Triatmo (2006) yang menyatakan bahwa tenaga kerja yang bekerja dengan pajanan debu diatas NAB memiliki risiko 14 kali lebih besar untuk mengalami gangguan faal paru dibandingkan dengan tenaga kerja yang bekerja pada pajanan debu dibawah NAB yaitu sebesar  $10 \text{ mg/m}^3$ .

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Deviandhoko (2012) di kota Pontianak yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan kapasitas vital paru pada pekerja las sebesar 24,4%. Hal ini dapat menjadi gambaran bahwa *fumes* pengelasan akan menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan.

Deviandhoko (2012) berpendapat, pajanan *fumes* terhirup yang melebihi NAB akan

meningkatkan risiko terjadinya gangguan faal paru, namun kadar *fumes* yang rendah dalam jangka waktu yang lama secara terus menerus akan menimbulkan efek kumulatif sehingga akhirnya pekerja dapat mengalami gangguan fungsi paru.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan suatu pengendalian pada kadar debu yang sudah melebihi NAB. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, sudah terdapat pengendalian terhadap debu yang dihasilkan selama proses pengelasan. Yaitu penyediaan *exhaust* pada pengelasan pipa yang berada di dalam, namun alat tersebut belum cukup efektif, sehingga pengukuran kadar debu masih tinggi pada wilayah tersebut. Maka harus dilakukan upaya teknis lebih lanjut untuk mengurangi kadar debu yang ada diantaranya pemeliharaan *exhaust* yang ada. Selain itu PT. PAL INDONESIA telah menyediakan masker yang sesuai standar pengelasan, sebagai upaya untuk mengurangi masuknya kadar debu yang ada pada lokasi pengelasan. Namun tidak seluruh pekerjanya menggunakan masker yang disediakan oleh PT. PAL INDONESIA (Fauzia, 2016).

### Analisis Usia dengan Gangguan Faal Paru

Usia berhubungan dengan proses penuaan atau bertambahnya usia. Umur yang semakin bertambah serta lingkungan dengan kondisi yang kurang baik atau kemungkinan terkena suatu penyakit, maka kemungkinan terjadinya penurunan fungsi paru akan meningkat. Kekuatan otot maksimal pada usia 20–40 tahun dan akan berkurang sebanyak 20% setelah usia diatas 40 tahun (Pusparini, 2003). Dalam keadaan normal usia memengaruhi frekuensi pada pernafasan dan kapasitas vital paru. Orang dewasa memiliki frekuensi pernafasan antara 16–18 kali per menit, terjadi perubahan fungsi paru secara fisiologis

**Tabel 3.**

Tabulasi Silang Usia dengan Gangguan Faal Paru

Usia	Kondisi faal paru					
	Normal		Tidak normal		Total	
	n	%	n	%	n	%
17–25	3	100,0	0	0,00	3	13,0
26–35	5	83,3	1	16,7	6	26,1
36–45	8	80,0	2	20,0	10	43,5
46–55	4	100,0	0	0,00	4	17,4
<b>Total</b>	20	86,95	3	13,05	23	100,0

sesuai dengan perkembangan usia pertumbuhan paru pada individu normal.

Bertambahnya umur serta kondisi lingkungan yang kurang baik dapat memungkinkan terkenanya suatu penyakit paru, maka akan meningkatkan terjadinya penurunan fungsi paru.

Tabel 3 menunjukkan 2 pekerja yang terkena gangguan faal paru adalah pekerja yang berusia 36–45 tahun, sedangkan 1 pekerja berusia 26–35 tahun.

Hal tersebut dapat disebabkan karena banyaknya populasi pekerja yang berada pada rentang usia 36–45 tahun, sehingga pekerja yang terkena gangguan faal paru lebih terlihat jelas pada rentang usia tersebut. 1 orang pekerja lainnya yang terkena gangguan faal paru adalah pekerja yang berada pada rentang usia 26–35 tahun, hal tersebut tidak sesuai dengan penelitian Khairiyah (2012) yang menyatakan bahwa usia dapat menjadi salah satu faktor yang memengaruhi perkembangan penyakit secara langsung maupun tidak langsung secara bersamaan dengan variabel lain. Semakin tua usia seseorang maka akan mengalami penurunan kekebalan tubuh dan menjadikan seseorang rentan terhadap kondisi yang kurang baik sehingga dapat berpengaruh pada kondisi faal paru seseorang.

Penelitian Dian (2012) menyebutkan bahwa manusia mengalami pertumbuhan dan perkembangan baik secara fisik maupun psikis. Secara normal, pertumbuhan dan perkembangan fisik manusia rata-rata akan berjalan maksimal sampai individu tersebut berusia 18–20 tahun. Kondisi maksimal ini akan bertahan sampai usia sekitar 30 tahun. Setelah melewati usia 30 tahun, maka kondisi fisiologis fungsi organ tubuh akan menurun.

#### Analisis Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Faal Paru

Merokok merupakan kegiatan yang dilakukan secara berulang dalam menghisap rokok mulai dari satu batang atau lebih dalam satu hari (Bustan, 2007). Perubahan struktur dan fungsi saluran pernafasan dan jaringan paru dapat disebabkan oleh rokok.

Tabel 4 menunjukkan hasil, pekerja yang berada pada bengkel pengelasan divisi *General Engineering* terdapat 17 pekerja yang tidak merokok, dengan 3 pekerja yang menderita gangguan faal paru.

Sehingga didapatkan hasil kebiasaan merokok seseorang tidak sepenuhnya dapat mengganggu

**Tabel 4.**  
Tabulasi Silang Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Faal Paru

Kebiasaan merokok	Kondisi faal paru					
	Normal		Tidak normal		Total	
	n	%	n	%	n	%
1–6	2	100,0	0	0,0	2	8,7
7–12	4	100,0	0	0,0	4	17,4
> 12	0	0,0	0	0,0	0	0,00
Tidak merokok	14	82,4	3	17,6	17	73,9
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>86,9</b>	<b>3</b>	<b>13,1</b>	<b>23</b>	<b>100,0</b>

fungsi paru seseorang. Gangguan faal paru dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar. Pekerja yang terkena gangguan faal paru adalah pekerja yang tidak merokok, namun pekerja tersebut berada pada lingkungan yang kadar *fumes* tinggi. Sehingga dapat dimungkinkan hal tersebut menjadi pengaruh terjadinya gangguan faal paru pada pekerja yang tidak merokok.

Pekerja yang merokok tidak ada yang terkena gangguan faal paru juga dapat dipengaruhi oleh faktor kebiasaan yang dilakukan oleh pekerja. Kebiasaan yang dapat memengaruhi kesehatan faal paru diantaranya adalah olahraga.

#### Analisis Masa Kerja dengan Gangguan Faal Paru

Masa kerja seseorang yang semakin lama, maka akan mungkin orang tersebut mempunyai risiko terkena penyakit paru juga semakin besar. Paru adalah organ utama pernafasan, jika paru terus menerus terpapar komponen bahan kimia yang berbahaya maka akan mengalami beberapa gangguan (Anugrah, 2014).

Pada tabel 5 terdapat pekerja yang masa kerja lebih dari 10 tahun sebanyak 14 orang dengan gangguan faal paru sebanyak 2 orang, hanya ada 1 pekerja dengan masa kerja kurang dari 5 tahun yang memiliki fungsi paru tidak normal. 2 pekerja lainnya yang memiliki gangguan fungsi paru memiliki masa kerja diatas 10 tahun. 1 pekerja yang mengalami gangguan faal paru pada masa kerja kurang dari 5 tahun dapat disebabkan karena, sebelum bekerja di PT. PAL INDONESIA pekerja sudah bekerja di tempat yang banyak mengandung polutan. Lingkungan dengan kadar debu tinggi dalam waktu lama akan membuat pekerja

Tabel 5.

Tabulasi Silang Masa Kerja dengan Gangguan Faal Paru

Masa kerja (thn)	Kondisi faal paru					
	Normal		Tidak normal		Total	
	n	%	n	%	n	%
< 5	7	87,5	1	12,5	8	34,8
5–10	1	100,0	0	0,0	1	4,4
> 10	12	85,7	2	14,29	14	60,9
<b>Total</b>	20	86,95	3	13,05	23	100,0

yang terpapar memiliki risiko tinggi terkena penyakit paru obstruktif. Kecenderungan masa kerja sebagai salah satu faktor risiko terjadinya paru obstruktif pada pekerja di industri yang berdebu tinggi lebih dari 5 tahun (Hyatt *et al.*, 2006).

Penelitian yang dilakukan oleh Khumaidah (2009) menjelaskan bahwa penurunan kapasitas vital paru dapat dipengaruhi oleh masa kerja, salah satunya obstruksi saluran pernafasan pada pekerja industri yang berdebu sejak mulai mempunyai masa kerja 5 tahun. Dampak paparan debu yang terus-menerus mengakibatkan penumpukan debu yang tinggi pada paru yang menyebabkan kelainan dan kerusakan yang menetap yaitu berkurangnya elastisitas paru yang ditandai dengan penurunan pada KVP.

Kurniawidjaja (2012) menjelaskan semakin lama seseorang terpajan debu maka risiko terjadinya gangguan fungsi paru juga akan semakin meningkat.

Lama kerja per hari dikategorikan menjadi dua yaitu kurang dari 8 jam dan lebih dari 8 jam per hari. Pengategorian hal tersebut didasarkan pada waktu tenaga kerja yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, yang menyatakan bahwa lama paparan yang diperbolehkan untuk kadar nilai ambang batas. Dari hasil penelitian yang dilakukan tidak ada pekerja yang bekerja lebih dari 8 jam per hari. Seluruh pekerja yang ada pada bengkel pengelasan bekerja rata-rata antara 4–6 jam.

Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan pada masing-masing bengkel, terdapat beberapa pekerja yang setelah selesai melakukan pekerjaannya masih berada di sekitar lokasi kerja. Pekerja cenderung melakukan aktivitas

lain diantaranya mengobrol bersama teman yang lain, sehingga lebih lama berada di area kerja. Hal tersebut dapat meningkatkan risiko pekerja terkena polutan yang ada di area kerja.

### Analisis Penggunaan dan Jenis Masker terhadap Gangguan Faal Paru

Menurut OSHA alat yang digunakan untuk melindungi pekerja dari luka atau penyakit yang diakibatkan oleh kontak dengan bahaya di tempat kerja, baik yang bersifat biologi, kimia, radiasi, fisik, mekanik dan lainnya disebut dengan alat pelindung diri. Pengendalian dalam kecelakaan, menggunakan alat pelindung diri adalah pilihan terakhir bila tahap pengendalian tidak dilakukan.

Dari hasil penelitian terdapat pekerja yang selalu menggunakan masker sebanyak 13 orang, 2 diantaranya tidak menggunakan masker yang sesuai dengan standar dan 11 orang pekerja lainnya sudah menggunakan masker yang sesuai dengan standar. Selain pekerja yang selalu menggunakan masker terdapat 7 pekerja yang hanya kadang-kadang menggunakan masker dimana 1 orang pekerja tidak menggunakan masker sesuai dengan standar dan 6 orang pekerja lainnya sudah menggunakan masker yang sesuai dengan standar.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, PT. PAL INDONESIA telah menyediakan masker melebihi jumlah pekerja pada masing-masing bengkel pengelasan. Jenis masker yang disediakan berupa *chemical respiratory*, namun masih terdapat pekerja pada bagian pengelasan yang tidak menggunakan masker tersebut. Pekerja yang tidak menggunakan masker tersebut menggunakan masker biasa yang terbuat dari kain tipis yang tidak sesuai dengan standar pekerja pengelasan.

Menurut Budiono (2003:99) pemakaian Alat Pelindung Diri pada pekerja dipengaruhi oleh tingkat pendidikan, pengetahuan, serta Sikap pekerja.

Berdasarkan hasil yang dilakukan dalam penelitian Adi (2007) menunjukkan adanya hubungan antara penggunaan Alat Pelindung Diri dengan kapasitas vital paru.

### Analisis Iklim Kerja dengan Gangguan Faal Paru

Iklim kerja merupakan keadaan udara di tempat kerja yang merupakan interaksi suhu, kelembapan serta kecepatan udara (Suma'mur, 2009).

Hasil penelitian pada keempat bengkel suhu yang ada cenderung sama yaitu sebesar 31°C. Berdasarkan Kepmenkes RI Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002) tentang Persyaratan dan Tata Cara Penyelenggaraan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri, suhu yang nyaman adalah 18–30°C, maka suhu yang ada pada keempat bengkel las tersebut termasuk diatas NAB yang ditetapkan.

Suhu yang rendah dapat menyebabkan polutan dalam atmosfer terperangkap dan tidak menyebar, sedangkan suhu yang tinggi akan mempercepat reaksi kimia perubahan suhu polutan udara yang menyebabkan partikel debu bertahan lebih lama di udara sehingga kemungkinan terisap oleh pekerja, kondisi tersebut dapat menjadikan faktor risiko terjadinya gangguan faal paru pada pekerja.

Suhu lingkungan kerja memengaruhi konsentrasi bahan polutan di lingkungan kerja, saat suhu lingkungan tinggi akan terjadi peningkatan konsentrasi bahan polutan semakin meningkat. Keadaan tersebut akan menimbulkan sulitnya pertukaran udara, hal ini akan menimbulkan kondisi lingkungan kerja yang kritis dan berisiko bagi kesehatan respirasi pekerja.

Kelembapan pada bengkel pengelasan memiliki nilai yang sama yaitu 72%. Berdasarkan Kepmenkes RI nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri menyebutkan bahwa batas kelembapan udara lingkungan kerja adalah 65–95%. Maka dapat disimpulkan bahwa kelembapan pada bengkel pengelasan divisi *General Engineering* PT. PAL INDONESIA masih berada pada batas aman yang ditetapkan.

### SIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengukuran *fumes* pada bengkel las pipa I dan bengkel konstruksi plat II melebihi NAB yang dipersyaratkan yaitu sebesar 10 mg/m<sup>3</sup>. Bengkel las pipa II dan bengkel konstruksi plat II kadar *fumes* masih berada dibawah NAB yang dipersyaratkan. Kadar *fumes* tertinggi terdapat pada bengkel pipa I yaitu sebesar 32,1 mg/m<sup>3</sup>, dan *fumes* terendah terdapat pada bengkel pipa II yaitu sebesar 0,4 mg/m<sup>3</sup>.

Hasil pengukuran faal paru pada pekerja pengelasan terdapat 3 pekerja yang memiliki faal paru tidak normal dari seluruh pekerja pengelasan sebanyak 23 pekerja. Pekerja yang mengalami gangguan faal paru, adalah pekerja yang berada pada kadar *fumes* yang tinggi.

Berdasarkan hasil diatas maka sebaiknya PT. PAL INDONESIA melakukan upaya teknis untuk mengurangi kadar *fumes* yang ada pada beberapa bengkel las yang memiliki kadar *fumes* tinggi. Dengan cara melakukan perawatan rutin pada *exhaust*, agar dapat berfungsi dengan maksimal. Melakukan upaya promosi kesehatan pada pekerja pengelasan tentang bahaya pengelasan, agar pekerja sadar dan mau menggunakan masker yang sudah disediakan oleh PT. PAL INDONESIA melakukan pengawasan secara intensif terhadap pekerja mengenai kesesuaian penggunaan masker serta memberikan sanksi pada pekerja yang tidak menggunakan masker yang sesuai. Untuk memantau kesehatan pekerja sebaiknya dilakukan pemeriksaan kesehatan berkala khususnya pemeriksaan paru secara periodik sekurang-kurangnya satu tahun sekali, untuk memantau perkembangan kesehatan pekerja selama bekerja di perusahaan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. (2007). Hubungan masa kerja dengan kapasitas fungsi paru pada pekerja penggilingan padi di Kecamatan Purwanegara Tahun 2004. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.
- Aminian, Alieh, Mehran Solati-Hashjin, Ali Samadikuchaksaraei, Farhad Bakhshi, Fazel Gorjipour, Arghavan Farzdi, Fattolah Moztafzadeh, Martin Schmiicker. (2011). *Synthesis Of Silicon-Substituted Hydroxyapatite By A Hydrothermal Method with Two Different Phosphorous Sources*. *Ceramic International* 37 page 1219–1229.
- Anugrah. (2014). Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Timbulnya Gangguan Fungsi Paru dan Kejadian Bisinosis. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Budiono, S. (2003). *Bunga Rampai Hiperkes dan Keselamatan Kerja*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Bustan, M.N. (2007). *Epidemiologi Penyakit Tidak Menular Edisi Kedua*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Deviandhoko, Nur Endah W, Nurjazuli. (2012). Faktor-faktor yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru pada pekerja pengelasan di Kota Pontianak. *Pontianak: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 3(6): pp. 6–8.
- Dian, P.P. (2013). Hubungan Usia, Lama Kerja, dan Kebiasaan Merokok Petugas Parkir. *Jurnal Kedokteran Muhammadiyah*, 1(3): pp. 77–79.
- Fauzia., R.D. (2016). Hubungan paparan fumes las dan gas NO<sub>2</sub> terhadap gangguan faal paru pekerja pengelasan PT. PAL INDONESIA (persero). 2016. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Hyatt, R.E. Scanlon, P.D. Nakamura, M. (2006). *Static (absolute) Lung Volume, In Interpretation of Pulmonary Function Tes-A Practical Guide*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- Jeyaratnam, et al. (2010). *Buku Ajar Praktek Kedokteran Kerja*. Jakarta: ECG.
- Kementrian Kesehatan RI. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2002). Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002 Tentang *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran Dan Industri*. Jakarta.
- Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. (2011). Nomor PER.13/MEN/X/2011 Tahun 2011 Tentang *Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja*. Jakarta.
- Kementerian Kesehatan RI. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2012). *Laporan Hasil Riset Kesehatan Dasar Indonesia Tahun 2012*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI. Jakarta.
- Khairiyah. (2012). Analisis Hubungan Kesehatan Paru. *Jurnal Media Nusantara*. 2 (5): pp. 22
- Khumaidah. (2009). *Analisis Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Mebel PT. Kota Jati Furnindo Desa Suwawal Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.
- Kurniawidjaja, I.M. (2014). Peranan variasi genetik pada gen TNF-alfa posisi-308, sitokin TNF-alfa, dan sitokin 11&10 terhadap silikosis pekerja pabrik semen di Indonesia. *Disertasi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Mulia. (2005). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Pusparini. (2003). *Bunga Rampai Hiperkes dan Keselamatan Kerja*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Santi, F. (2013). Pengaruh Paparan Debu terhadap Kapasitas Vital Paru Pekerja Tobong Gamping UD.Sido Mulyo. *Journal of Public Health*. 3 (9).
- Standar Nasional Indonesia. SNI 16-7058-2004. *Pengukuran Debu Total di Udara Tempat Kerja*.
- Suma'mur, P.K. (2009). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Gunung Agung.
- Sukawati, Endang. (2014). Kajian Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Pengelasan di Kecamatan Mertoyudan Kabupaten Magelang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 13 (3).
- Suyono, S. (2001). *Buku Ajar Penyakit dalam II FKUI*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Sunaryo, Y. (2008). *Kimia Umum*. Bandung: Grahisindo.
- Triatmo, W. (2006). Paparan Debu Kayu dan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Mebel. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wirjosumatro, H., dan Okumura, T. (2014). *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya. Jakarta.