



T E S I S

FAKTOR RISIKO GANGGUAN FUNGSI PARU PADA
PEKERJA PENGECATAN MOBIL
(Studi pada Bengkel Pengecatan Mobil di Kota Semarang)

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai strata -2 bidang epidemiologi

Oleh :

IRWAN BUDIONO
NIM : E4D003054

PROGRAM STUDI MAGISTER EPIDEMIOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2007

LEMBAR PENGESAHAN

Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Pengecatan Mobil (Studi pada Bengkel Pengecatan Mobil di Kota Semarang)

Disusun oleh :

Nama : Irwan Budiono

NIM : E4D003054

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 26 Mei 2007
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

Semarang, 26 Mei 2007

Mengesahkan

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. dr. Anies, M.Kes, PKK
NIP : 131 431 883

Penguji I

dr. M. Sakundarno Adi, M.Sc
NIP : 131 875 459

Penguji II

Prof. Dr. dr. Suharyo Hadisaputro, SpPD(K)
NIP : 130 368 070

dr. Suhartono, M.Kes
NIP : 131 962 238

Mengetahui :
Ketua Program Studi Magister Epidemiologi
Universitas Diponegoro

Prof. Dr. dr. Suharyo Hadisaputro, SpPD(K)
NIP : 130 368 070

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Irwan Budiono, yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang saya ajukan adalah hasil karya saya sendiri yang belum pernah disampaikan untuk mendapatkan gelar pada program Pascasarjana ini ataupun program Pascasarjana lainnya. Karya ini adalah milik saya, karena itu pertanggungjawabannya sepenuhnya adalah pada saya.

Semarang, 26 Mei 2007

Irwan Budiono

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

- Nama : Irwan Budiono
- Tempat dan Tanggal lahir : Semarang, 17 Desember 1975
- Agama : Islam
- Riwayat Pendidikan : 1. Akademi Gizi Depkes RI Semarang
Lulus tahun 1996
2. Fakultas Kesehatan Masyarakat UNDIP
Lulus tahun 1999
- Riwayat Pekerjaan : 1. Pendidikan Ahli Madya Gizi
Departemen Kesehatan RI Semarang
Tahun 1997 – 2000
2. Akademi Gizi Universitas Muhamadiyah
Surakarta
Tahun 2000 – 2001
3. STIKES Ngudi Waluyo Ungaran
Tahun 2001 – 2004
4. Fakultas Ilmu Keolahragaan
Universitas Negeri Semarang
Tahun 2004 sampai sekarang

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis yang berjudul Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Pengecatan Mobil (Studi pada Bengkel Pengecatan Mobil di Kota Semarang) ini dapat diselesaikan.

Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu tugas akhir untuk menyelesaikan studi pada program Magister Epidemiologi Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Terima kasih sebesar-besarnya dan penghargaan yang tinggi penulis sampaikan kepada Prof. Dr. dr. Anies, M.Kes, PKK dan dr. M. Sakundarno Adi, M.Sc, selaku pembimbing utama dan kedua yang telah banyak memberikan dukungan moral dan semangat serta membimbing dengan penuh kesabaran sehingga tesis ini terselesaikan. Dalam kesempatan ini pula penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. dr. Suharyo Hadisaputro, SpPD(K), selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Ketua Program Studi Magister Epidemiologi Universitas Diponegoro, dan Penguji I.
2. drg. Henry Setyawan, M.Sc, selaku sekretaris Program Studi Magister Epidemiologi Universitas Diponegoro.
3. dr. Suhartono, M.Kes, selaku penguji II yang telah banyak memberikan asupan guna perbaikan tesis ini.

4. Pemilik Bengkel beserta tukang pengecatnya yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu, atas partisipasinya dalam penelitian ini.
5. Ir. Feriyandi beserta staf Balai Pengembangan Keselamatan Kerja dan HIPERKES yang telah membantu pengumpulan data penelitian ini.
6. Ketua Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang, yang telah membantu penyelesaian tesis ini.
7. Keluargaku : istriku Dewi dan anakku Irsyad yang telah mendukung penyelesaian tesis ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi magister Epidemiologi Universitas Diponegoro yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah memberikan asupan untuk perbaikan penulisan tesis ini.

Saya menyadari, tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik kami harapkan demi perbaikan kualitas pembuatan karya ilmiah di masa yang akan datang. Akhirnya saya berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang terkait.

Semarang, 26 Mei 2007

Irwan Budiono

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-------------------------------------------------------------|---------|
| Halaman Judul | i |
| Lembar Pengesahan | ii |
| Pernyataan Keaslian | iii |
| Daftar Riwayat Hidup | iv |
| Kata Pengantar | v |
| Daftar Isi | vii |
| Daftar Tabel | xi |
| Daftar Gambar | xii |
| Daftar Lampiran | xiv |
| Abstrak | xv |
| Abstract | xvi |
| Ringkasan Eksekutif | xvii |
| BAB I. Pendahuluan | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan Penelitian | 7 |
| 1. Tujuan umum | 7 |
| 2. Tujuan khusus | 7 |
| C. Keaslian penelitian | 8 |
| D. Ruang lingkup penelitian | 11 |
| E. Manfaat penelitian | 12 |
| BAB II. Tinjauan Pustaka | 13 |
| A. Tinjauan teori | 13 |
| 1. Pengaruh lingkungan kerja terhadap kesehatan..... | 13 |
| 2. Sistem pernafasan manusia | 14 |
| 3. Pernafasan normal dan kegagalan pernafasan..... | 16 |
| 4. Debu dalam industri | 19 |
| 5. Penimbunan debu dalam paru | 23 |
| 6. Dampak inhalasi cat semprot terhadap kesehatan paru..... | 25 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7. Patofisiologi gangguan fungsi paru karena paparan bahan kimia dalam cat mobil | 28 |
| 8. Penyakit paru kerja akibat pajanan cat semprot..... | 33 |
| 9. Uji fungsi paru | 38 |
| 10. Parameter-parameter faal paru | 42 |
| 11. Faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil..... | |
| BAB III. Kerangka Teori, Konsep, dan Hipotesis | 55 |
| B. Kerangka teori | 55 |
| C. Kerangka konsep | 56 |
| D. Hipotesis | 58 |
| 1. Hipotesis mayor | 58 |
| 2. Hipotesis minor | 58 |
| BAB IV. Metode Penelitian | 60 |
| A. Jenis dan rancangan penelitian | 60 |
| B. Populasi dan Sampel | 61 |
| 1. Populasi | 61 |
| 2. Sampel | 61 |
| 3. Kriteria inklusi | 62 |
| 4. Kriteria eksklusi | 62 |
| C. Alat ukur | 63 |
| D. Pengumpulan data | 63 |
| 1. Lokasi | 63 |
| 2. Pengumpulan data | 64 |
| 3. Variabel penelitian | 64 |
| 4. Definisi operasional | 65 |
| E. Prosedur Penelitian | 67 |
| F. Cara pengolahan data | 68 |
| G. Analisis data | 68 |
| BAB V. Hasil Penelitian | 70 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| A. Gambaran umum tentang bengkel cat mobil di Semarang | 70 |
| 1. Profile bengkel cat mobil di Semarang | 70 |
| 2. Proses pengecatan mobil | 71 |
| B. Distribusi frekuensi sampel penelitian | 73 |
| 1. Distribusi frekuensi riwayat penyakit sampel penelitian | 73 |
| 2. Distribusi frekuensi umur sampel penelitian | 73 |
| 3. Distribusi frekuensi status gizi sampel penelitian | 74 |
| 4. Distribusi frekuensi kebiasaan olah raga sampel penelitian | 76 |
| 5. Distribusi frekuensi kebiasaan merokok sampel penelitian | 76 |
| 6. Distribusi frekuensi masa kerja sampel penelitian | 78 |
| 7. Distribusi frekuensi jumlah jam kerja sampel penelitian | 79 |
| 8. Distribusi frekuensi ruang pengecatan sampel penelitian | 80 |
| 9. Distribusi frekuensi penggunaan masker sampel penelitian | 81 |
| 10. Distribusi frekuensi kadar partikel terhisap sampel penelitian | 81 |
| 11. Distribusi frekuensi gangguan fungsi paru sampel penelitian | 82 |
| C. Hasil analisis bivariat | 83 |
| 1. Hubungan riwayat penyakit paru dengan gangguan fungsi paru | 84 |
| 2. Hubungan umur dengan gangguan fungsi paru | 84 |
| 3. Hubungan status gizi dengan gangguan fungsi paru | 85 |
| 4. Hubungan kebiasaan olahraga dengan gangguan fungsi paru | 86 |
| 5. Hubungan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru | 87 |
| 6. Hubungan masa kerja dengan gangguan fungsi paru | 88 |
| 7. Hubungan lama jam kerja/minggu dengan gangguan fungsi paru | 88 |
| 8. Hubungan kepemilikan ruang cat dengan gangguan fungsi paru | 89 |
| 9. Hubungan penggunaan masker dengan gangguan fungsi paru | 90 |
| 10. Hubungan kadar total partikel terhisap dengan gangguan fungsi paru .. | 90 |
| 11. Rangkuman hasil analisis bivariat | 91 |
| D. Hasil analisis multivariat | 93 |
| 1. Pemilihan variabel terpilih | 93 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 2. Pemilihan variabel yang dijadikan model | 93 |
| | |
| BAB VI. Pembahasan | 95 |
| A. Variabel yang signifikan terhadap gangguan fungsi paru | 95 |
| 1. Penggunaan masker | 95 |
| 2. Kadar partikel terhisap | 96 |
| 3. Masa kerja | 98 |
| B. Variabel yang tidak signifikan terhadap gangguan fungsi paru | 99 |
| 1. Kebiasaan merokok | 99 |
| 2. Riwayat penyakit paru | 100 |
| 3. Kepemilikan ruang cat | 101 |
| 4. Lamanya jam kerja per minggu | 102 |
| 5. Status gizi | 103 |
| 6. Umur | 103 |
| C. Peran semua model terhadap gangguan fungsi paru | 105 |
| D. Keterbatasan penelitian | 105 |
| BAB VII. Simpulan dan saran | 107 |
| A. Simpulan | 107 |
| B. Saran | 108 |
| Daftar Pustaka | 109 |
| Lampiran | |

DAFTAR TABEL

| No | Judul Tabel | Halaman |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.1 | Beberapa penelitian yang berhubungan dengan faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil atau paparan bahan kimia yang terdapat dalam cat mobil | 9 |
| 2.1 | Bahan-bahan kandungan cat | 27 |
| 2.2 | Bahan-bahan pewarna cat | 28 |
| 2.3 | Nilai restriktif | 36 |
| 2.4 | Nilai obstruktif | 37 |
| 5.1 | Gangguan fungsi paru pada sampel penelitian | 83 |
| 5.2 | Hubungan riwayat penyakit paru dengan gangguan fungsi paru | 84 |
| 5.3 | Hubungan umur dengan gangguan fungsi paru | 84 |
| 5.4 | Hubungan status gizi dengan gangguan fungsi paru | 85 |
| 5.5 | Hubungan status gizi dengan gangguan fungsi paru | 86 |
| 5.6 | Hubungan kebiasaan olahraga dengan gangguan fungsi paru | 86 |
| 5.7 | Hubungan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru | 87 |
| 5.8 | Hubungan masa kerja dengan gangguan fungsi paru | 88 |
| 5.9 | Hubungan lama jam kerja/minggu dengan gangguan fungsi paru | 88 |
| 5.10 | Hubungan kepemilikan ruang cat dengan gangguan fungsi paru | 89 |
| 5.11 | Hubungan penggunaan masker dengan gangguan fungsi paru | 90 |
| 5.12 | Hubungan kadar total partikel terhisap dengan gangguan fungsi paru .. | 90 |
| 5.13 | Rangkuman hasil analisis bivariat berbagai variabel bebas terhadap gangguan fungsi paru dari sampel penelitian | 91 |
| 5.14 | Hasil analisis regresi logistik ganda | 94 |

DAFTAR GAMBAR

| No | Judul Gambar | Halaman |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1 | Sistim pernafasan manusia | 15 |
| 2.2 | Macam dan ukuran kontaminan di udara | 22 |
| 2.3 | Diagram hasil tes spirometri | 37 |
| 2.4 | Rekaman sebuah kapasitas vital paksa | 39 |
| 2.5 | Rekaman sebuah kapasitas vital paksa pada A, normal dan B, obstruksi .. | 40 |
| 2.6 | Pengukuran PVC dan FEV1 dalam kondisi normal, obstruktif, dan restriktif | 40 |
| 2.7 | Posisi pengecat terhadap pengecat lain yang tidak tepat | 48 |
| 2.8 | Posisi pengecat terhadap pengecat lain yang tepat | 49 |
| 2.9 | Posisi pekerja yang benar pada saat pengecatan berdasarkan alian udara ... | 51 |
| 2.10 | Posisi pekerja yang salah pada saat pengecatan berdasarkan alian udara ... | 51 |
| 2.11 | Ukuran dan bentuk obyek pengecatan yang dapat menyebabkan <i>overspray</i> bagi pekerja | 52 |
| 2.12 | Cara pengecatan pada obyek yang berukuran besar | 52 |
| 2.13 | Posisi penempatan obyek yang akan dicat dengan memperhatikan posisi pekerja dan letak <i>exhaust air</i> | 53 |
| 3.1 | Kerangka teori faktor-faktor yang berperan terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil | 55 |
| 3.2 | Kerangka konsep faktor risiko yang berperan terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil | 57 |
| 5.1 | Bagan alur proses pengecatan mobil | 72 |
| 5.2 | Distribusi frekuensi riwayat penyakit paru sampel penelitian | 73 |
| 5.3 | Distribusi frekuensi umur sampel penelitian | 74 |
| 5.4 | Distribusi frekuensi status gizi sampel penelitian | 75 |
| 5.5 | Distribusi frekuensi status gizi sampel penelitian | 75 |
| 5.6 | Distribusi frekuensi kebiasaan olahraga sampel penelitian | 76 |

| No | Judul Gambar | Halaman |
|------|------------------------------------------------------------------------|---------|
| 5.7 | Distribusi frekuensi kebiasaan merokok sampel penelitian | 77 |
| 5.8 | Distribusi frekuensi jenis rokok sampel penelitian | 78 |
| 5.9 | Distribusi frekuensi masa kerja sampel penelitian | 79 |
| 5.10 | Distribusi frekuensi lama jam kerja per minggu sampel penelitian | 80 |
| 5.11 | Distribusi frekuensi kepemilikan ruang pengecatan sampel penelitian.. | 80 |
| 5.12 | Distribusi frekuensi pemakaian masker sampel penelitian | 81 |
| 5.13 | Distribusi frekuensi kadar partikel terhisap sampel penelitian | 82 |
| 5.14 | Distribusi frekuensi gangguan fungsi paru sampel penelitian | 83 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No. | Lampiran |
|------------|------------------------------------|
| Lampiran 1 | Kuesioner penelitian |
| Lampiran 2 | Kelengkapan perijinan |
| Lampiran 3 | Print out analisis statistik |
| Lampiran 4 | Bukti fisik pelaksanaan penelitian |

ABSTRAK

Pekerjaan sebagai tukang pengecatan mobil merupakan salah satu jenis pekerjaan yang berisiko tinggi terjadinya gangguan fungsi paru. Hasil studi pendahuluan menunjukkan terdapat 30 % tukang cat mengalami gangguan fungsi paru. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara karakteristik pekerja, karakteristik pekerjaan, dan kadar debu terhisap dengan kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.

Desain yang digunakan adalah *cross sectional*, dengan jumlah sampel sebanyak 90 orang tukang pengecatan mobil. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah karakteristik pekerja, karakteristik pekerjaan, dan kadar total partikel terhisap. Analisis dilakukan secara univariat, bivariat dan multivariate serta dengan menghitung nilai rasio prevalensi.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat 3 variabel yang berhubungan secara signifikan dengan gangguan fungsi paru, yaitu pekerja tidak selalu menggunakan masker (RP = 15,694; 95% CI = 4,256 - 57,869), paparan partikel terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ (RP = 28,672; 95% CI = 2,036 - 403,679), dan masa kerja ≥ 10 tahun (RP = 15,743; 95% CI = 3,369 - 73,578). Hasil analisis juga menunjukkan apabila seorang pekerja terpapar oleh ke empat variabel tersebut diatas, maka peluang untuk mengalami gangguan fungsi paru adalah sebesar 99 %. Berdasarkan temuan tingginya prevalensi pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru (46,7%) maka disarankan kepada dinas tenaga kerja dan dinas kesehatan untuk melakukan upaya promotif serta preventif agar pekerja pengecatan mobil dapat terjaga kesehatan dan keselamatan kerjanya.

ABSTRACT

Car painting workers are at high risk to suffer form lung function disorder. The preliminary study showed that 30% of car painting workers experienced lung function disorder. The aim of the research is to know the association between workers characteristics, job characteristics, the particulate respirable concentration and lung function disorder among car painting workers in Semarang.

The design used is cross sectional. Ninety car painting workers were studied. The independent variables in this research are workers characteristic, job characteristic, and particulate respirable concentration. Univariate, bivariate, and multivariate analysis were performed and prevalence ratios were calculated

Three variables have significant association with lung function disorder, those are : the workers seldom use fencing mask (RP = 15,694; 95% CI =4,256 - 57,869), particulate respirable concentration ≥ 3 mg/m³ (RP = 28,672; 95% CI = 2,036 - 403,679), and job period ≥ 10 years (RP = 15,743; 95% CI = 3,369 - 73,578). The analysis result also indicates if the workers found with three variable mention above therefore, the workers have chance to experience lung function disorder about 99 %. Based on finding of high workers prevalence that have lung function disorder (46,7%) therefore suggested work laborer department and health department to increase the promotif and preventif effort, in order that the savety and the health status of car painting workers will be aware.

RINGKASAN EKSEKUTIF

Pendahuluan

Pekerjaan sebagai pengecat mobil merupakan salah satu jenis pekerjaan yang berisiko besar untuk terjadinya gangguan fungsi paru. Partikel cat dalam aktivitas pengecatan terdiri dari bahan kimia berbahaya seperti cadmium, chromium, plumbum, merkuri, acrylic resin, isocyanate dan pelarut toluene. Bahan-bahan tersebut bila masuk dalam saluran pernafasan terbukti dapat menimbulkan gangguan fungsi paru.

Hasil dari survei pendahuluan menunjukkan prevalensi gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil cukup tinggi, yaitu mencapai 30%. Hasil survey pendahuluan juga menunjukkan hampir seluruh pekerja mempunyai kebiasaan merokok, dan tidak menggunakan masker dengan baik pada saat bekerja.

Gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil menurut teori dan beberapa hasil penelitian dipengaruhi oleh banyak faktor, yang dapat dikelompokkan dalam 2 kelompok yaitu penyebab langsung dan tidak langsung. Penyebab langsungnya yaitu partikel yang terinhalasi ke saluran nafas, sedangkan penyebab tidak langsung di antaranya adalah karakteristik pekerja dan karakteristik pekerjaan.

Selanjutnya berdasarkan masalah tersebut di atas, maka perlu dipelajari variabel-variabel yang merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, sehingga dengan demikian dapat dilakukan upaya

pengecakan secara komprehensif untuk menurunkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian epidemiologi analitik observasional dengan pendekatan *cross sectional*. Populasi rujukan dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja pengecatan mobil di kota Semarang, sedangkan populasi studinya adalah semua pekerja pengecatan mobil di kota Semarang dari 15 bengkel pengecatan mobil dengan pekerja pengecat sebanyak 123 orang. Sampel penelitian dihitung dengan rumus besar sampel untuk studi *cross sectional*, yaitu :

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} \cdot p \cdot q}{d^2}$$

sehingga diperoleh besar sampel 80,6 orang yang dibulatkan menjadi 81. Selanjutnya jumlah sampel ditambah 10% sebagai cadangan, sehingga jumlah sampel yang akan diambil sebanyak 90 pekerja. Cara pengambilan sampel adalah dengan teknik *simple random sampling*.

Adapun alat ukur yang digunakan dalam penelitian adalah kuesioner, spirometer, *Personal Dust Sampler*, *microtoise*, dan timbangan injak

Hasil Penelitian

Hasil analisis bivariat menunjukkan variabel berikut ini signifikan terhadap terjadinya gangguan fungsi paru , yaitu : riwayat penyakit paru (p =

0,015), umur ($p = 0,0025$), status gizi ($p = 0,0001$), kebiasaan merokok (0,035), masa kerja ($p = 0,0005$), penggunaan masker ($p = 0,0001$), kadar total partikel terhisap ($p = 0,0001$).

Hasil analisis multivariate menunjukkan terdapat 3 variabel yang merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru, yaitu: penggunaan masker (kadang-kadang memakai) dengan rasio prevalensi 15,694 (95% CI = 4,256 - 57,869), kadar total partikel terhisap ($\geq 3 \text{ mg/m}^3$) dengan rasio prevalensi 28,672 (95% CI = 2,036 - 403,679), dan masa kerja (≥ 10 tahun) dengan rasio prevalensi 15,743 (95% CI = 3,369 - 73,578).

Pembahasan

Dari 9 (sembilan) variabel yang masuk dalam model multivariat, terdapat 3 (tiga) variabel yang bermakna secara statistik. Variabel-variabel tersebut adalah: penggunaan masker (kadang-kadang memakai); kadar partikel terhisap ($\geq 3 \text{ mg/m}^3$); dan masa kerja (≥ 10 tahun).

Untuk mengetahui peran semua variabel terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, dilakukan perhitungan dengan persamaan regresi. Hasil perhitungan diperoleh $P = 99\%$. Dengan hasil ini berarti: Jika terdapat pekerja pengecatan mobil yang tidak menggunakan masker saat bekerja, terpapar oleh debu terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ per hari, dan mempunyai masa kerja lebih dari 10 tahun maka akan mempunyai peluang mengalami gangguan fungsi paru sebesar 99%.

Simpulan

1. Penelitian pada pekerja pengecatan mobil di Kota Semarang ini menunjukkan bahwa variabel bebas yang merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru adalah masa kerja (≥ 10 tahun), penggunaan masker (tidak selalu menggunakan), dan kadar partikel terhisap ($\geq 3 \text{ mg/m}^3$ per hari)
2. Adapun variabel bebas yang belum tentu merupakan faktor risiko adalah riwayat penyakit paru, umur, status gizi, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, jumlah jam kerja per minggu, dan kepemilikan ruang khusus pengecatan.
3. Peluang terjadinya gangguan fungsi paru jika pekerja tidak selalu menggunakan masker saat bekerja, terpapar oleh debu terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ per hari, dan mempunyai masa kerja lebih dari 10 tahun adalah sebesar 99 %.

Saran

1. Kepada Dinas Tenaga Kerja dan Dinas Kesehatan agar melakukan upaya promosi kesehatan untuk meminimalkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.
2. Kepada pemilik bengkel agar membuat aturan yang mewajibkan pekerja menggunakan masker dengan benar saat bekerja.
3. Kepada pekerja pengecatan mobil agar selalu menggunakan masker dengan baik saat bekerja, sehingga pekerja dapat menurunkan kemungkinan paparan partikel cat yang dapat terhisap.

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan jumlah penduduk di seluruh dunia yang demikian cepat telah mendorong lahirnya era industrialisasi. Sebuah masa yang ditandai dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga manusia dapat lebih mudah memenuhi kebutuhan hidupnya. Keadaan tersebut selanjutnya membuka keberagaman lapangan kerja. Meskipun terbukanya lebih banyak lapangan kerja tersebut di satu sisi sangat dibutuhkan, namun di lain pihak perlu disadari adanya permasalahan yang perlu diperhatikan yaitu berkaitan dengan dampak penyakit akibat kerja¹⁾.

Dampak kemajuan industrialisasi yang berupa timbulnya penyakit akibat kerja tersebut di atas perlu mendapat perhatian yang serius. Hal ini disebabkan laju pertumbuhan angkatan kerja yang cukup besar, yaitu selama periode tahun 1980 – 1990 adalah sebesar 35%, dan pada tahun 2000 tercatat sebesar 101 juta. Jumlah pekerja yang cukup besar tersebut apabila tidak mendapat perhatian kesehatan dan keselamatan kerjanya, maka pada gilirannya dapat menyebabkan turunnya produktivitas dan daya saing pekerja. Selain itu dapat menimbulkan beban ekonomi yang sangat besar jika terjadi penyakit terkait kerja^{1,2)}.

Meskipun dampak negatif dari timbulnya penyakit terkait kerja telah diketahui, namun data tentang penyakit terkait kerja di Indonesia sampai saat ini belum terekam dengan baik³⁾. Untuk menunjukkan besaran masalah penyakit

terkait kerja ini, jika dilihat dari adanya kecenderungan peningkatan prevalensi di beberapa negara maju, maka dapat diperkirakan di Indonesia prevalensinya juga meningkat.

Salah satu bidang pekerjaan yang perlu mendapat perhatian adalah penyakit akibat kerja pada pekerja pengecatan mobil. Kelompok pekerja ini perlu mendapat perhatian karena jumlahnya yang terus berkembang, sementara itu risiko penyakit akibat kerjanya cukup besar⁴⁾. Menurut ketua paguyuban bengkel cat mobil di Kota Semarang, saat ini kurang lebih terdapat 150 bengkel cat mobil. Jumlah tersebut telah meningkat sebanyak 100% dibanding jumlah bengkel cat mobil pada tahun 1990.

Salah satu penyakit terkait kerja pada pekerja pengecatan mobil tersebut adalah gangguan fungsi paru. Beberapa bukti dari hasil penelitian oleh *American Lung Association* yang dikutip oleh Bruce menyimpulkan bahwa kontaminasi udara oleh partikel partikel pada lingkungan kerja merupakan faktor risiko bagi kesehatan pernafasan pekerja, dan penurunan paparan dapat menurunkan risiko tersebut⁵⁾. Penelitian yang dilakukan oleh Piirila tahun 2005 menunjukkan dari 13 jenis pekerjaan di Finlandia, pekerjaan yang prevalensi kejadian penyakit saluran pernafasannya paling tinggi adalah pekerja pengecatan mobil⁴⁾.

Prevalensi gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil dari hasil beberapa penelitian menunjukkan besaran masalah yang cukup signifikan. Penelitian di Kalifornia Utara terhadap komunitas yang terpapar oleh bahan kimia dalam cat menunjukkan sebanyak 80%-nya mengalami gangguan fungsi paru⁶⁾. Penelitian lain di Stockholm Swedia terhadap pekerja pengecatan menunjukkan

50% pekerja mengalami penurunan fungsi paru setelah 10 tahun bekerja ⁷⁾. Sementara itu penelitian di Finlandia menunjukkan prevalensi gangguan fungsi paru yang cukup tinggi pada beberapa kelompok pekerja terutama yang terkait dengan paparan bahan kimia yang terdapat dalam cat, yaitu pada pekerja bengkel dan pengecatan mobil sebesar 27,6%; pekerja yang menangani polyurethane sebesar 22,3%; tukang mesin sebesar 8,3%; pekerja yang terpapar pigmen (pengecat) sebesar 12,1%; tukang kayu 3,4%; dan tukang las sebesar 3,2% ⁴⁾. Penelitian Hammond *et al* terhadap pekerja las dan pengecatan mobil juga menunjukkan hasil bahwa pekerjaan pengecat mobil secara signifikan berhubungan dengan penyakit paru obstruksi kronik (OR 3,73 CI 95% = 1,27 – 11,0)⁸⁾. Penelitian di Indonesia juga menunjukkan hal yang sama, misalnya penelitian Riswati pada bengkel pengecatan mobil di Kampung Ligu Semarang, menunjukkan prevalensi yang cukup tinggi yaitu sebesar 30% pekerja mengalami gangguan fungsi paru ⁹⁾.

Hasil dari survei pendahuluan yang peneliti lakukan pada bulan Mei – Juni 2005 pada 11 bengkel pengecatan mobil di kota Semarang juga menunjukkan tingginya prevalensi gangguan fungsi paru yang mencapai 30%. Rata-rata responden mengeluh sesak nafas dan batuk disertai dahak. Selain itu mereka juga menyatakan setelah mengecat dahaknya berwarna seperti warna bahan cat yang digunakan, dan dada terasa sakit.

Dari beberapa teori diketahui bahwa, gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil dipengaruhi oleh banyak faktor, yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu penyebab langsung dan tidak langsung. Penyebab

langsungnya yaitu partikel yang terinhalasi ke saluran nafas, sedangkan penyebab tidak langsung di antaranya adalah dari faktor pekerja dan karakteristik pekerjaan. Ketahanan individu dari pekerja sangat sulit untuk diukur, pekerja yang terpapar oleh lingkungan yang sama dalam periode waktu yang sama mungkin akan menunjukkan perkembangan derajat penyakit paru yang berbeda¹⁰⁾. Beberapa faktor *host* atau karakteristik pekerja yang mungkin berpengaruh adalah mekanisme *clearance* paru, faktor genetik, riwayat penyakit, umur, jenis kelamin, status gizi, kebiasaan olah raga, dan kebiasaan merokok^{10,11,12)}. Karakteristik pekerjaan yang mempengaruhi antara lain adalah masa kerja, jumlah jam kerja per minggu¹⁰⁾, posisi terhadap pengecat yang lain, kepemilikan ruang khusus pengecatan, ventilasi ruang pengecatan, posisi terhadap arah angin pada saat pengecatan, ketinggian obyek yang dicat, kemudahan untuk memindahkan obyek pada saat pengecatan, dan penggunaan masker¹³⁾.

Partikel terinhalasi yang merupakan penyebab langsung dari gangguan fungsi paru ditentukan oleh beberapa variabel yaitu ukuran partikel, intensitas (kadar) dan durasi dari paparan, serta daya tahan pekerja¹⁰⁾. Partikel dengan ukuran diameter 5 μ atau lebih kecil dapat mencapai alveoli. Selain ukuran yang sangat kecil, intensitas dan durasi paparan yang lama akan menyebabkan partikel terdeposit dalam alveoli sehingga dalam jangka panjang terjadi penurunan fungsi paru. Partikel kontaminan hasil dari aktivitas pengecatan ini terdiri dari bermacam-macam bahan kimia serta pelarutnya^{10,14)}.

Bahan kimia berbahaya yang terdapat dalam cat ini di antaranya adalah cadmium¹⁵⁾, chromium^{16,17)}, plumbum¹⁸⁾, merkuri¹⁹⁾, dan acrylic resin²⁰⁾. Bahan-

bahan tersebut bersifat toksik dan merupakan bahan karsinogenik. Apabila masuk ke dalam saluran pernafasan dapat mengakibatkan terjadinya fibrosis yang selanjutnya dapat menurunkan kapasitas vital paru dan dalam jangka panjang dapat menyebabkan kanker. Selain itu dalam cat terdapat juga bahan kimia isocyanate dan pelarut toluene yang terbukti dapat menurunkan kapasitas vital paru^{7,21,22,23,24,25}. Isocyanates seperti dilaporkan oleh konsultan kesehatan kerja *Occupational health clinics for Ontario worker Inc* adalah kelompok bahan kimia yang paling reaktif yang biasanya digunakan pada industri otomotif dan cat. Dalam laporannya disampaikan bahwa kelompok yang paling berisiko terpapar bahan ini adalah pengecat spray (*spray painters*)²⁶. Kumpulan bahan kimia yang terdapat dalam bahan cat tersebut dengan cara disemprotkan dengan alat *spray painting* dirubah menjadi bentuk aerosol, yaitu kumpulan partikel halus berupa cair atau padat. Bentuk tersebut akan sangat mudah terhisap oleh pengecat terutama jika tidak mengenakan masker, sehingga merupakan ampon risiko yang penting terhadap penurunan fungsi paru²⁶. Menurut Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja nomor 01 tahun 1997, kadar partikel dari aktivitas pengecatan mobil ini ditetapkan nilai ambang batasnya sebesar 3 mg/m³. Artinya apabila selama 8 jam bekerja tiap harinya atau 40 jam selama seminggu, pekerja terpapar oleh partikel lebih dari 3 mg/m³, maka pekerja akan mempunyai risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru²⁷.

Identifikasi masalah :

1. Hasil dari ampon pendahuluan menunjukkan prevalensi gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil cukup tinggi, yaitu mencapai 30%. Selain itu rata-rata responden juga mengeluh sesak nafas dan batuk disertai dahak, dan setelah mengecat dahaknya berwarna seperti warna bahan cat yang digunakan, serta dada terasa sakit
2. Hasil ampon pendahuluan juga menunjukkan terdapat karakteristik pekerja dan karakteristik pekerjaan yang merugikan kesehatan, yaitu hampir seluruh pekerja mempunyai kebiasaan merokok, dan tidak menggunakan masker dengan baik pada saat bekerja.
3. Partikel cat dalam aktivitas pengecatan terdiri dari bahan kimia berbahaya seperti cadmium, chromium, plumbum, merkuri, dan acrylic resin, isocyanate dan pelarut toluene. Bahan-bahan tersebut bersifat toksik dan merupakan bahan karsinogenik, bila masuk dalam saluran pernafasan terbukti dapat menimbulkan gangguan fungsi paru.

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah umum dalam penelitian ini adalah “Apakah karakteristik pekerja, karakteristik pekerjaan, dan kadar total partikel terhisap merupakan ampon risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil?”. Bila dirinci rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Apakah riwayat penyakit paru merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?

2. Apakah umur merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
3. Apakah status gizi merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
4. Apakah kebiasaan olah raga merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
5. Apakah kebiasaan merokok merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
6. Apakah masa kerja merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
7. Apakah jumlah jam kerja per minggu merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
8. Apakah kepemilikan ruang khusus pengecatan merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
9. Apakah penggunaan masker merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?
10. Apakah kadar total partikel terhisap merupakan ampon risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang?

B. Tujuan Penelitian

Tujuan umum :

Menganalisis apakah karakteristik pekerja, karakteristik pekerjaan, dan kadar total partikel terhisap merupakan ampon risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

Tujuan Khusus :

1. Menganalisis besar risiko riwayat penyakit terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
2. Menganalisis besar risiko umur terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
3. Menganalisis besar risiko status gizi terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
4. Menganalisis besar risiko kebiasaan olah raga terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
5. Menganalisis besar risiko kebiasaan merokok terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
6. Menganalisis besar risiko masa kerja terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
7. Menganalisis besar risiko jumlah jam kerja per minggu terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
8. Menganalisis besar risiko kepemilikan ruang khusus pengecatan terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
9. Menganalisis besar risiko penggunaan masker terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.

10. Menganalisis besar risiko kadar total partikel terhisap terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.

C. Keaslian Penelitian

Berikut ini beberapa penelitian yang pernah dilakukan yang berhubungan dengan ampon risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil atau paparan bahan kimia yang biasa terdapat dalam bahan cat mobil.

Tabel 1.1

Beberapa penelitian yang berhubungan dengan ampon risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil atau paparan bahan kimia yang terdapat dalam cat mobil

| Nama peneliti | Judul | Variabel yang diteliti | Desain | Tempat | Hasil |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carlisle, DL, <i>et al</i> (1999) | Apoptosis and P53 induction in human lung fibroblasts exposed to chromium(VI) : effect of ascorbate and tocopherol. | -paparan chromium hexavalent (Cr(VI)) -pertumbuhan sel -kematian sel -tingkat P53 -efek pemberian ascorbate -efek pemberian tokopherol | experimen | Washington | Cr(VI) menyebabkan >20% fibrosis paru |
| Leffler, Christopher <i>et al</i> (1999) | Occupational asthma and contact dermatitis in a spray painter after introduction of a aziridine cross linker | -paparan aziridine -dermatitis -asthma -penggunaan alat pelindung diri | Studi kasus | Boston | Setelah 4 tahun penggunaan Aziridine terjadi penurunan kapasitas vital paru |
| Feldman, R | Chronic toxic encephalopathy in a painter exposes to mixed solvents | -paparan toluene -cerebral atropy -dementia -neuropsychological | Studi kasus | Boston | Setelah terpapar toluene lebih dari 30 tahun, subyek penelitian mengalami dementia |
| Dahlqvist, M (2005) | Effects within the week on forced vital capacity are correlated with long term changes in pulmonary function : reanalysis of studies on car painters exposed to isocyanate | -paparan hexamethylenediisocyanate -umur -kebiasaan merokok -kapasitas paru | cross sectional | Swedia | 50% pekerja pengecatan mobil mengalami penurunan fungsi paru setelah tepapar hexamethylenediisocyanate selama 10 tahun |
| Yorgancioglu <i>et al</i> (2002) ²⁸⁾ | Respiratoy symptoms and occupational asthma in polyurethane foam production workers | -occupational asthma -paparan polyurethane -paparan toluene diisocyanate -paparan methylene diphenyl diisocyanate | Case control | Turki | Dibanding ampong, kelompok yang terpapar polyurethane secara signifikan mempunyai nilai FEV1 lebih rendah (p=0,003) %FVC p= 0,009 |

| Nama peneliti | Judul | Variabel yang diteliti | Desain | Tempat | Hasil |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hoppin, Jane <i>et al</i> (2004) ²⁹⁾ | Diesel exhaust, solvents, and other occupational exposures as risk factors for wheeze among farmers | - penggunaan fertilizer - penggunaan bahan baker mesin traktor - penggunaan solvent dalam pengecatan | Case control | Carolina Utara | Penggunaan solvent dalam aktivitas pengecatan tiap hari tidak berisiko untuk terjadi gangguan fungsi paru dengan OR = 1,82 CI 95% (0,89 – 3,73) |
| Fishwick, David (2004) | Respiratory symptoms and lung function change in welders : are they associated with workplace exposure? | - Kadar logam berat : chromium, nikel, lead - kebiasaan merokok - umur | Case control | Selandia Baru | Paparan logam berat chromium dan lead tidak berpengaruh terhadap penurunan fungsi paru |
| Riswati, Y. (2004) | Hubungan masa kerja dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja pengecatan mobil di ampong Ligu Kota Semarang | - masa kerja - kapasitas vital paru | Cross sectional | Semarang | Masa kerja berhubungan dengan PVC (p<0,05) |
| Wahyuningsih <i>et al</i> | Dampak inhalasi cat semprot terhadap kesehatan paru | - kadar logam berat - fungsi paru | Cross sectional | Jakarta | Bahan kimia dalam cat menyebabkan penurunan fungsi paru |

Dari beberapa publikasi tersebut menunjukkan hasil penelitian yang kontroversial. Fishwick dalam penelitiannya melaporkan tidak ada hubungan antara kadar partikel logam berat chromium dan *lead* dengan penurunan fungsi paru pada pekerja pengecatan. Sementara itu penelitian lainnya menyatakan ada hubungan antara paparan beberapa bahan kimia dan pelarut dengan gangguan fungsi paru. Demikian pula dengan temuan Hoppin *et al* yaitu penggunaan solvent

pada pengecatan tidak berisiko untuk terjadi gangguan fungsi paru, sementara itu dalam penelitian lainnya menyatakan ada hubungan.

Selain hasil dari beberapa penelitian tersebut di atas yang masih kontroversial, penelitian tentang faktor risiko karakteristik pekerja (riwayat penyakit, umur, status gizi, kebiasaan olah raga, dan kebiasaan merokok), dan karakteristik pekerjaan (masa kerja, jumlah jam kerja per minggu, posisi pengecat terhadap arah angin pada saat pengecatan, kepemilikan ruang khusus pengecatan, ventilasi ruang pengecatan, ketinggian obyek yang dicat, kemudahan untuk memindahkan obyek pada saat pengecatan, dan penggunaan masker), serta kadar total partikel terhisap pada pekerja pengecatan mobil di Semarang belum banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya oleh Riswati (2004) yang meneliti hubungan masa kerja dengan kapasitas vital paksa paru perlu ditindaklanjuti dengan penelitian yang lebih mendalam. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh beberapa faktor risiko tersebut di atas terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil..

D. Ruang Lingkup Penelitian

1. Lingkup keilmuan

Penelitian ini termasuk dalam bidang ilmu kesehatan masyarakat, khususnya epidemiologi penyakit non menular

2. Lingkup masalah

Permasalahan hanya dibatasi pada faktor risiko karakteristik pekerja, yang meliputi riwayat penyakit, umur, status gizi, kebiasaan olah raga, dan

kebiasaan merokok; dan karakteristik pekerjaan yang meliputi masa kerja, jumlah jam kerja per minggu, ruang pengecatan, dan penggunaan masker; serta kadar total partikel terhisap.

3. Lingkup lokasi

Penelitian dilakukan di Kota Semarang

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi dinas kesehatan

Mengenali beberapa faktor yang berperan terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan sejak dini. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi data dasar bagi penelitian selanjutnya

2. Bagi dinas tenaga kerja

Mengenali faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, sehingga dapat dijadikan acuan dalam penyusunan program peningkatan keselamatan kerja khususnya pada bengkel pengecatan mobil

3. Bagi pemilik bengkel pengecatan mobil

Mengenali faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, sehingga dapat lebih memperhatikan kesehatan pekerjanya.

4. Bagi pekerja pengecatan mobil

Mengetahui faktor risiko yang dapat dicegah/diubah sehingga meminimalkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. TINJAUAN TEORI

1. Pengaruh lingkungan kerja terhadap kesehatan

Terdapat beberapa faktor dalam lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi kesehatan tenaga kerja yakni: ^{30,31,32)}

a. Faktor fisik, termasuk dalam faktor fisik ini adalah :

- Kebisingan
- Radiasi
- Getaran mekanis
- Cuaca kerja
- Tekanan udara tinggi dan rendah
- Penerangan di tempat kerja
- Bau-bauan di tempat kerja

b. Faktor kimia, termasuk dalam faktor kimia ini adalah :

- Sifat-sifat derajat racun bahan kimia yang dipergunakan tergantung dari :
sifat fisik bahan kimia, sifat kimiawi, jalan masuk ke tubuh dan faktor-faktor dari tenaga kerja.
- Sifat fisik bahan kimia dapat berupa: gas, uap, debu, kabut, awan, dan lainnya.
- Bahan –bahan partikel menurut sifatnya, yaitu sebagai zat perangsang, toksik, menyebabkan fibrosis, alergi, dan menimbulkan demam.

- Bahan-bahan gas dan uap yang sifatnya antara lain berupa : anastesi, merusak alat tubuh, merusak susunan darah dan susunan saraf.

13

- c. Faktor biologi : hewan atau tumbuh-tumbuhan dan lain-lain.
- d. Faktor fisiologi : konstruksi mesin, sikap, cara-cara bekerja dan lain-lain
- e. Faktor Psikologi : suasana kerja, pemilihan pekerjaan dan lain-lain.

2. Sistem Pernafasan Manusia

- a. Pengertian saluran pernafasan ³³⁾

Saluran pernafasan adalah saluran yang mengangkut udara antara atmosfer dan alveolus, yaitu tempat terakhir yang merupakan satu-satunya tempat pertukaran gas-gas antara udara dan darah dapat berlangsung.

- b. Fungsi pernafasan ³³⁾

Fungsi utama pernafasan adalah untuk pertukaran gas yakni untuk memperoleh oksigen agar dapat digunakan oleh sel-sel tubuh dan mengeliminasi karbondioksida yang dihasilkan oleh sel.

- c. Jalur pernafasan ³³⁾

Saluran pernafasan berawal dari saluran hidung (nasal). Dari hidung berjalan ke faring (tenggorokan) yang berfungsi sebagai saluran bersama bagi sistem pernafasan maupun sistem pencernaan. Dari faring kemudian laring atau kotak suara yang dapat menghasilkan berbagai macam bunyi. Dari laring menuju ke trakea yang terbagi menjadi dua cabang utama bronkus kanan dan kiri. Dalam setiap paru bronkus terus bercabang menjadi saluran nafas yang makin sempit. Cabang terkecil dikenal sebagai bronkiolus, tempat terkumpulnya alveolus

kantung udara kecil tempat terjadinya pertukaran gas-gas antar udara dan darah.

Berikut ini gambar sistim pernafasan manusia :

Gambar 2.1. Sistem Pernafasan Manusia. (Inset A, Asinus atau unit fungsional paru-paru. Inset B, membran mukosa bersilia)^{12,33)}

d. Pertahanan paru

Paru-paru mempunyai pertahanan yang khusus dalam mengatasi berbagai kemungkinan terjadi kontak dengan alergen dalam mempertahankan tubuh, sebagaimana mekanisme tubuh pada umumnya, maka paru-paru mempunyai pertahanan seluler dan humoral. Mekanisme pertahanan tubuh yang penting pada paru-paru terbagi atas: ^{12,33)}

1) Filtrasi udara pernafasan

Hembusan udara yang melalui rongga hidung mempunyai berbagai ukuran. Partikel berdiameter 5 – 7 μ akan bertahan di orofaring, diameter 0,5 – 5 μ akan masuk sampai ke paru-paru dan diameter 0,5 μ dapat masuk sampai ke alveoli tetapi dapat keluar bersama sekresi

2) Pembersihan melalui mukosilia

3) Sekresi oleh humoral lokal

4) Fagositosis

3. Pernafasan Normal dan Kegagalan Pernafasan

a. Pernafasan Normal

Saat pernafasan dalam keadaan normal atau tenang, kontraksi otot pernafasan hanya terjadi selama inspirasi yaitu oleh gerakan dari diafragma. Selama Inspirasi, kontraksi dari diafragma akan menarik permukaan bawah paru ke bawah. Kemudian selama ekspirasi diafragma relaksasi dan sifat elastis daya lenting paru (*elastic recoil*), dinding dada dan isi perut menekan paru-paru. Selama bernafas hebat, bagaimanapun tenaga elastis tidak cukup

kuat untuk menyebabkan ekspirasi cepat yang diperlukan, sehingga diperoleh sebagian besar oleh kontraksi otot-otot perut yang mendorong isi perut keatas melawan dasar dari diafragma. Dengan demikian otot-otot pernafasan secara normal yang bekerja hanya yang menyebabkan inspirasi^{12,33)}.

Kerja dari inspirasi dapat dibagi menjadi tiga bagian yang berbeda yaitu:

- Kerja *compliance* atau kerja elastik yang dibutuhkan untuk melawan pengembangan paru yaitu tenaga elastisitas.
- Kerja resistensi jaringan, yang dibutuhkan untuk mengatasi viskositas jaringan paru dan struktur dinding dada.
- Kerja resistensi saluran nafas, yang dibutuhkan untuk mengatasi resistensi saluran nafas selama pergerakan udara masuk ke dalam paru³⁴⁾.

Pada penyakit paru, ketiga tipe kerja di atas seringkali meningkat sangat cepat. Kerja *compliance* dan resistensi jaringan meningkat pada penyakit fibrotik paru, dan resistensi saluran nafas terutama meningkat pada penyakit obstruksi pernafasan. Selama bernafas normal dan tenang dan tidak ada otot yang bekerja selama ekspirasi. Tetapi pada pernafasan berat atau bila resistensi saluran nafas dan resistensi jaringan meningkat maka kerja ekspirasi akan terjadi dan kadang-kadang lebih besar dari kerja inspirasi³⁴⁾.

b. Kegagalan Pernafasan (*respiratory failure*)

Kegagalan pernafasan adalah suatu keadaan dimana paru-paru gagal melaksanakan fungsi pertukaran gas dan mempertahankan pH darah, sehingga menyebabkan kadar CO₂ dalam darah meningkat. Keadaan ini ditimbulkan

oleh karena kelainan di dalam paru, termasuk sindroma gawat pernafasan (*respiratory distress syndrome*) pada orang dewasa atau kelaianan di luar paru yang disebabkan antara lain oleh karena kegagalan otot pernafasan maupun kelainan pada pusat respirasi di batang otak³³⁾.

Kegagalan pernafasan dapat di bagi menjadi dua yakni :^{12,33)}

- Tipe I, kegagalan pernafasan akibat kegagalan ventilasi (*pump failure*) yang disebut juga “hiperkapnia”
- Tipe II, yaitu kegagalan akibat parenkim paru yang disebut juga dengan “hipoksemia”

Faktor-faktor yang menentukan terjadinya kegagalan paru, yakni:³³⁾

- Kadar O₂ dan CO₂ di dalam darah
- Bila kadar O₂ dalam arteri di bawah 50mmHg dapat mengakibatkan kematian, bila kadar CO₂ di atas 50 mmHg mengakibatkan kerusakan susunan saraf pusat bahkan dapat menimbulkan koma.
- Lamanya proses yang terjadi
- Makin lama proses terjadinya peningkatan CO₂ dan penurunan O₂ maka makin buruk pengaruhnya terhadap tubuh
- Cepat lambatnya keadaan hipoksemia dan hiperkapnia yang terjadi
- Makin cepat proses hipoksemia atau hiperkapnia maka makin buruk pula pengaruhnya terhadap tubuh karena tubuh tidak dapat mengadaptasi keadaan tersebut , walaupun tekanan CO₂ belum mencapai 50 mmHg.

Kelainan Inspirasi:

Kelainan inspirasi dapat terjadi oleh karena tiga sebab yakni: ³³⁾

- Bila jaringan paru-paru diambil alih oleh jaringan ikat sehingga elastisitas paru-paru menjadi berkurang
- Bila tegangan permukaan paru-paru menjadi lebih tinggi sehingga diperlukan daya yang lebih besar untuk mengembangkan paru-paru
- Terdapatnya hambatan dari dinding toraks.

4. Debu dalam Industri

Debu adalah partikel yang dihasilkan oleh proses mekanisme seperti penghancuran batu, pengeboran, peledakan yang dilakukan pada tambang timah putih, tambang besi, batu bara, pengecatan mobil, dan lain-lain ³⁵⁾.

a. Golongan debu terdiri atas dua yaitu:

- Padat (*solid*)

➤ *Dust*

Terdiri atas berbagai ukuran mulai dari yang sub mikroskopik sampai yang besar. Yang berbahaya adalah ukuran yang bisa terhisap kedalam sistem pernafasan (<100 mikron) bersifat dapat terhisap ke dalam tubuh.

➤ *Fumes*

Adalah partikel padat yang terbentuk dari proses evaporasi atau kondensasi. Pemanasan berbagai logam menghasilkan uap logam yang kemudian berkondensasi menjadi partikel-partikel *metal fumes* contoh: Cd dan Pb

➤ *Smoke*

Adalah produk dari pembakaran bahan organik yang tidak sempurna dan berukuran 0,5 mikron.

- Cair (*Likuid*)

Partikel cair biasanya disebut *mist* atau *fog* (awan) yang dihasilkan melalui proses kondensasi atau *atomizing*. Contoh: *hair spray* atau obat nyamuk semprot³⁵⁾.

b. Debu industri yang terdapat di udara terbagi dua yaitu : ³⁵⁾

- *Particulate matter*

Adalah partikel debu yang hanya berada sementara di udara dan segera mengendap karena daya tarik bumi.

- *Suspended particulate matter*

Adalah debu yang tetap berada diudara dan tidak mudah mengendap.

c. Sifat-sifat debu dapat dikelompokkan dalam beberapa golongan sebagai berikut: ³⁶⁾

- Sifat pengendapan (*setting rate*)

Sifat debu cenderung selalu mengendap karena adanya gaya gravitasi bumi. Namun karena kadang-kadang debu ini relatif tetap berada diudara, debu yang mengendap mempunyai proporsi partikel lebih banyak daripada yang ada di udara.

- Sifat permukaan basah (*wetting*)

Sifat permukaan debu cenderung selalu basah karena dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis.

- Sifat penggumpalan (*floculation*)

Permukaan debu dapat menempel satu dengan yang lain dan dapat menggumpal. Turbulensi udara meningkatkan pembentukan penggumpalan.

- Sifat optis (*optical properties*)

Debu atau partikel basah atau lembab lainnya dapat memancarkan sinar yang bisa terlihat dalam kamar gelap.

- Sifat listrik (*electrical*)

Sifat listrik tetap yang dapat menarik partikel lain yang berlawanan, ini mempercepat penggumpalan debu.

d. Macam-macam debu

Pembagian debu didasarkan pada sifat dan efeknya. Secara garis besar ada tiga macam debu, yaitu: ^{10,35,37)}

- Debu organik, seperti debu kapas, debu daun-daunan tembakau dan sebagainya.
- Debu mineral yang mempunyai senyawa kompleks seperti SiO_2 , SiO_3 , arang batu dan sebagainya
- Debu metal, seperti timah hitam, merkuri, cadmium, arsen, dan lain-lain.

e. Ukuran partikel debu

- Ukuran 5-10 μ akan ditahan oleh jalan pernafasan bagian atas

- Ukuran 3-5 μ ditahan oleh bagian tengah jalan pernafasan
- Ukuran 1-3 μ langsung kepermukaan alveoli paru-paru
- Ukuran 0,1-1 μ bergerak keluar masuk alveoli sesuai gerakan brown

Gambar 2.2

Macam dan ukuran kontaminan di udara ¹⁰⁾

f. Pengaruh debu terhadap kesehatan

- Keracunan lokal
 - Debu penyebab fibrosis, karena sifatnya yang tidak larut dapat masuk kedalam nafas bersama-sama udara pernafasan, diendapkan dalam paru-paru dan diselimuti oleh jaringan yang mengeras
 - Debu *inert* yaitu debu yang tidak berbahaya tetapi dapat mengganggu kenyamanan kerja (contoh debu tanah)
 - Debu *alergen*, yaitu debu penyebab alergi (debu organik)
 - Debu iritan, iritan debu yang dapat mengakibatkan luka secara local (contoh debu flour)
- Infeksi saluran pernafasan bagian atas (ISPA)

5. Penimbunan Debu dalam Paru

a. Mekanisme penimbunan debu

Ada tiga macam mekanisme penimbunan debu yakni: ³⁸⁾

- *Inertia*

Yaitu kelambanan dari partikel-partikel debu yang bergerak pada waktu udara membelok ketika melalui jalan pernafasan yang tidak lurus, maka partikel-partikel debu yang bermassa cukup besar tidak dapat membelok mengikuti aliran udara, melainkan tegak lurus dan akhirnya menumbuk selaput lendir dan hinggap disana.

- Sedimentasi

Bronchi dan bronchioli sangat kecil, sehingga ditempat itu kecepatan udara penafasan sangat kurang kira-kira 1 cm/detik sehingga gaya tarik bumi dapat bekerja terhadap partikel-partikel debu dan mengendapkannya.

- Gerakan brown

Terutama untuk partikel-partikel yang berukuran sekitar atau kurang dari 0,1 μ . Partikel-partikel kecil ini oleh gerakan brown tidak ada kemungkinan membentur permukaan alveoli dan tertimbun disana³⁸⁾.

b. Debu dalam paru-paru³⁸⁾

Nasib partikel-partikel debu ini tergantung dari tempatnya berada dalam paru-paru dan sifat-sifat debu itu sendiri. Debu-debu yang mengendap di permukaan bronchi dan bronchioli akan dikembalikan ke atas dan akhirnya keluar oleh cilia-cilia yang bergetar dengan kecepatan 3 cm/jam di jalan pernafasan bagian atas dan 1cm/jam di dalam bronchus tertius dan bronchioli. Selain itu batuk juga merupakan mekanisme untuk mengeluarkan debu-debu.

Debu-debu di alveoli mengalami beberapa kemungkinan. Salah satunya setelah debu berada dekat batas bronchioli tertangkap oleh cilia, yang kemudian dikembalikan ke jalan pernafasan tengah dan diatas lalu keluar. Kalau bahan-bahan kimia penyusun debu mudah larut akan langsung

masuk pembuluh-pembuluh darah kapiler alveoli, tapi apabila bahan-bahan tersebut tidak mudah larut tetapi ukurannya kecil maka partikel-partikel itu dapat memasuki dinding alveoli lalu ke saluran limfa lalu ke saluran peribronchial. Kemungkinan lainnya ialah ditelan oleh fagosit, masuk ke dalam saluran limfa atau melalui dinding alveoli ke ruang peri bronchial lalu oleh rambut-rambut getar dikembalikan ke atas³⁸⁾.

6. Dampak Inhalasi Cat Semprot Terhadap Kesehatan Paru

Cat merupakan campuran bahan kimia yang sudah dikenal sejak dahulu dan banyak digunakan diberbagai tempat. Cat semprot banyak digunakan di industri-industri mobil, mebel, pesawat, kapal laut, dan industri lain. Cat semprot lebih berbahaya daripada cat kuas karena partikelnya yang kecil dapat tersebar luas. Cat semprot mengubah substansi menjadi aerosol, yaitu kumpulan partikel halus berupa cair atau padat. Aerosol dengan ukurannya yang kecil akan mudah terhisap, sehingga potensial merupakan pajanan khususnya terhadap kesehatan paru. Selain itu juga berpotensi menyebabkan penyakit paru akibat kerja, antara lain kanker, asma, dan pneumonitis hipersensitivitas. Cat juga dapat mempengaruhi beberapa organ lain seperti susunan saraf pusat, hati, ginjal, kulit, mata, organ reproduksi, jantung, dan paru. Disamping itu cat semprot yang mengandung hidrokarbon dapat disalahgunakan karena dapat memberikan sensasi euphoria atau halusinasi. Intoksikasi hidrokarbon dapat menyebabkan kelainan paru bahkan kematian³⁹⁾.

Cat semprot berupa partikel halus yang dapat terhisap ke dalam saluran nafas. Lokasi deposisi partikel di saluran nafas ditentukan oleh konsentrasi, kelarutan, dan ukurannya. Partikel berukuran 10 μm atau lebih akan mengendap di hidung dan faring, yang berukuran kurang dari 5 μm dapat penetrasi sampai ke alveoli, dan partikel berukuran sedang (5-10 μm) akan mengendap di beberapa tempat di saluran nafas besar. Lokasi deposisi partikel akan memberikan respon atau penyakit yang berbeda. Faktor manusia juga berperan penting dalam berkembangnya penyakit, seperti kebiasaan merokok, kecepatan aliran udara pernafasan, ukuran paru dan faktor genetik ¹⁰⁾.

Paru sebagai organ dengan permukaan yang luas, aliran darah yang cepat dan epitel alveolar yang tipis merupakan tempat kontak yang penting dengan substansi yang berasal dari lingkungan. Cat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi, kontak kulit dan oral, yang merupakan pajanan potensial ¹⁴⁾.

Cat berisi bahan kandungan cat dan pewarna yang berupa campuran zat kimia padat dengan medium cair, digunakan sebagai lapisan proteksi atau dekorasi permukaan; akan mengering dengan oksidasi, polimerisasi dan evaporasi. Cat pada umumnya berbahan dasar air atau minyak dan terdiri atas tiga komponen penting yakni: ³⁹⁾

a. Tiner

Semua cat mengandung pelarut/ *solvent* yang biasanya berupa tiner. Tiner akan menguap segera setelah cat dioleskan, saat itu pekerja cat dapat menghisap bahan berbahaya yang terkandung dalam *solvent*. Pajanan

terhadap *solvent* dapat menyebabkan sakit kepala, pusing, iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, masalah reproduksi dan kanker ^{21,39)}.

b. Binder

Binder yang dapat menyebabkan masalah kesehatan adalah resin (epoxy resin dan urethane resin) menimbulkan iritasi hidung, mata, tenggorokan dan kulit ²⁰⁾.

c. Pigmen

Pigmen dalam cat berguna untuk mewarnai dan meningkatkan ketahanan cat. Banyak jenis pigmen merupakan bahan berbahaya yaitu:

- Lead chromate
Digunakan untuk memberi warna hijau, kuning dan merah dapat menyebabkan kerusakan saraf pusat
- Chromium
Memberikan warna hijau, kuning, dan oranye; dapat menyebabkan kanker paru dan iritasi kulit, hidung, dan saluran nafas atas.
- Cadmium
Memberi warna hijau, kuning, oranye dan merah; dapat menyebabkan kanker paru ³⁹⁾.

Tabel 2.1.
Bahan-bahan Kandungan Cat

| Bahan | Fungsi |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Bahan pembentuk lapisan (<i>film-forming materials</i>) : Linseed oil, Soybean oil, Tung oil, dehydrated caster oil, fish oil, oiticica oil, perila oil, casein, | Membentuk lapisan pelindung melalui oksidasi dan polimerisasi minyak tak jenuh |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| latex emulsion, varnishes | |
| Tiner (<i>thinners</i>) : Hidrokarbon alifatik, naphtha, fraksi petroleum lain Turpentine Hidrokarbon aromatic, toluene, silol (xylol), methylated naphthalene | Sebagai suspensi pewarna cat , konsentrasi sedikit |
| Pengering (<i>driers</i>) : Co, Mn, Pb, Zn, naphthalene, resin, otocates, linoleat, talates | Mempercepat pengeringan lapisan melalui oksidasi dan polimerisasi |
| <i>Antiskining agent</i> : Polyhydroxy phenols | Mencegah penggumpalan dan pengelupasan cat |
| <i>Plasticizer</i> : Beberapa macam minyak | Memberikan elastisitas dan mencegah proses penguraian |

Sumber: Wahyuningsih³⁹⁾

Tabel 2.2.
Bahan-bahan Pewarna Cat (Pigmen)

| Bahan | Fungsi |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pewarna putih : timah putih, titanium dioksida, Zn oksida, lithopene, Zn sulfide, basic lead sulphate Pewarna hitam : karbon hitam, lampblack, graphite, magnetite black Pewarna biru : Ultramarine, cobalt blue, copper pthalocyanine, iron blue Pewarna merah : timah merah, iron oxides, cadmium merah, toners dan lakes Pewarna metalik : aluminium, debu eng, bubuk tembaga Pewarna kuning : litharge, ochre, timah atau Zn kromat, hansa yellow, ferrite yellow, cadmium lithopone Pewarna jingga : basic lead chromate, cadmium orange, molybdenum orange Pewarna hijau : kromium oksida, kromat hijau, hydrated kromium oxide, pthalocyanine green, permansa green Pewarna coklat : burnt sienna, burn amber, Vandyke brown Metal protective pigment : timah merah, timah biru, seng basic lead, barium potassium chromate | Untuk melindungi lapisan cat dari sengatan matahari, menguatkan lapisan dan memberi tampilan menarik |
| Pigment extenders : china clay, talk, asbestos, silica, gips, mika, barites, blanc fixe | Mengurangi biaya perawatan, ketahanan warna |

Sumber: Wahyuningsih³⁹⁾

7. Patofisiologi gangguan fungsi paru karena paparan bahan kimia dalam cat mobil

Seperti telah dikemukakan diatas, bahwa bahan kimia dalam cat mobil terdiri dari 3 komponen penting, yaitu tiner, binder, dan pigment. Berikut ini gambaran patofisiologi gangguan fungsi paru karena paparan bahan-bahan tersebut :

a. Tiner

Beberapa peneliti telah melaporkan adanya efek dari tiner sebagai pelarut / solvent terhadap gangguan fungsi paru. Pengukuran volume ekspirasi paksa selama detik pertama (FEV1) pada pekerja yang terpapar tiner menunjukkan adanya tanda obstruksi paru. Pengamatan pada pekerja pengecatan menunjukkan bahwa paparan tiner ini menunjukkan tanda-tanda iritasi pada saluran pernafasan. Iritasi ini selanjutnya menyebabkan terjadinya fibrosis paru sehingga pada akhirnya terjadi gangguan fungsi paru³⁹⁾.

b. Binder (Acrylic Resin)

Metabolisme dari bahan ini baru dipelajari pada binatang. Oleh karena itu data pada manusia masih sangat terbatas. Percobaan pada tikus, menunjukkan bahwa inhalasi bahan ini selama 30 hari dengan dosis 70, 300, 540 ppm menunjukkan tingginya angka kematian, terutama pada dosis 540 ppm.

Efek terhadap fungsi paru pada manusia, dari beberapa studi kasus menunjukkan bahwa acrylic resin menyebabkan serangan asma pada pekerja³⁹⁾.

c. Pigment

Beberapa pigment yang sering dipakai antara lain adalah

1). Cadmium

Metabolisme cadmium dalam tubuh sangat lambat, meskipun progresivitasnya dapat meningkat apabila terjadi akumulasi. Penyerapan cadmium ke dalam tubuh dapat melalui inhalasi dan oral. Melalui inhalasi

cadmium tergantung pada ukuran partikelnya. Sekitar 10 – 50% cadmium yang terinhalasi akan terdeposit dalam alveoli paru-paru. Sebagian dari cadmium yang terdeposit tersebut akan dikeluarkan melalui mekanisme clearance.

Efek terhadap saluran pernafasan, inhalasi partikel cadmium akan menyebabkan gangguan fungsi paru, yang berupa emphysema, kelainan obstruktif, dan fibrosis paru. Kelainan tersebut akan terjadi terutama pada pekerja yang terpapar partikel cadmium secara kronis ¹⁷⁾.

2). Chromium

Partikel ini dalam bentuk trivalent dan hexavalent secara signifikan dapat menyebabkan gangguan fungsi paru. Gangguan fungsi paru dapat terjadi terutama pada paparan dengan dosis cukup, yaitu akan terjadi iritasi saluran pernafasan, dengan nasal septal perforation. Pulmonary sensitization pernah dilaporkan juga terjadi akibat paparan partikel ini meskipun kejadiannya jarang ¹⁶⁾.

3). Plumbum

Penyerapan melalui inhalasi partikel Pb ini dipengaruhi oleh 3 proses, yaitu dimana partikel tersebut terdepositasi, mucociliary clearance, dan alveolar clearance.

Paparan partikel ini dapat menyebabkan kelainan obtruksi sebagai hasil dari meningkatnya partikel yang terdepositasi di alveoli. Keadaan ini diperparah bila pekerja juga merokok, oleh karena mekanisme clearance yang kurang baik ¹⁸⁾.

8. Penyakit Paru Kerja Akibat Paparan Cat Semprot

Cat semprot mengubah substansi menjadi aerosol, yaitu kumpulan partikel halus berupa cair atau padat, sehingga karena ukurannya yang kecil akan mudah terhisap, selanjutnya merupakan paparan potensial khususnya terhadap kesehatan paru. Penyakit paru akibat kerja yakni: ³⁹⁾

a. Kanker

Kanker paru dikenal sebagai jenis kanker yang sering dijumpai pada laki-laki di daerah industri di negara berkembang. Paparan bahan karsinogen di tempat kerja mempunyai efek yang signifikan. *The International Agency For Research on Cancer (IARC)* menentukan bahwa cat dapat menyebabkan kanker terutama kanker paru, di samping kanker esophagus, abdomen dan kandung kencing. Paparan cat melalui inhalasi dan juga melalui kontak kulit atau oral. Beberapa bahan cat yang dapat menyebabkan kanker paru antara lain timah, chromium, molybdenum, asbestos, arsenic, titanium dan mineral oil (poly aromatic hydrocarbon) ³⁹⁾.

Paparan kronik bahan karsinogen membutuhkan waktu lama untuk dapat menyebabkan kanker, diagnosis dan riwayat pekerjaan memegang peranan yang penting. Lama paparan akan meningkatkan risiko kanker paru. *Droste et al* mendapatkan bahwa molybdenum, kromium dan mineral oil sangat berhubungan dengan kanker paru dan kejadian kanker paru akan meningkat setelah paparan lebih dari 20-30 tahun. *Morrel et al* mendapatkan 58% kematian yang berhubungan dengan bahan berbahaya

di sebabkan neoplasma ganas. Kanker paru dan pleura merupakan jenis kanker yang sering dijumpai (57%) sebagai penyebab kematian dan laki-laki (61%) dua kali lebih tinggi dari perempuan (36%). Jenis kanker yang sering dijumpai adalah mesotelioma (14%). Kebiasaan merokok meningkatkan risiko kanker paru 4-14 kali dibanding pekerja yang tidak merokok³⁹).

b. Asma kerja

Terdapat dua kategori asma ditempat kerja yaitu asma kerja (*occupational asthma*). Asma kerja didefinisikan sebagai keterbatasan aliran udara dan atau hiperesponsivitas bronkus yang disebabkan bahan di lingkungan tempat kerja dan tidak di sebabkan oleh rangsangan di luar lingkungan kerja. Sedangkan asma diperberat di tempat kerja adalah asma yang diperburuk oleh iritan atau rangsang fisik ditempat kerja³⁹).

Isosianat sering diidentifikasi sebagai penyebab asma kerja pada pekerja cat semprot yang dikenal sebagai isocyanate-induced asthma. Isosianat merupakan bahan utama cat semprot, selain itu dapat juga dijumpai pada varnish, lem dan polyurethane. Isosianat merupakan bahan kimia reaktif yang dapat mengiritasi saluran nafas dan membran mukosa. Dahulu *toluene diisocyanate* (TDI) sering digunakan dalam komponen cat semprot kendaraan bermotor, saat ini digantikan oleh 1,6 *hexamethylene diisocyanate* (OCN(CH₂)₆NCO(HDI) dan *methylene diphenyl diisocyanate* (MDI). *Hexamethylene diisocyanate* (HDI) merupakan

diisosianat alifatik; HDI monomer sangat mmenguap, sehingga sebagian besar HDI dalam bentuk prepolimer²³⁾.

Pajanan isosianat yang tinggi dapat menyebabkan iritasi mata, sensitisasi dan inflamasi kulit serta edema paru. Pada pekerja yang telah tersensitisasi oleh isosianat, pajanan dosis kecil (kurang dari 1 ppb = parts per billion) dapat menyebabkan asma yang dapat tetap di derita bertahun-tahun setelah pajanan dihentikan. Tanda dan gejala yang sering yaitu batuk dengan atau tanpa produksi sputum, sesak atau rasa berat di dada, mengi, mengigil, malaise, nyeri otot, dan gejala seperti flu (*flulike symptoms*) pada saat bekerja. Demam disertai leukositosis dapat juga dijumpai pada asma kerja (5%). Pada beberapa pasien dapat dijumpai gejala yang tidak khas seperti batuk kronik atau bronchitis²³⁾.

c. Pneumonitis hipersensitivitas

Inhalasi partikel organik atau gas dapat menyebabkan perubahan respons pulmonary, yang ditandai oleh peningkatan resistensi aliran udara di saluran nafas sehingga menyebabkan asma. Sebagian kecil reaksi dapat menyertakan asinus termasuk bronkiolus yang dikenal sebagai pneumonitis hipersensitivitas (*extrinsic allergic alveolitis*). Pajanan terhadap isosianat aerosol dapat mengakibatkan pneumonitis hipersensitivitas, walaupun jarang terjadi (1%)²¹⁾.

Pemeriksaan fungsi paru menunjukkan restriksi dengan penurunan *compliance* dan gangguan pertukaran gas. Pada keadaan akut didapatkan penurunan kapasitas vital paksa; walaupun didapatkan perubahan ventilasi

perfusi regional, resistensi saluran nafas masih normal. Tekanan karbondioksida biasanya turun akibat hiperventilasi alveolar. Beberapa penelitian mendapatkan penurunan kapasitas difusi beberapa jam setelah terpajan isosianat^{12,21)}.

Penurunan fungsi paru pada keadaan akut akan membaik setelah beberapa hari, gejala dapat menetap beberapa minggu pada keadaan penurunan fungsi paru dan kapasitas difusi yang berat. Pada keadaan subakut mungkin hanya dijumpai penurunan kapasitas difusi dan *compliance* paru; pada fase kronik dapat berkembang menjadi fibrosis yang progresif, perubahan saluran nafas obstruktif dan restriktif^{12,21)}.

9. Uji Fungsi Paru

Fungsi paru yang utama adalah untuk respirasi, yaitu penambahan oksigen dari udara luar masuk ke dalam saluran nafas dan terus kedalam darah. Oksigen digunakan untuk proses metabolisme dan karbondioksida yang terbentuk pada proses tersebut dikeluarkan dari dalam darah ke udara luar. Proses respirasi dibagi atas dua tahap utama yaitu: proses ventilasi, yaitu proses keluar masuknya udara ke dalam paru serta keluarnya CO₂ dari alveoli ke dalam darah; proses perfusi, yaitu distribusi darah yang telah teroksigenasi di dalam paru untuk dialirkan ke seluruh tubuh⁴⁰⁾.

Pada umumnya kelainan paru-paru menyebabkan terjadinya dispnea, baik pada waktu istirahat maupun sesudah aktivitas. Untuk mengetahui secara

pasti dimana kelainan itu terjadi, maka diperlukan pemeriksaan fungsi paru-paru⁴⁰⁾.

Pada tes fungsi paru-paru, tes dibagi dalam dua kategori yaitu tes yang berhubungan dengan fungsi ventilasi paru-paru dan dinding dada serta tes yang berhubungan dengan pertukaran gas^{34,40)}.

Salah satu metode untuk dapat melakukan pemeriksaan fungsi paru adalah spirometri. Pemeriksaan dengan spirometri ini adalah tes yang berhubungan dengan fungsi ventilasi paru-paru dan dinding dada, dengan menggunakan alat spirometer yang mengukur arus dalam satuan isi dan waktu. Uji ini sangat menguntungkan karena merupakan uji paling sederhana dan paling murah serta terbukti dapat diandalkan untuk tujuan epidemiologi³⁴⁾.

Dikenal beberapa jenis spirometer antara lain: *water sealed spirometer*. Alat ini terdiri dari alat untuk bernafas, penangkap CO₂ (*soda lime*), alat pencatat spirogram (kimograf), alat ini terdiri dari penghisap (piston) didalam silinder, diantara piston dan silinder terdapat semacam lapisan plastik. Sedangkan spirometer wedge, spirometer piston, spirometer bellows, terdiri dari alat yang dapat mengembang dan mengempis akibat pernafasan, terbuat dari karet dan plastik. Alat ini dihubungkan dengan pena untuk mencatat pergerakan pada kertas grafik yang berputar dengan kecepatan tetap. Spirometer elektronik, alat ini mudah dibawa serta mudah digunakan dan hasilnya langsung tertera setelah pemeriksaan³⁴⁾.

Ada empat volume paru utama serta empat kapasitas paru utama yang diukur dengan spirometer. Pemeriksaan volume paru utama yaitu :³⁴⁾

- a. Volume alur nafas (*tidal volume*), adalah jumlah udara yang masuk ke dalam dan ke luar paru pada pernafasan normal.
- b. Volume cadangan inspirasi (*inspiratory reserve volume*), adalah jumlah udara yang masih dapat masuk ke dalam paru pada inspirasi maksimal setelah inspirasi biasa.
- c. Volume cadangan ekspirasi (*expiratory reserve volume*), adalah jumlah udara yang dikeluarkan secara aktif dari dalam paru setelah ekspirasi biasa.
- d. Volume residu (*residual volume*), adalah jumlah udara yang tersisa dalam paru setelah ekspirasi maksimal.

Hasil dari tes fungsi paru tidak dapat untuk mendiagnosis suatu penyakit paru-paru tapi hanya memberikan gambaran gangguan fungsi paru yang dapat dibedakan atas : ^{12,34)}

- a. Kelainan obstruktif (kelainan pada ekspirasi)

Adalah setiap keadaan hambatan aliran udara karena adanya sumbatan atau penyempitan saluran nafas. Kelainan obstruktif akan mempengaruhi kemampuan ekspirasi.

- b. Kelainan restriktif (kelainan pada inspirasi)

Adalah gangguan pada paru yang menyebabkan kekakuan paru sehingga membatasi pengembangan paru-paru. Gangguan restriktif mempengaruhi kemampuan inspirasi.

Oleh karena itu untuk menetapkan lokasi dari kelainan ini beberapa tes perlu dilakukan antara lain: ^{12,34)}

- a. kapasitas vital (vital capacity)
- b. aliran udara ekspirasi (expiratory air flow)
- c. fungsi difusi
- d. analisis gas

Angka-angka yang didapat dari pemeriksaan fungsi paru mempunyai beberapa kategori, yaitu: ^{12,34)}

- a. angka yang ditentukan oleh berat badan, luas permukaan tubuh, tinggi badan dan usia.
- b. angka-angka yang didapatkan mempunyai variabilitas.
- c. setiap pemeriksaan mempunyai angka yang “*predicted*”, yakni angka yang dianggap sebagai pembagi dari angka pemeriksaan.
- d. untuk menggambarkan fungsi paru adalah angka yang diperoleh dibagi dengan angka “*predicted*” dalam 100%.

Dasar pemeriksaan fungsi paru-paru, terbagi dua yaitu nilai restriktif dan nilai obstruktif, kriterianya seperti pada tabel berikut: ⁴¹⁾

Tabel 2.3.
Nilai Restriktif

| No | %FEV1/FVC | %FVC | Kesimpulan |
|----|-----------|---------|-------------------|
| 1 | | > 80 | Normal |
| 2 | > 75 | 60 – 79 | Restriktif ringan |
| 3 | | 30 – 59 | Restriktif sedang |
| 4 | | < 30 | Restriktif berat |

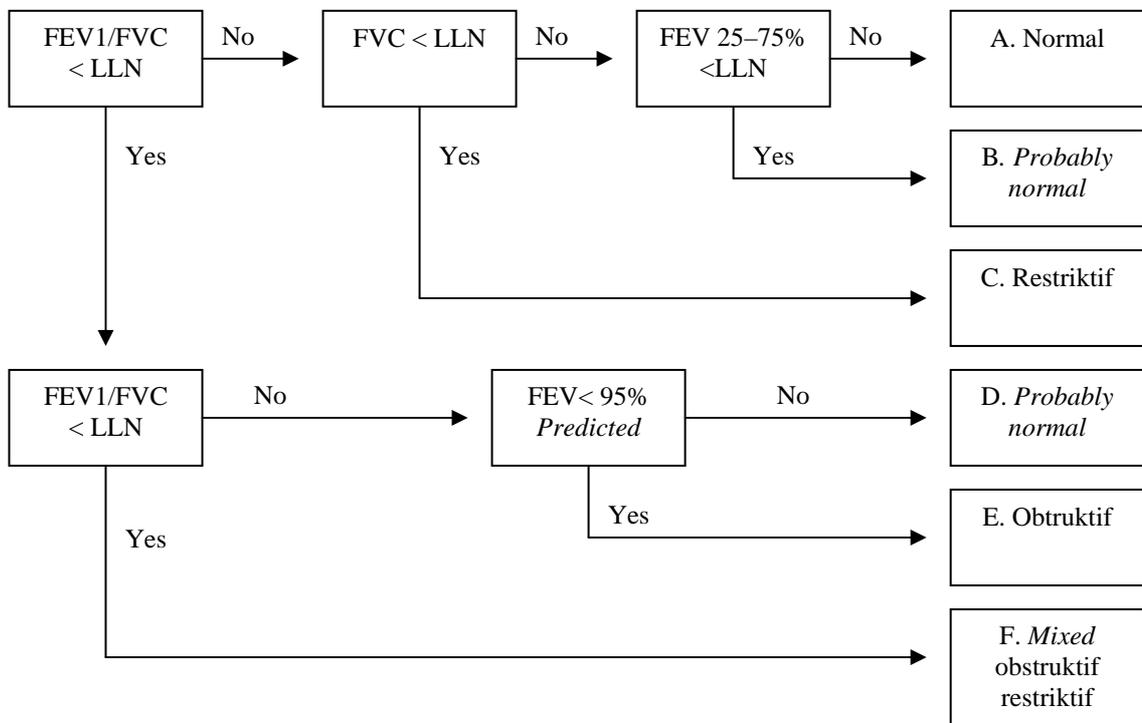
Sumber : McKay *et al* ⁴¹⁾

Tabel 2.4.
Nilai Obstruktif

| No | % FVC | %FEV/FVC | Kesimpulan |
|----|-------|----------|-------------------|
| 1 | | > 75 | Normal |
| 2 | > 75 | 60 – 74 | Obstruktif ringan |
| 3 | | 30 – 59 | Obstruktif sedang |
| 4 | | < 30 | Obstruktif berat |

Sumber : McKay *et al*⁴¹⁾

Analisa hasil uji fungsi paru



LLN = lower limit of normal

Interpretation statemen of spirometry

Kategori:

- A. Ekspirasi normal dan FVC normal
- B. *Probably normal*. FVC, FEV1 dan FEVe/FVC
- C. Restriktif (ringan, sedang, berat)
- D. *Probably normal*
- E. Obstruktif (ringan, sedang, berat)
- F. Gabungan obstruktif dan restriktif

Gambar 2.3
Diagram Hasil Tes Spirometri ⁴¹⁾

10. Parameter-parameter Faal Paru

Ada banyak jenis parameter pemeriksaan faal paru, namun pada penelitian ini hanya satu parameter yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan penelitian ini yaitu kapasitas vital paksa (*forced vital capacity*)

a. *Vital capacity* (VC)

Kapasitas vital sama dengan volume cadangan inspirasi ditambahkan dengan volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah volume udara maksimum yang dapat dikeluarkan oleh seseorang dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya (kira-kira 4600ml)³⁴⁾.

Ada dua macam kapasitas vital berdasarkan cara pengukurannya:⁴⁰⁾

- *Vital Capacity* (VC): pada pengukuran jenis ini penderita tidak perlu melakukan aktivitas pernafasan dengan kekuatan penuh
- *Forced Vital Capacity* (FVC): pada pengukuran ini pemeriksaan dilakukan dengan kekuatan maksimal

Pada orang normal tidak ada perbedaan antara kapasitas vital dan kapasitas vital paksa, tetapi pada keadaan ada gangguan obstruktif terdapat perbedaan antara kapasitas vital dan kapasitas vital paksa.

b. Kapasitas Vital Paksa (*forced vital capacity*)

Adalah pengukuran kapasitas vital yang didapat pada ekspirasi yang dilakukan secepat dan sekuat mungkin. Volume udara ini dalam keadaan normal nilainya kurang lebih sama dengan kapasitas vital. Pada penderita obstruktif saluran nafas akan mengalami pengurangan yang

jelas karena penutupan pengatur saluran nafas. Dalam melakukan kapasitas vital paksa tekniknya mula-mula orang tersebut inspirasi maksimal sampai kapasitas paru total, kemudian ekspirasi ke dalam spirometer dengan ekspirasi maksimal paksa secepatnya dan sesempurna mungkin. Kapasitas vital kuat hampir sama, hanya terdapat perbedaan pada volume dasar paru antara orang normal dan penderita obstruktif. Sebaliknya terdapat perbedaan besar pada kecepatan aliran maksimal yang dapat dikeluarkan seseorang terutama selama detik pertama. Oleh karena itu biasanya merekam volume ekspirasi paksa selama detik pertama (FEV 1) dan membandingkan antara yang normal dan abnormal. Pada orang normal persentase kapasitas vital kuat yang dikeluarkan pada detik pertama (FEV1/FVC%) adalah 80%. Pada obstruksi saluran nafas yang serius, yang sering terjadi pada asma akut, kapasitas ini dapat berkurang menjadi kurang dari 20% ³⁴⁾.

Gambar 2.4.
Rekaman Sebuah Kapasitas Vital Paksa

Gambar 2.5.
Rekaman Sebuah Kapasitas Vital Paksa Pada A, Normal dan B, Obstruktif

Gambar 2.6.
Pengukuran FVC dan FEV1 Dalam Kondisi Normal, Obstruktif dan Restriktif

c. Makna kapasitas vital paksa

Selain nilainya bergantung dari bentuk anatomi seseorang, faktor-faktor utama yang mempengaruhi kapasitas vital adalah:³⁴⁾

- posisi seseorang ketika kapasitas ini diukur
- kekuatan otot-otot pernafasan
- daya renggang/ pengembangan paru-paru dan rangka dada yang disebut “*compliance paru*”.

Besarnya kapasitas vital pada pria dewasa muda \pm 4,6 lt dan pada wanita dewasa muda kira-kira 3,1 lt. Orang yang tinggi kurus biasanya mempunyai kapasitas vital lebih besar dari orang yang gemuk pendek, sedangkan keadaan latihan olah raga dapat menambah VC sebesar 30-40% di atas nilai normal yaitu mencapai 6-7 lt.

d. Penurunan kapasitas vital disebabkan oleh berkurangnya *compliance paru*. Faktor apapun yang mengurangi kemampuan paru untuk mengembang juga menurunkan kapasitas vital, seperti tuberkulosis (TB paru), asma kronik, bronchitis kronik dan pleuritis fibrosis. Oleh karena itu pengukuran kapasitas vital merupakan salah satu pengukuran yang terpenting dan paling sederhana dari semua pengukuran⁴¹⁾.

- e. Perubahan kapasitas akibat bendungan paru pada payah jantung kiri atau penyakit lain yang menyebabkan bendungan pembuluh darah paru dan edema, kapasitas vital menjadi menurun, karena kelebihan cairan dalam paru mengurangi *compliance*⁴¹⁾.

11. Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Pengecatan Mobil

Faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok, yaitu penyebab langsung dan penyebab tidak langsung. Penyebab langsung adalah paparan debu cat dan penyebab tidak langsung adalah beberapa variabel yang termasuk merupakan karakteristik pekerja dan karakteristik pekerjaan. Berikut ini adalah karakteristik pekerja yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru :

a. Riwayat penyakit

Dalam beberapa penelitian diperoleh hasil bahwa seseorang yang mempunyai riwayat menderita penyakit paru berhubungan secara bermakna dengan terjadinya gangguan fungsi paru⁴²⁾. Dari hasil penelitian Sudjono⁴³⁾ dan Nugraheni⁴⁴⁾ diperoleh hasil bahwa pekerja yang mempunyai riwayat penyakit paru mempunyai risiko 2 kali lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru.

Seseorang yang pernah mengidap penyakit paru cenderung akan mengurangi ventilasi perfusi sehingga alveolus akan terlalu sedikit mengalami pertukaran udara. Akibatnya akan menurunkan kadar oksigen dalam darah.

Banyak ahli berkeyakinan bahwa penyakit emfisema kronik, pneumonia, asma bronkiale, tuberculosis dan sianosis akan memperberat kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja yang terpapar oleh debu organik dan anorganik¹²⁾.

b. Umur

Umur merupakan variabel yang penting dalam hal terjadinya gangguan fungsi paru. Semakin bertambahnya umur, terutama yang disertai dengan kondisi lingkungan yang buruk serta kemungkinan terkena suatu penyakit, maka kemungkinan terjadinya penurunan fungsi paru dapat terjadi lebih besar. Seiring dengan penambahan umur, kapasitas paru juga akan menurun. Kapasitas paru orang berumur 30 tahun ke atas rata-rata 3.000 ml sampai 3.500 ml, dan pada orang yang berusia 50 tahunan kapasitas paru kurang dari 3.000 ml.³⁴⁾

Secara fisiologis dengan bertambahnya umur maka kemampuan organ-organ tubuh akan mengalami penurunan secara alamiah tidak terkecuali gangguan fungsi paru dalam hal ini kapasitas vital paru. Kondisi seperti ini akan bertambah buruk dengan keadaan lingkungan yang berdebu dan faktor-faktor lain seperti kebiasaan merokok, tidak tersedianya masker juga penggunaan yang tidak disiplin, lama paparan serta riwayat penyakit yang berkaitan dengan saluran pernafasan. Rata-rata pada umur 30 – 40 tahun seseorang akan mengalami penurunan fungsi paru yang dengan semakin bertambah umur semakin bertambah pula gangguan yang terjadi^{12,34)}

c. Status gizi

Kaitan antara status gizi dengan penyakit paru dan system pernafasan sampai saat ini masih sedikit mendapat perhatian. Kebanyakan buku-buku teks membahas permasalahan ini secara sepintas. Kurang kajian gizi dalam hubungannya dengan penyakit paru ini dapat dijelaskan sebagai berikut : pertama, dari tiga penyakit paru yang umum terjadi (asthma, penyakit paru obstruksi kronik/PPOK, dan emfisema) dan kanker paru telah mempunyai etiologi yang jelas. Dalam kasus asma, faktor genetik dan paparan *allergen* telah diketahui menjadi etiologi yang utama. Sementara itu PPOK dan kanker paru diketahui sebagai hasil dari paparan asap rokok. Pengaruh faktor genetik dan atopy pada asma, dan kebiasaan merokok pada PPOK dan kanker paru telah diketahui sangat kuat. Kedua, peran dari status gizi adalah secara tidak langsung misalnya pada penyakit cystic fibrosis. Namun demikian, penelitian epidemiologis saat ini telah menunjukkan akan peran penting gizi terhadap fungsi paru, terutama yang berkaitan dengan konsumsi zat gizi yang merupakan sumber antioksidan ⁴⁵⁾.

Selain peran penting antioksidan sebagai pencegah radikal bebas yang banyak terdapat pada debu cat, hasil penelitian menunjukkan bahwa gizi kurang ternyata berhubungan dengan penyakit paru. Penelitian Benedict tahun 1919 pada orang dalam keadaan *starvation* ternyata mengalami perubahan fisiologis yaitu berupa penurunan *resting energy expenditure* sebesar 20% dan penurunan konsumsi O₂ sebesar 18%. Efek negatif dari penurunan status gizi terhadap fungsi ventilasi paru ini juga dikonfirmasi dalam penelitian Minesota oleh Keys *et al* pada tahun 1950. Kapasitas vital paru menurun rata-

rata 390 ml pada keadaan kelaparan. Penurunan tersebut akan kembali normal dalam 12 minggu setelah seseorang kembali pada keadaan diet normal. Penelitian yang lainnya menunjukkan peningkatan risiko kematian pada penyakit tuberculosis dan pneumonia apabila disertai keadaan kurang gizi tingkat berat ⁴⁵⁾.

d. Kebiasaan olah raga

Kebiasaan olah raga dapat membantu meningkatkan kapasitas vital paru. Individu yang mempunyai kebiasaan olah raga memiliki tingkat kebugaran jasmani yang baik. Penelitian Schenker *et al* pada pekerja pertanian di Kosta Rika menunjukkan bahwa pekerja yang mempunyai tingkat kebugaran jasmani yang baik, dapat menjadi faktor protektif terhadap penurunan fungsi paru ⁴⁶⁾. Sementara itu penelitian Debray *et al* di India pada pekerja yang terpapar debu juga menunjukkan bahwa hasil yang sama ⁴⁷⁾.

Menurut Wilmore (1994) secara umum olah raga akan meningkatkan total kapasitas paru. Pada banyak individu yang melakukan olah raga secara teratur maka kapasitas vital paru akan meningkat meskipun hanya sedikit, tetapi pada saat yang bersamaan *residual volume* atau jumlah udara yang tidak dapat berpindah atau keluar dari paru akan menurun. Selanjutnya untuk meningkatkan kapasitas vital paru, olah raga yang dilakukan hendaknya memperhatikan 4 hal, yaitu mode atau jenis olah raga, frekuensi, durasi, dan intensitasnya ⁴⁸⁾.

e. Kebiasaan merokok

Salah satu hal yang paling penting untuk di kontrol pada orang dengan gangguan fungsi paru adalah kebiasaan merokok. Penggunaan tembakau oleh pekerja dan populasi umum menunjukkan kecenderungan peningkatan di seluruh dunia. Dari tahun 1920 – 1966, konsumsi tembakau dalam berbagai bentuk terus meningkat di tempat kerja, dengan kandungan bahan kimia yang efek biologinya belum banyak diteliti. Rokok mengandung sejumlah besar bahan berbahaya, yaitu kurang lebih sebanyak 4000 bahan yang telah diidentifikasi⁴⁹⁾.

Penelitian Gold *etal* di Amerika menunjukkan hasil adanya hubungan *dose respon* antara kebiasaan merokok dengan dan rendahnya *level* FEV1/FVC dan FEF 25-75%. Jumlah konsumsi rokok sebanyak 10 batang perhari ditemukan berhubungan dengan penurunan FEF 25- 75% dibanding orang yang tidak merokok⁵⁰⁾.

Pada saat merokok terjadi suatu proses pembakaran tembakau dan *nikotina tabacum* dengan mengeluarkan polutan partikel padat dan gas. Diantaranya yang membahayakan kesehatan baik bagi perokok maupun orang disekitarnya adalah tar (*balangkin*), nikotin, karbon monoksida (CO) atau asap rokok, nitrogen sianida, benzopirin, dimetil nitrosamine, N-nitroson nikotin, katekol, fenol dan akrolein. Asap rokok merangsang sekresi lendir sedangkan nikotin akan melumpuhkan silia, sehingga fungsi pembersihan jalan nafas terhambat. Konsekuensinya menumpuknya sekresi lendir yang menyebabkan batuk-batuk, banyaknya dahak dan sesak nafas⁵⁰⁾.

Penurunan fungsi paru pada orang dewasa normal bukan perokok sekitar 20 – 30 tahun ml/tahun. Pada perokok sekitar 30 – 40 ml/tahun serta terdapat hubungan yang sangat jelas antara jumlah rokok yang dihisap setiap tahun dan lama merokok dengan fungsi paru^{51,40)}.

Lingkungan yang terpapar oleh debu cat mobil serta di tambah dengan kebiasaan merokok dapat memberikan dampak kumulatif terhadap timbulnya gangguan kesehatan paru karena asap rokok dapat menghilangkan bulu-bulu silia di saluran pernafasan yang berfungsi sebagai penyaring udara yang masuk ke hidung sehingga mekanisme pengeluaran debu oleh paru dapat terganggu. Kebiasaan merokok perlu mendapat perhatian khusus karena pajanan debu lingkungan kerja dan merokok dapat memberikan efek kumulatif terhadap gangguan fungsi paru⁵²⁾.

Adapun variabel yang termasuk karakteristik pekerjaan yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru adalah :

a. Masa kerja

Menurut Morgan dan Parkes waktu yang dibutuhkan seseorang yang terpapar oleh debu untuk terjadinya gangguan fungsi paru kurang lebih 10 tahun⁵²⁾. Beberapa bahan dalam cat yang dapat menyebabkan penyakit paru seperti kanker paru antara lain yaitu timah, chromium, molybdenum, asbestos, arsenic, titanium dan mineral oil (polycyclic aromatic hydrocarbon) merupakan bahan karsinogen. Bahan tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh. Pajanan kronik dari bahan karsinogen tersebut membutuhkan waktu lama untuk dapat menyebabkan kanker. Lama waktu pajanan akan meningkatkan

risiko kanker paru. Penelitian Droste *et al* menunjukkan bahwa molybdenum, khromium dan mineral oil sangat berhubungan dengan kanker paru dan kejadian kanker paru akan meningkat setelah pajanan lebih dari 20 - 30 tahun³⁹⁾.

Penelitian Heri Sumanto tahun 1999 menunjukkan hasil bahwa semakin lama seseorang bekerja pada lingkungan berdebu, maka akan semakin menurunkan kapasitas vital paru. Dimana setiap penambahan masa kerja dalam satu tahun akan terjadi penurunan kapasitas paru sebesar 35,3907 ml⁵³⁾.

b. Jumlah jam kerja per minggu

Data jumlah jam kerja per minggu pada aktivitas pekerja terpapar debu dapat digunakan untuk memperkirakan kumulatif paparan yang diterima oleh seorang pekerja. Timbulnya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan dapat sangat tergantung pada lamanya paparan serta dosis paparan yang diterima. Paparan dengan kadar rendah dalam waktu lama mungkin tidak akan segera menunjukkan adanya gangguan fungsi paru. Hubungan antara paparan dan efek ini sangat bergantung pada tiga hal yaitu :

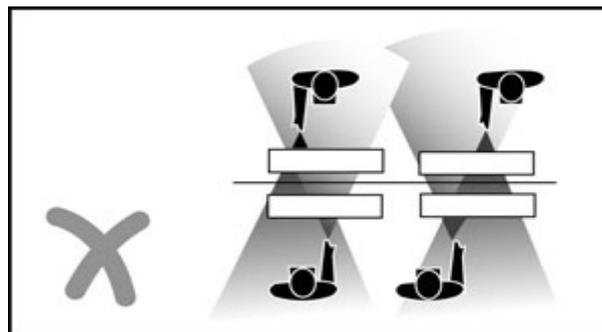
- kadar debu dalam udara
- dosis paparan kumulatif (penjumlahan kadar dalam udara dan lamanya paparan)
- waktu tinggal atau lamanya debu berada dalam paru

Paparan dengan kadar rendah dalam jangka waktu lama menyebabkan penyakit yang kurang berat dibandingkan paparan terhadap kadar tinggi dalam waktu singkat¹⁴⁾.

Paparan debu dalam aktivitas pengecatan merupakan campuran dari berbagai bahan kimia yang dipergunakan sebagai campuran bahan cat. Menurut Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja nomor 01 tahun 1997, kadar debu dari aktivitas pengecatan mobil ini diklasifikasikan dalam debu campuran. Untuk klasifikasi ini ditetapkan nilai ambang batasnya sebesar 3 mg/m³. Artinya apabila selama 8 jam bekerja tiap harinya atau 40 jam selama seminggu, pekerja terpapar oleh debu lebih dari 3 mg/m³, maka pekerja akan mempunyai risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru²⁷⁾

c. Posisi terhadap pengecat yang lain

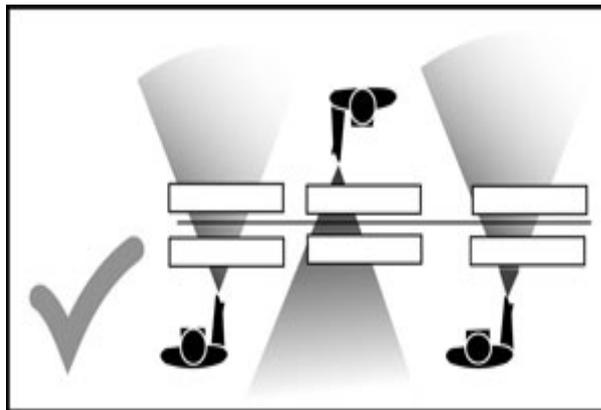
Salah satu praktik yang tidak tepat pada aktivitas pengecatan menurut petunjuk keselamatan pengecatan mobil yang dikeluarkan pemerintah Australia adalah posisi pengecat yang berhadapan satu dengan lainnya. Posisi tersebut dapat membahayakan kesehatan pekerja karena paparan yang *overspray*. Berikut ini contoh gambar posisi pengecatan yang tidak tepat¹³⁾:



Gambar 2.7
Posisi Pengecat Terhadap Pengecat Lain Yang Tidak Tepat

Dianjurkan posisi yang benar adalah posisi yang memungkinkan setiap pekerja tidak terpapar oleh paparan secara *overspray*, yaitu dengan cara menghindari arah

pengecatan terhadap pekerja lainnya. Berikut ini gambar posisi pengecat terhadap pengecat lain yang tepat¹³⁾:



Gambar 2.8
Posisi Pengecat Terhadap Pengecat Lain Yang Tepat

d. Ruang pengecatan

Ruang pengecatan yang cukup dibutuhkan untuk meminimalkan risiko paparan bahan berbahaya. Aktivitas pengecatan dalam ruang terbatas akan menyebabkan tingkat kontaminasi yang tinggi dan oksigen mungkin akan turun konsentrasinya sampai batas yang membahayakan kesehatan¹³⁾. Pada keadaan ruang pengecatan yang terbatas pekerja harus mengenakan *supplied air respirator* yang adekuat. Penutup muka penuh, penggantian aliran udara harus selalu diperhatikan. Bahkan dalam keadaan tersebut pekerja disarankan mengenakan pakaian khusus termasuk sarung tangan yang melindungi seluruh tubuh, terutama untuk perlindungan dari bahaya yang dapat mengenai kulit dan mata.¹³⁾

Aktivitas pengecatan di ruang terbuka meskipun memungkinkan suplai udara bersih secara otomatis, namun menimbulkan dampak buruk yaitu akibat

penggunaan isocyanates yang terdapat dalam bahan cat dapat menyebar dalam radius sampai dengan 15 meter, sehingga dalam radius tersebut tiap orang harus mengenakan masker¹³⁾.

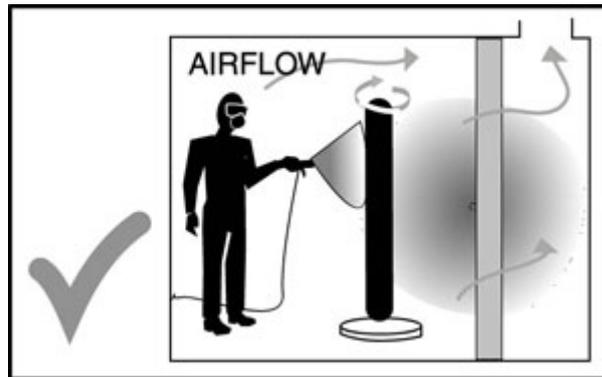
e. Ventilasi ruang pengecatan

Ventilasi ruang pengecatan haruslah didesain secara cukup. Akibat dari ventilasi yang tidak adekuat akan menyebabkan konsentrasi debu cat meningkat, yang selanjutnya dapat menyebabkan risiko bahaya kebakaran apabila terakumulasi secara cukup. Dalam buku petunjuk keselamatan pekerja pengecatan mobil yang dikeluarkan pemerintah Australia, ventilasi yang tidak adekuat disebutkan merupakan penyebab kejadian fatal sebagai hasil dari inhalasi debu cat atau akibat kebakaran.

Udara segar harus diatur agar dapat menggantikan udara dalam ruangan yang telah terkontaminasi oleh debu cat. Untuk memastikan pergantian udara segar tersebut diperlukan *air exhaust* dalam ruang pengecatan¹³⁾.

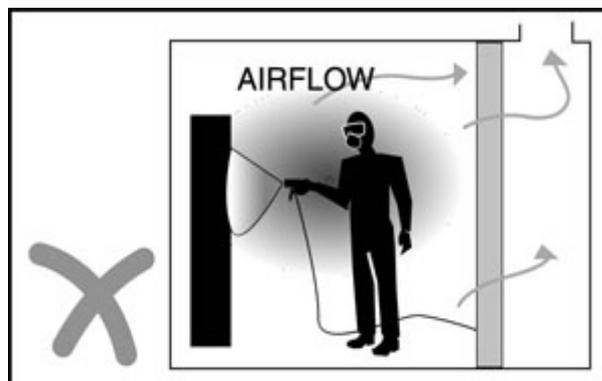
f. Posisi terhadap arah angin

Untuk menghindari paparan yang *overspray* pekerja harus memperhatikan arah angin apabila pengecatan dilakukan di ruangan terbuka atau aliran udara apabila pengecatan dilakukan di ruang pengecatan yang menggunakan *air exhaust*. Dalam buku petunjuk keselamatan pekerja pengecatan mobil yang dikeluarkan pemerintah Australia, disarankan posisi pekerja dalam melakukan pengecatan agar memperhatikan aliran udara seperti tampak pada gambar berikut ini¹³⁾:



Gambar 2.9
Posisi Pekerja Yang Benar Pada Saat Pengecatan Berdasarkan Aliran Udara

Posisi yang benar seperti pada gambar di atas adalah apabila pekerja menempatkan diri pada posisi di belakang alat spray dan alat spray ada dibelakang *exhaust air*. Adapun posisi yang salah adalah apabila pekerja melakukan pengecatan pada posisi di antara *exhaust air* dan alat spray, seperti pada gambar berikut ¹³⁾:

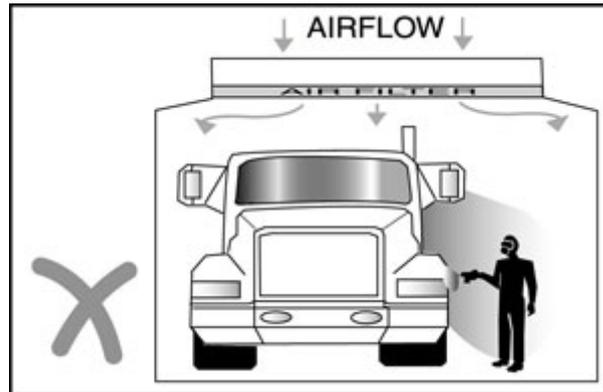


Gambar 2.10
Posisi Pekerja Yang Salah Pada Saat Pengecatan Berdasarkan Aliran Udara

g. Ketinggian obyek yang dicat

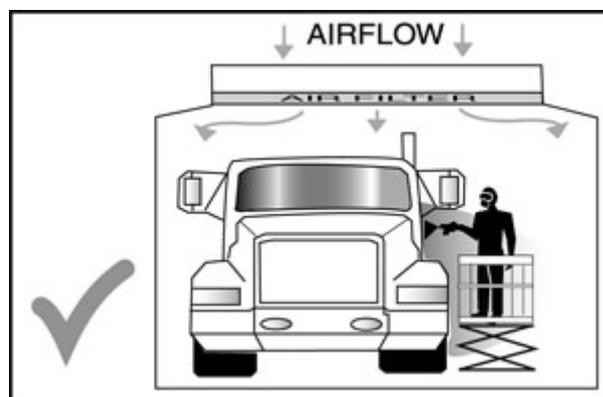
Dalam buku petunjuk keselamatan pekerja pengecatan mobil yang dikeluarkan pemerintah Australia, disebutkan bahwa ketinggian obyek yang dicat menentukan paparan debu cat yang diterima oleh pekerja. Obyek

pengelasan yang tinggi, besar dan sulit untuk dipindahkan memiliki kemungkinan untuk menimbulkan paparan yang lebih besar bagi pekerja, seperti tampak pada gambar berikut ini ¹³⁾:



Gambar 2.11
Ukuran Dan Bentuk Obyek Pengelasan Yang Dapat Menyebabkan
Overspray Bagi Pekerja

Pada keadaan tersebut, yaitu pekerja menangani obyek pengelasan yang ukurannya besar, maka diperlukan alat pendukung berupa *gantry* atau *lift* seperti tampak pada gambar dibawah ini ¹³⁾:

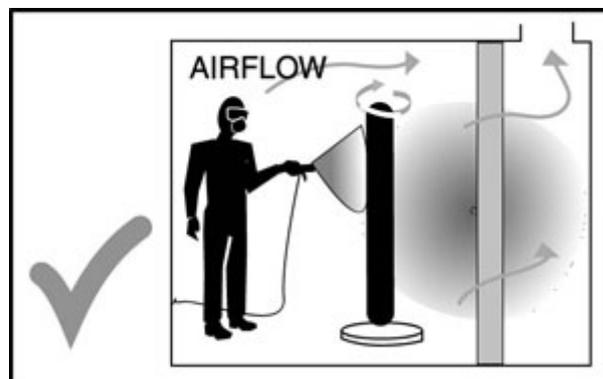


Gambar 2.12

Cara Pengecatan Pada Obyek Yang Berukuran Besar

h. Kemudahan untuk memindahkan obyek pada saat pengecatan

Obyek pengecatan yang sulit dipindahkan seperti misalnya obyek yang berukuran besar seperti bus atau truk menyulitkan pekerja dalam mengantisipasi bahaya *overspray*. Dalam buku petunjuk keselamatan pekerja pengecatan mobil yang dikeluarkan pemerintah Australia, disarankan agar penempatan obyek yang akan dicat memperhatikan posisi pekerja dan letak *exhaust air* atau arah angin. Posisi yang benar untuk penempatan obyek yang akan dicat adalah sebagai berikut ¹³⁾:



Gambar 2.13
Posisi Penempatan Obyek Yang Akan Dicat Dengan Memperhatikan
Posisi Pekerja dan Letak *Exhaust Air*

i. Penggunaan masker

Masker merupakan salah satu bagian dari alat pelindung diri yang penting. Untuk meminimalkan risiko paparan debu yang dapat terinhalasi ke paru-paru, maka disarankan penggunaan masker bagi pekerja yang terpapar debu ¹⁷⁾.

Masker sebagai alat pelindung diri bagi pekerja pengecatan mobil menurut buku petunjuk keselamatan pekerja pengecatan mobil yang dikeluarkan pemerintah Australia, harus memenuhi syarat sebagai berikut ¹³⁾:

- Pantas dipakai dan sesuai untuk masing-masing pekerja dan sesuai dengan tugas pekerjaannya
- Mudah tersedia
- Bersih dan sifatnya fungsional
- Disimpan di tempat yang tepat, tidak ditinggalkan di sudut ruang pengecatan
- Mudah pemeliharaannya

j. Kadar total partikel terhisap

Debu yang dihasilkan dari aktivitas pengecatan mobil digolongkan sebagai penyebab langsung dari terjadinya gangguan fungsi paru. Partikel debu sebagai paparan utama dalam aktivitas pengecatan tersebut untuk dapat menyebabkan terjadinya gangguan fungsi paru dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu

:

- kadar partikel dalam udara
- dosis paparan kumulatif (penjumlahan kadar dalam udara dan lamanya paparan)
- waktu tinggal atau lamanya partikel berada dalam paru

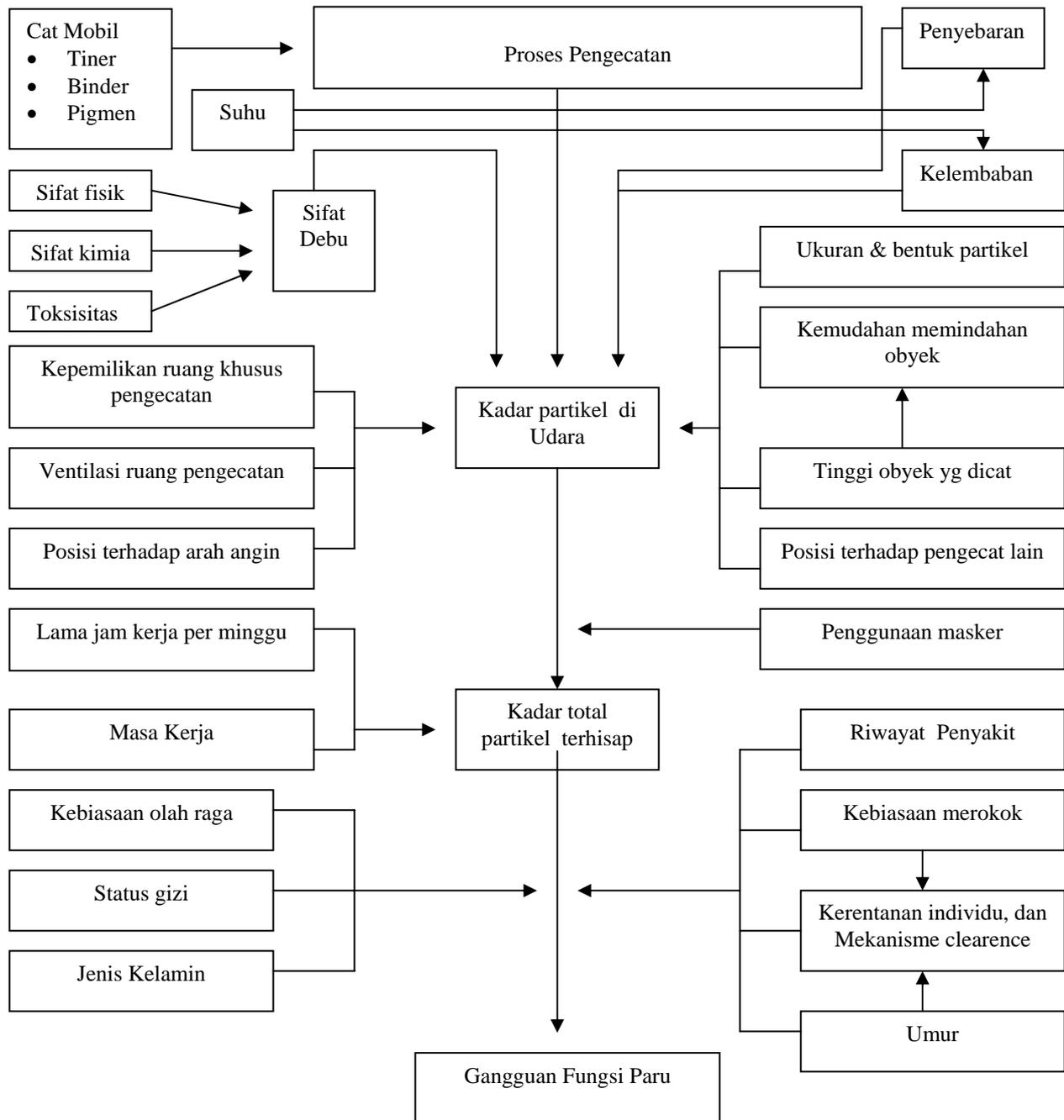
Paparan dengan kadar rendah dalam jangka waktu lama akan menyebabkan timbulnya gangguan fungsi paru lebih lama dibandingkan paparan dengan

kadar tinggi dalam waktu singkat ¹⁴⁾. Untuk pekerja cat mobil, sebagai ambang batas dosis paparan partikel cat telah ditetapkan sebanyak 3 mg/m^3 untuk waktu 8 jam bekerja ²⁷⁾.

BAB III

KERANGKA TEORI, KONSEP, DAN HIPOTESIS

A. KERANGKA TEORI



Gambar 3.1

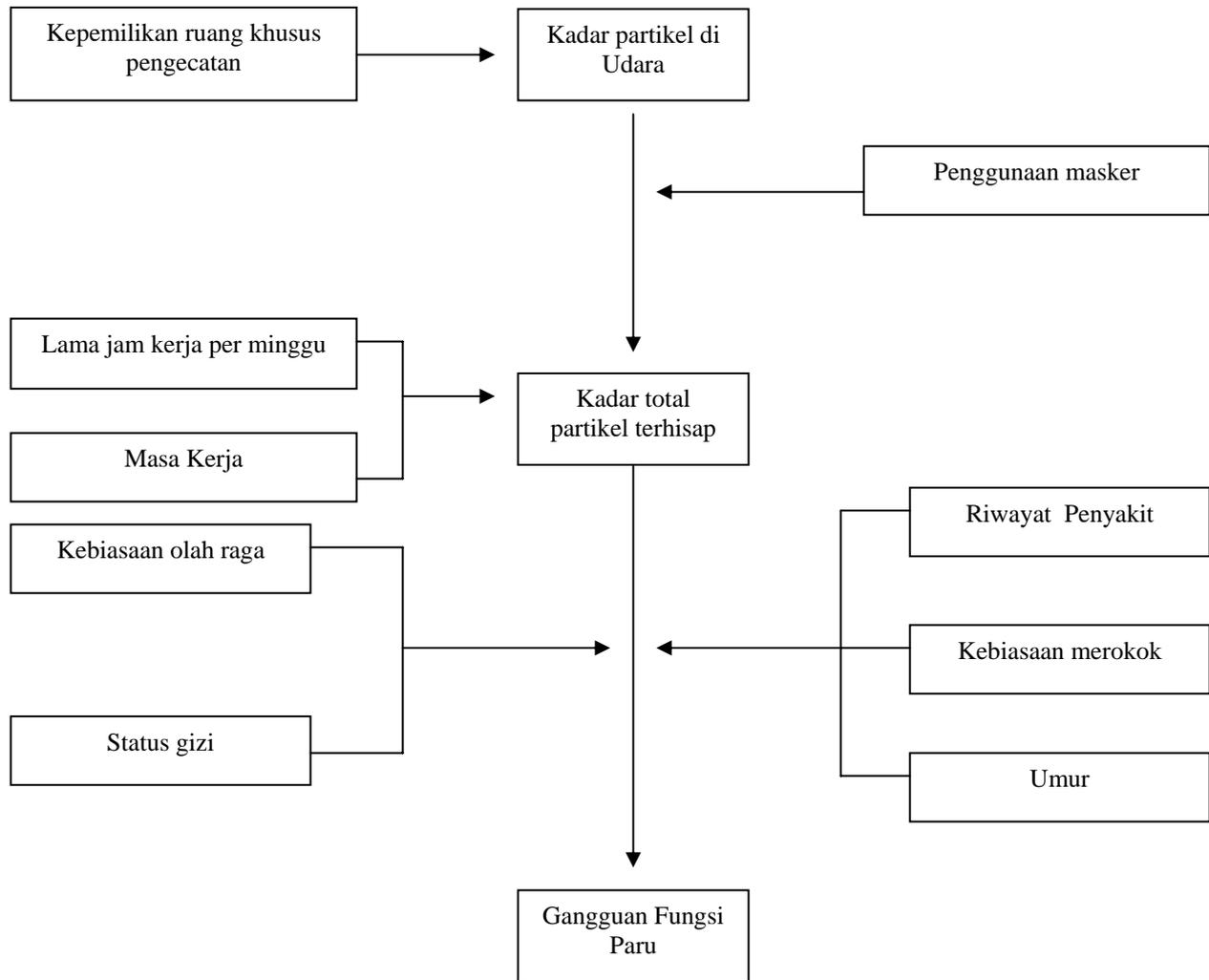
Kerangka Teori Faktor-faktor yang Berperan terhadap Gangguan Fungsi paru
Pada Pekerja Pengecatan Mobil

55

B. Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teoritis di atas, untuk penelitian ini dibuat kerangka konsep penelitian yang dibatasi hanya pada beberapa faktor seperti tampak pada gambar 3.2 dibawah ini. Beberapa variabel tidak diteliti yaitu suhu lingkungan kerja, kelembaban udara diasumsikan sama oleh karena berada di kota yang sama. Variabel jenis kelamin tidak diteliti karena dari hasil penelitian pendahuluan semua pekerja berjenis kelamin sama yaitu laki-laki. Beberapa variabel yang mempengaruhi kadar partikel di udara tidak diteliti karena telah dilakukan pengukuran variabel kadar partikel terhisap, yaitu variabel posisi terhadap arah angin, ventilasi ruang pengecatan, kemudahan memindahkan obyek, tinggi obyek yang dicat, dan posisi terhadap pengecat lain. Adapun variabel ukuran dan bentuk partikel, variabel kerentanan individu dan mekanisme *clearance* tidak diteliti oleh karena keterbatasan kemampuan peneliti dalam hal biaya untuk mengukur variabel tersebut. Sedangkan variabel kadar partikel di udara tidak diteliti karena telah diambil variabel kadar partikel terhisap.

Variabel yang diteliti dalam penelitian ini meliputi variabel bebas adalah variabel karakteristik pekerja (yang meliputi variabel : riwayat penyakit, umur, status gizi, kebiasaan olah raga, dan kebiasaan merokok); variabel karakteristik pekerjaan (yang meliputi variabel : masa kerja, jumlah jam kerja per minggu, kepemilikan ruang khusus pengecatan, dan penggunaan masker); dan kadar total partikel terhisap. Adapun sebagai variabel terikat adalah gangguan fungsi paru. Kerangka konsep faktor yang berhubungan dengan gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil dapat dilihat pada bagan berikut :



Gambar 3.2
 Kerangka Konsep Faktor Risiko yang Berperan terhadap Gangguan Fungsi paru
 Pada Pekerja Pengecatan Mobil

C. Hipotesis

1. Hipotesis Mayor

Variabel karakteristik pekerja, karakteristik pekerjaan, dan kadar total partikel terhisap merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

2. Hipotesa Minor

11. Riwayat penyakit paru merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang

12. Umur yang semakin tua merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang

13. Status gizi yang buruk merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang

14. Pekerja yang tidak mempunyai kebiasaan olah raga merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang

15. Kebiasaan merokok merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang

16. Masa kerja yang ≥ 10 tahun merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang

17. Jumlah jam kerja per minggu yang ≥ 40 jam merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang

18. Tidak tersedianya ruang khusus pengecatan merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang
19. Pengecatan tanpa menggunakan masker merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.
20. Kadar total partikel terhisap yang $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil di kota Semarang.

BAB IV

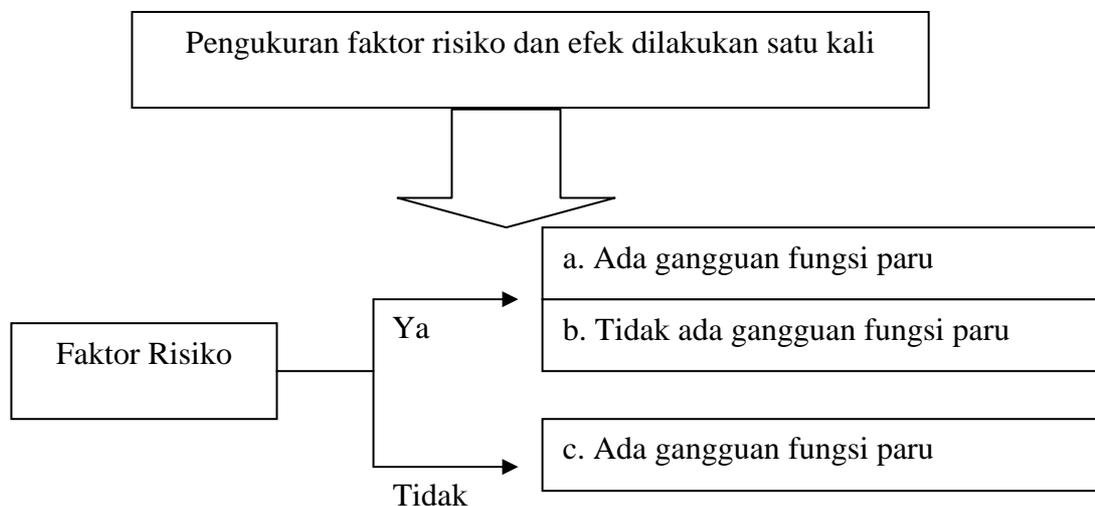
METODE PENELITIAN

A. Jenis dan rancangan penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian epidemiologi analitik observasional dengan pendekatan *cross sectional*. Dipilih desain ini dengan pertimbangan karena tidak adanya catatan kesehatan khususnya tentang gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil. Pertimbangan lain adalah dari segi biaya, tenaga dan waktu yang terbatas, sehingga desain *cross sectional* dipandang yang paling tepat.

Dengan desain ini baik variabel bebas maupun variabel terikat diobservasi sekaligus pada suatu saat yang sama^{56,57}). Inti dari pendekatan *cross sectional* adalah penggolongan orang-orang secara serentak baik menurut pemaparan maupun menurut penyakit⁵⁸).

Penelitian dengan desain *cross sectional* ini dapat digambarkan sebagai berikut :



d. Tidak ada gangguan fungsi paru

Gambar 4.1
Rancangan Penelitian *Cross Sectional*

B. Populasi dan Sampel

1. Populasi 60

a. Populasi rujukan

Populasi rujukan dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja pengecatan mobil di kota Semarang. Definisi dari pekerja pengecatan mobil ini adalah orang yang bekerja pada bengkel pengecatan mobil (bukan industri karoseri), pekerja tersebut melakukan rangkaian/tahapan aktivitas pengecatan yang sama. Pekerja tersebut pekerja pengecatan yang sering disebut dengan sebutan “tukang” (bukan kenek).

b. Populasi studi

Adalah semua pekerja pengecatan mobil di kota Semarang dari 15 bengkel pengecatan mobil dengan pekerja pengecat sebanyak 123 orang.

2. Sampel

Sampel adalah sebagian dari pekerja pengecatan mobil di wilayah kota Semarang atau sebagian dari populasi studi yang memenuhi kriteria inklusi.

a. Besar sampel minimal

Dihitung dengan rumus besar sampel untuk studi *cross sectional* ⁵⁴⁾ ,
yaitu :

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} \cdot p \cdot q}{d^2}$$

n = jumlah sampel

$Z^2_{1-\alpha/2}$ = Statistik Z pada tingkat kemaknaan α (1,96)

p = perkiraan proporsi (prevalensi) penyakit pada populasi (dari penelitian

terdahulu di kota Semarang adalah 30%)

d = nilai presisi absolut yang diinginkan (10%)

Dengan rumus tersebut diperoleh besar sampel 80,6 orang yang dibulatkan menjadi 81. Selanjutnya jumlah sampel ditambah 10% sebagai cadangan, sehingga jumlah sampel yang akan diambil sebanyak 90 pekerja.

b. Cara pengambilan sampel

Karena karakteristik tipe bengkel pengecatan dari populasi studi yang hampir homogen, yaitu dari jenis bengkel pengecatan mobil skala menengah (bukan industri karoseri), serta tersedia *sampling frame*, maka dipilih cara *simple random sampling* untuk pengambilan sampel. Adapun cara pengambilan dari metode ini dengan menggunakan undian.

3. Kriteria inklusi

- Usia kurang dari 40 tahun, dengan asumsi umur diatas 40 tahun pada umumnya terdapat gangguan fungsi paru walaupun tidak terjadi keterpaparan terhadap pencemaran udara¹²⁾.
- Bekerja pada pengecatan mobil sebagai pekerjaan utama. Yang dimaksud dengan pekerjaan utama adalah pekerjaan yang dijalani

selama 8 jam sehari atau 40 jam per minggu. Pekerjaan utama dimasukkan sebagai kriteria inklusi untuk mendapatkan pekerja dengan jenis paparan yang hampir seragam.

4. Kriteria eksklusi

- Sedang sakit saluran pernafasan. Kriteria ini dimaksudkan agar tidak mengganggu dalam pengukuran variabel fungsi paru, yaitu ketika responden harus meniup spirometer. Kriteria ini ditentukan dengan pemeriksaan pendahuluan oleh dokter.
- Jika pekerja mempunyai pekerjaan lain yang berisiko terhadap kejadian pneumoconiosis, yaitu pekerja yang banyak terpapar partikel akibat pekerjaannya.
- Tidak bersedia menjadi subyek penelitian

C. Alat Ukur

1. Kuesioner, untuk mengukur variabel riwayat penyakit, umur, status gizi, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, masa kerja, jumlah jam kerja per minggu, jarak pengecatan, posisi terhadap pengecat yang lain, ruang pengecatan, ventilasi ruang pengecatan, posisi terhadap arah angin, ukuran dan bentuk obyek yang dicat, kemudahan untuk memindahkan obyek pada saat pengecatan, dan penggunaan masker.
2. Spirometer merek spiro analyzer ST-250, untuk mengukur variabel fungsi paru

3. *Personal Dust Sampler* merek Airchek sampler model 224 PCXR 8 - SKC, untuk mengukur kadar total partikel terhisap
4. *Microtoise* dengan ketelitian 0,1 mm, untuk mengukur tinggi badan
5. Timbangan injak merek seca dengan ketelitian 0,1 kg, untuk mengukur berat badan

D. Pengumpulan Data

1. Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilakukan pada bengkel pengecatan mobil yang terdapat di wilayah Kota Semarang.

2. Pengumpulan data

Data karakteristik pekerja (yang meliputi riwayat penyakit, umur, kebiasaan olah raga, dan kebiasaan merokok) dan karakteristik pekerjaan (yang meliputi masa kerja, jumlah jam kerja per minggu, kepemilikan ruang khusus pengecatan, dan penggunaan masker masker) dikumpulkan melalui wawancara dan observasi dengan instrument kuesioner.

Data status gizi diperoleh dengan pengukuran berat badan menggunakan timbangan injak merek seca dengan ketelitian 0,1 Kg, dan tinggi badan dengan alat *microtoise* dengan ketelitian 0,1 cm.

Data fungsi paru diambil dengan menggunakan alat Spirometer merek Spiro analyzer ST-250.

Data kadar total partikel terhisap diukur dengan menggunakan alat personal dust sampler merek Airchek sampler model 224 PCXR 8 - SKC.

3. Variabel penelitian

Variabel bebas :

- karakteristik pekerja, yang meliputi variabel : riwayat penyakit, umur, status gizi, kebiasaan olah raga, dan kebiasaan merokok
- karakteristik pekerjaan yang meliputi variabel : masa kerja, jumlah jam kerja per minggu, kepemilikan ruang khusus pengecatan, dan penggunaan masker
- kadar total partikel terhisap

Variabel terikat :

Gangguan fungsi paru

4. Definisi Operasional

| No | Variabel | Definisi Operasional | Pengukuran | Kategori | Skala |
|----|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. | Riwayat penyakit | Kondisi riwayat penyakit pernafasan responden yg dapat mengganggu /mempengaruhi hasil pemeriksaan fungsi paru, seperti Bronchitis, radang paru, flu alergi, TBC, Ashma | Dilakukan pemeriksaan oleh dokter | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ada ▪ Tidak ada | Ordinal |
| 2. | Umur | Usia responden (dalam tahun) saat dilaksanakan penelitian | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ ≥ 30 tahun ▪ < 30 tahun | Ordinal |
| 3. | Status gizi | Keadaan tubuh sebagai akibat kecukupan konsumsi zat gizi yang dilihat dari Indeks Masa Tubuh, yang dihitung dengan rumus : $IMT = \frac{\text{Berat badan (Kg)}}{\text{Tinggi badan (m)}^2}$ | Tinggi badan diukur dengan microtoise Berat badan diukur dengan timbangan injak | <ul style="list-style-type: none"> ▪ $< 18,5$ = gizi kurang ▪ $18,5-25,0$ = gizi baik ▪ $> 25,0$ = gizi lebih | Ordinal |

| | | | | | |
|---|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| | | | merek Seca | | |
| 4 | Kebiasaan olah raga | Adalah kebiasaan olahraga responden yang merupakan variabel komposit dari variabel jenis, frekuensi, dan durasi olahraga responden | Menjumlahkan skor dari tiap variabel | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Olah raga, jika skor total = 3 ▪ Tidak olahraga, jika skor total < 3 | Ordinal |
| | Jenis olah raga | Jenis olah raga yang biasa dilakukan responden (yang biasa artinya sering dilakukan oleh responden minimal dalam 3 bulan terakhir), jika tipe aerobic diberi skor 1 jika tipe anaerobic diberi skor 0 | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aerobik (diberi skor 1) ▪ Anaerobik (diberi skor 0) ▪ | Nominal |
| | Frekuensi olah raga | Banyaknya kegiatan olah raga yang dilakukan responden dalam satu minggu. (Banyaknya kegiatan artinya jumlah hari yang digunakan untuk olah raga) jika 3 – 4 kali seminggu diberi skor 1 jika < 3 atau > 4 kali seminggu diberi skor 0 | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 – 4 kali seminggu (diberi skor 1) ▪ < 3 atau > 4 kali seminggu (diberi skor 0) | Ordinal |
| | Durasi olah raga | Adalah lamanya olah raga (dalam menit) yang dilakukan setiap kali olah raga jika 30 – 60 menit diberi skor 1 jika < 30 menit atau > 60 menit diberi skor 0 | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 30 – 60 menit (diberi skor 1) ▪ < 30 menit atau > 60 menit (diberi skor 0) | Ordinal |

| No | Variabel | Definisi Operasional | Pengukuran | Kategori | Skala |
|----|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 5 | Kebiasaan merokok | Adalah kebiasaan merokok responden yang dinilai sebagai variabel komposit dari variabel status merokok dan jumlah rokok. | Menjumlahkan skor dari tiap variabel | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Merokok, jika skor = 2 ▪ Tidak merokok, jika skor < 2 | Ordinal |
| | Status merokok | Adalah keadaan apakah merokok merupakan suatu aktivitas yang rutin dilakukan oleh responden pada saat penelitian | Dengan wawancara dan observasi | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Merokok (diberi skor 1) ▪ Tidak merokok (diberi skor 0) | Ordinal |
| | Jumlah rokok | Adalah Jumlah batang rokok yang dihisap per hari oleh responden sebagai suatu rutinitas | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ ≥ 10 batang/ hari (diberi skor 1) ▪ < 10 batang/ hari (diberi skor 0) | Ordinal |
| 6. | Masa kerja | Adalah lamanya responden telah bekerja (dalam tahun dan bulan) pada bengkel pengecatan mobil (baik di tempat kerja sekarang maupun sebelumnya) | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ ≥ 10 tahun ▪ < 10 tahun | Ordinal |

| | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 7. | Jumlah jam kerja per minggu | Adalah jumlah jam kerja (dalam jam dan menit) responden selama satu minggu | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ ≥ 40 jam ▪ < 40 jam | Ordinal |
| 8. | Ruang pengecatan | Adalah ketersediaan ruangan yang secara khusus digunakan untuk pengecatan pada bengkel pengecatan mobil di tempat responden bekerja | Dengan wawancara | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ada ▪ Tidak ada | Nominal |
| 9. | Penggunaan masker | Adalah praktek penggunaan masker oleh responden pada saat bekerja | Observasi selama 8 jam pekerja melakukan pekerjaannya | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selalu menggunakan ▪ Kadang-kadang ▪ Tdk pernah | Ordinal |
| 10. | Kadar Total Partikel Terhisap | Adalah jumlah besarnya partikel-partikel zat padat yang dihasilkan dalam aktifitas pengecatan yang ada dalam lingkungan kerja, yang kemungkinan dapat terhisap oleh pekerja selama 8 jam kerja sehari | Diambil dengan alat <i>Personal Dust Sampler</i> merek Airchek sampler model 224 PCXR 8 - SKC | <ul style="list-style-type: none"> ▪ \geq ambang batas 3 mg/m^3 ▪ $<$ ambang batas 3 mg/m^3 | Ordinal |
| 11. | Gangguan fungsi paru | Adalah gangguan yang terjadi pada fungsi paru yang dilihat dari nilai % FVC Prediksi dan % FEV1/FVC | Diambil dengan alat Spirometer merek Spiro analyzer ST-250 | - | Rasio |
| <p>Untuk kepentingan analisis, maka variabel gangguan fungsi paru di kelompokkan menjadi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normal, bila nilai % FVC Pred ≥ 80 dan % FEV1/FVC ≥ 75 • Ada gangguan (R, C, O), bila nilai % FVC Pred ≤ 79 dan % FEV1/FVC ≤ 74 | | | | | |

E. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pengambilan data dari variabel yang akan diteliti adalah sebagai berikut :

1. Pertama dilakukan penapisan terhadap calon sampel untuk memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, yaitu terhadap sampel dilakukan pemeriksaan oleh dokter untuk mengetahui apakah pada saat penelitian sedang mengalami penyakit pernafasan. Selanjutnya ditanyakan pertanyaan penyaring

lainnya yang dalam kuesioner terdapat dalam kelompok pertanyaan tentang identitas responden.

2. Setelah dilakukan penyaringan seperti tersebut diatas, selanjutnya dilakukan pengumpulan data dengan metode wawancara terhadap sampel untuk mengambil data variabel kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, masa kerja, jumlah jam kerja per minggu, dan ruang pengecatan.
3. Setelah wawancara selesai, dilakukan pengukuran terhadap variabel gangguan fungsi paru dengan alat spirometer, variabel status gizi dengan mengambil data berat badan dan tinggi badan.
4. Selanjutnya dilakukan pula observasi untuk mengambil data variabel penggunaan masker. Observasi dilakukan dengan mengamati aktivitas pengecatan yang dilakukan oleh sampel selama 8 jam kerja atau satu hari kerja. Untuk menghindari bias karena responden berperilaku yang ideal pada saat observasi, maka observasi dilakukan dengan cara yang tidak mencolok, yaitu situasi kerja dibuat seolah-olah tidak sedang diamati.
5. Variabel kadar total partikel terhisap diukur selama 4 jam. Lama waktu pengukuran ini didasarkan atas pertama, lamanya waktu tersebut adalah batas waktu maksimal yang telah ditetapkan oleh pengusaha bengkel untuk pekerjanya diijinkan berpartisipasi dalam penelitian ini. Kedua waktu tersebut menurut keterangan petugas hiperkes yang menangani alat ini, waktu 4 jam sudah cukup mewakili paparan partikel selama 1 hari kerja.

F. Cara Pengolahan Data

Data diolah dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. *Cleaning*

Data yang telah dikumpulkan kemudian dilaksanakan *cleaning data* (pembersihan data) yang berarti sebelum data diolah, data dicek terlebih dahulu agar tidak terdapat data yang tidak perlu.

2. *Editing*

Setelah data dikumpulkan kemudian dilakukan *editing* untuk mengecek kelengkapan data, kesinambungan data dan keseragaman data sehingga validitas data dapat terjamin.

3. *Coding*

Dilakukan untuk memudahkan dalam pengolahan termasuk dalam pemberian skor

4. *Entry Data*

Memasukkan data dalam program computer untuk proses analisis data.

G. Analisis Data

Data dianalisis dan diinterpretasikan dengan menguji hipotesis menggunakan program komputer SPSS for Windows Release 10.0 dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Analisis univariat

Analisis univariat dilakukan dengan cara membuat distribusi dan frekuensi dari setiap variabel, hasil analisis ini disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan narasi.

2. Analisis bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk menguji hubungan antara 2 variabel yaitu masing-masing variabel bebas dengan variabel terikat. Uji statistik yang akan digunakan adalah uji chi square dan menghitung Rasio Prevalen. Tingkat kepercayaan ditentukan 0,05 dan *confidence interval* 95% ($\alpha = 0,05$).

3. Analisis multivariat

Analisis multivariat dilakukan untuk melihat hubungan variabel-variabel bebas dengan variabel terikat dan variabel bebas mana yang paling besar hubungannya dengan variabel terikat. Analisis multivariate dilakukan dengan cara menghubungkan variabel bebas dengan satu variabel terikat secara bersamaan.

Uji regresi logistik digunakan untuk menjelaskan hubungan variabel bebas dengan variabel terikat. Prosedur yang dilakukan terhadap uji regresi logistik sebelumnya diawali dengan menguji kemaknaan masing-masing variabel bebas, jika nilai $p < 0,25$ maka variabel tersebut dapat dilanjutkan dalam model multivariate.

Analisis multivariate dilakukan untuk mendapatkan model yang terbaik. Semua variabel kandidat dimasukkan bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan hasil menunjukkan nilai ($p < 0,05$).⁵⁹⁾:

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

BAB V

HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Tentang Bengkel Cat Mobil di Semarang

1. Profil Bengkel Cat Mobil di Semarang

Perkembangan bengkel cat mobil di Kota Semarang dilihat dari banyaknya unit usaha ini dapat dikatakan termasuk cukup pesat. Menurut keterangan ketua paguyuban bengkel cat mobil Kota Semarang sampai saat ini tidak kurang dari 150 bengkel telah berdiri. Namun demikian tidak semua bengkel ikut dalam paguyuban tersebut. Bahkan dalam 1 tahun terakhir ini paguyuban tidak aktif lagi.

Untuk kepentingan kesehatan dan keselamatan kerja para pengecat mobil, sebenarnya keberadaan paguyuban tersebut sangat penting. Oleh karena melalui paguyuban tersebut pemerintah melalui dinas terkait dapat memantau dan menyebarluaskan informasi penting mengenai keselamatan kerja. Sampai saat ini pemerintah (dalam hal ini dinas tenaga kerja) tidak mempunyai data tentang keberadaan bengkel cat mobil. Sehingga dengan demikian permasalahan kesehatan dan keselamatan kerja pengecat mobil belum dapat di petakan.

Dari ratusan bengkel cat mobil yang ada di Kota Semarang, tidak semua bersedia untuk berpartisipasi dalam penelitian ini. Alasan utama yang dikemukakan adalah adanya kekhawatiran proses penelitian akan mengganggu aktivitas kerja. Oleh karena itu penelitian ini hanya melibatkan 15 bengkel cat mobil yang bersedia berpartisipasi dalam penelitian. Dari 15 bengkel tersebut

keseluruhan jumlah pengecat yang merupakan populasi studi dalam penelitian ini adalah sebanyak 123 orang.

2. Proses Pengecatan Mobil

Bahan dan alat yang harus ada ⁷⁰ pengecat adalah kompresor, spoit, dan bahan cat. Adapun proses pengecatan mobil secara umum adalah sebagai berikut :

a. Pengamplasan I

Adalah membersihkan bodi mobil dengan amplas agar permukaan bodi yang akan dicat menjadi rata

b. Pendempulan

Tahap ini adalah menutup bagian bodi mobil yang tidak rata dengan dempul

c. Pengamplasan II

Pengamplasan yang kedua ini bertujuan untuk melicinkan permukaan bodi mobil agar memudahkan dalam pengecatan

d. Pengecatan Dasar

Adalah mengecat dengan cat dasar agar warna cat nantinya benar-benar melekat dengan baik.

e. Pengamplasan III

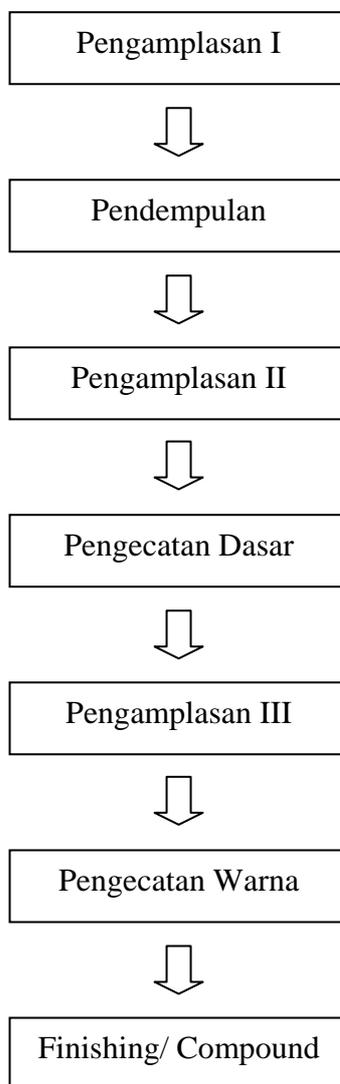
Untuk mendapatkan hasil pengecatan yang lebih baik, maka mobil diampas sekali lagi

f. Pengecatan Warna

Adalah mengecat mobil dengan warna yang diinginkan oleh pemilik mobil

g. Finishing/ Compound

Berikut ini adalah proses pengecatan mobil yang digambarkan dalam bagan alur :

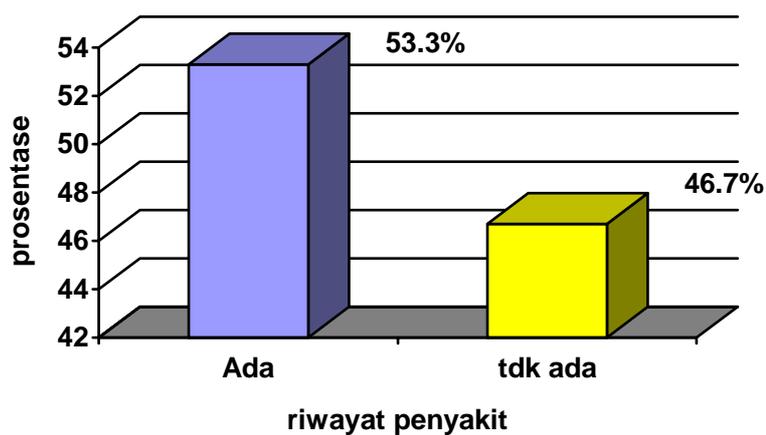


Gambar 5.1 Bagan Alur Proses Pengecatan Mobil

B. Distribusi Frekuensi Sampel Penelitian

1. Distribusi Frekuensi Riwayat Penyakit Sampel Penelitian

Distribusi sampel berdasarkan riwayat penyakit paru adalah sebagai berikut :

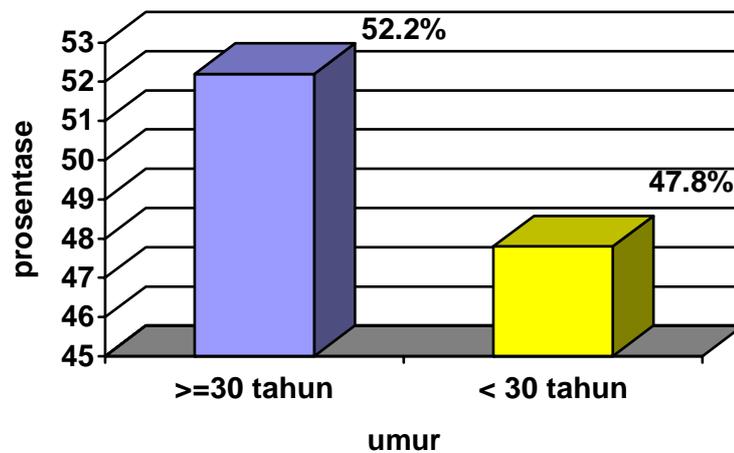


Gambar 5.2 Distribusi Riwayat Penyakit Paru Sampel Penelitian

Dari gambar tersebut tampak bahwa sebagian besar sampel (53,3%) mempunyai riwayat penyakit paru.

2. Distribusi Frekuensi Umur Sampel Penelitian

Umur sampel menyebar diantara usia 24 tahun – 39 tahun, dengan rata-rata 30,9 tahun, dan standar deviasi 4,37. Dengan pertimbangan bahwa pada usia 30 tahun seseorang mulai mengalami penurunan fungsi paru³⁴⁾, maka variabel umur dikelompokkan dalam dua kriteria yaitu ≥ 30 tahun dan < 30 tahun. Berikut adalah distribusi frekuensi umur sampel :

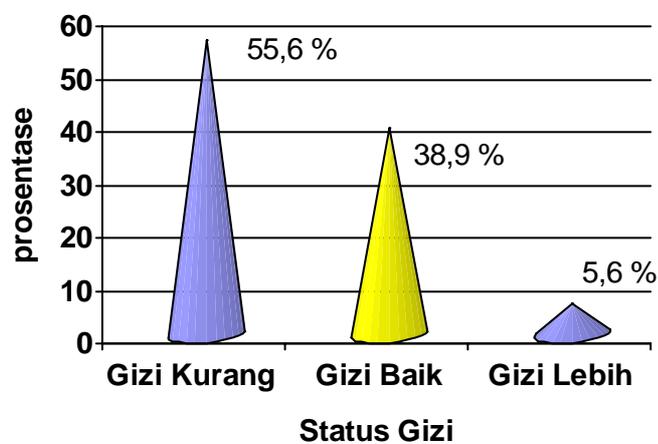


Gambar 5.3 Distribusi Umur Sampel Penelitian

Dari gambar tersebut tampak sebagian besar sampel termasuk dalam kriteria umur ≥ 30 tahun.

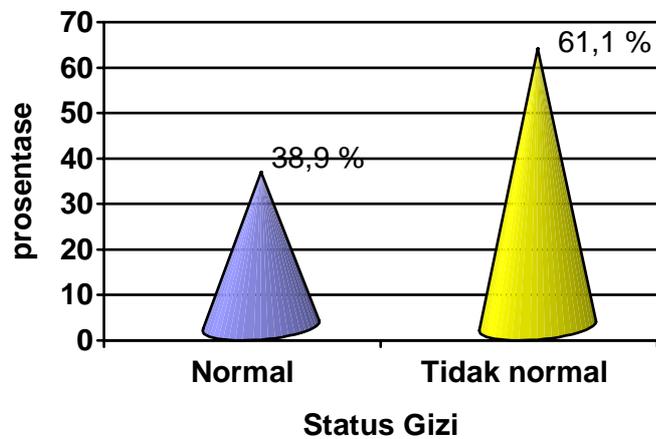
3. Distribusi Frekuensi Status Gizi Sampel Penelitian

Dari 90 sampel rata-rata indeks masa tubuhnya (IMT) adalah sebesar 20,3, dengan nilai IMT terkecil adalah 17,7 dan terbesar 27,0, dan standar deviasi 2,772. Selanjutnya dengan mengelompokan IMT dalam tiga kategori yaitu gizi kurang (IMT < 18,5), gizi normal (IMT antara $\geq 18,5 - 25,0$), dan gizi lebih (IMT > 25,0) maka didapat distribusi frekuensi status gizi sampel sebagai berikut :



Gambar 5.4 Distribusi Status Gizi Sampel Penelitian

Dari gambar 4.4 tersebut di atas dapat diketahui bahwa sebagian besar sampel termasuk dalam kategori gizi kurang. Selanjutnya apabila dikelompokkan dalam 2 kategori yaitu normal (IMT antara 18,5 – 25,0) dan tidak normal (IMT < 18,5 atau > 25,0) maka didapat distribusi frekuensi status gizi sampel sebagai berikut :



Gambar 5.5 Distribusi Status Gizi Sampel Penelitian

4. Distribusi Frekuensi Kebiasaan Olah Raga Sampel Penelitian

Kebiasaan olah raga dikategorikan menjadi 2, yaitu olah raga dan tidak olah raga. Dikategorikan olah raga jika melakukan olah raga tipe aerobik, dengan frekuensi 3 – 4 kali seminggu, dan durasi tiap kali olah raga antara 30 – 60 menit, sedangkan tidak olah raga jika sebaliknya maka berikut ini gambaran distribusi frekuensinya :

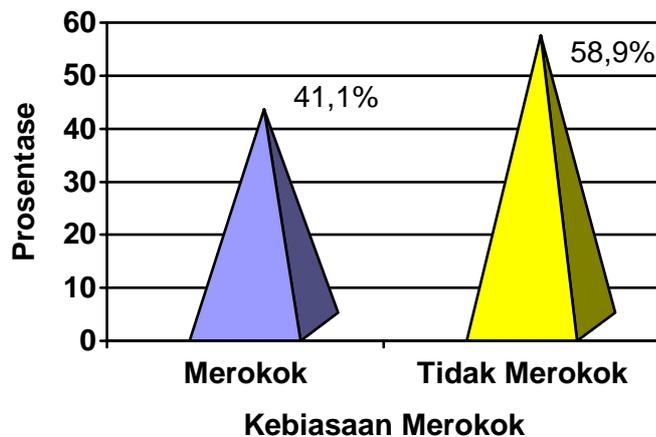


Gambar 5.6 Distribusi Kebiasaan Olahraga Sampel Penelitian

Dari gambar tersebut tampak bahwa sebagian besar sampel sampel tidak olah raga, yaitu sejumlah 87,8%.

5. Distribusi Frekuensi Kebiasaan Merokok Sampel Penelitian

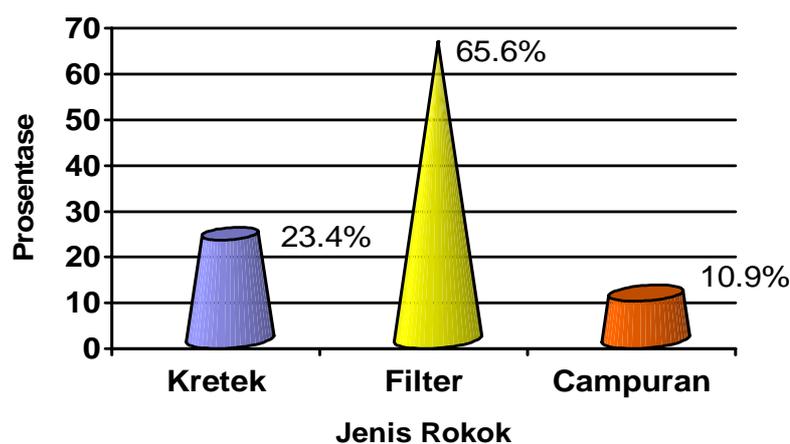
Berikut ini adalah gambar distribusi frekuensi kebiasaan merokok dari sampel penelitian :



Gambar 5.7 Distribusi Frekuensi Kebiasaan Merokok Sampel Penelitian

Dengan pengelompokan merokok jika sampel merokok setiap harinya minimal 10 batang dan termasuk dalam kelompok tidak merokok jika sebaliknya, maka tampak dari gambar di atas bahwa sebagian besar sampel termasuk dalam kelompok tidak biasa merokok. Pengelompokan 10 batang rokok per hari sebagai batas pengelompokan ini didasarkan pada hasil penelitian Gold yang menunjukkan bahwa merokok > 10 batang perhari akan menurunkan FEV 25-75%. Adapun umur pertama kali merokok dari sampel adalah minimal usia 12 tahun, maksimal 25 tahun, rata-rata 15,89 tahun dan standar deviasi 2,95 tahun.. Jumlah rokok yang biasa dihisap sampel perharinya berkisar antara 2 sampai dengan 24 batang per hari, dengan rata-rata 9,48 batang dan standar deviasi 4,35 batang.

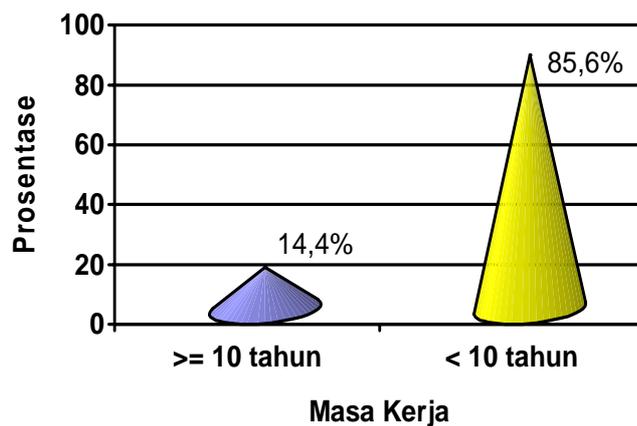
Adapun jenis rokok yang biasa dihisap oleh sampel sebagian besar adalah jenis rokok filter, secara lebih rinci berikut gambar distribusi frekuensi jenis rokok :



Gambar 5.8 Distribusi Frekuensi Jenis Rokok Sampel Penelitian

6. Distribusi Frekuensi Masa Kerja Sampel Penelitian

Masa kerja dari sampel penelitian adalah minimal 3 tahun, dan maksimal 11 tahun, dengan rata-rata sebanyak 6,07 tahun dan standar deviasi 2,12 tahun. Berdasarkan hasil penelitian Morgan dan Parkes, yang menemukan bahwa pekerja dengan paparan debu berisiko mengalami gangguan fungsi paru setelah bekerja selama 10 tahun⁵²⁾, maka dalam penelitian ini variabel masa kerja dibuat menjadi dikotomi, yaitu masa kerja ≥ 10 tahun dan < 10 tahun. Berikut ini adalah distribusi frekuensi masa kerja sampel penelitian :



Gambar 5.9 Distribusi Masa Kerja Sampel Penelitian

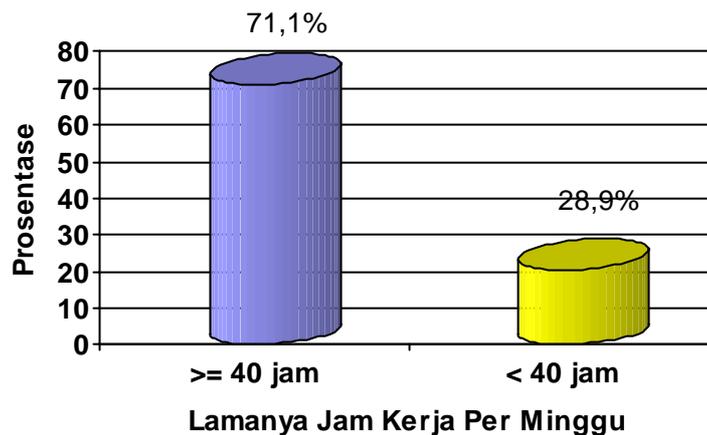
Dari gambar tersebut di atas tampak bahwa sebagian besar sampel mempunyai masa kerja < 10 tahun.

7. Distribusi Frekuensi Jumlah Jam Kerja Sampel Penelitian

Pada umumnya lamanya jam kerja pada bengkel pengecatan mobil ini adalah 8 jam dari pukul 08.00 sampai dengan 16.00 perharinya, dengan istirahat kurang lebih 1 jam dari jam 12.00 sampai jam 13.00. Namun demikian lama kerja

ini dapat bervariasi oleh karena tidak ada ketentuan yang pasti seperti pekerja pada industri karoseri, sehingga ada variasi lamanya jam kerja, yaitu dalam penelitian ini diperoleh rentang jumlah jam kerja per minggunya minimal 36 jam, dan maksimal 48 jam, dengan rata-rata 42,13 jam, serta standar deviasi 4,67 jam.

Selanjutnya sesuai dengan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja nomor 01 tahun 1997, dimana jam kerja seorang pekerja sebagai batas lazimnya adalah 40 jam per minggu, maka variabel jam kerja per minggu ini dikelompokkan menjadi dua, yaitu ≥ 40 jam dan < 40 jam. Berikut ini adalah distribusi frekuensi lama jam kerja per minggu :

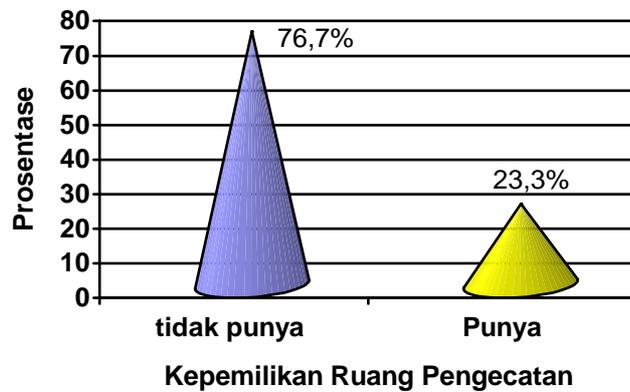


Gambar 5.10 Distribusi Lama Jam Kerja per Minggu Sampel Penelitian

Dari gambar tersebut tampak bahwa sebagian besar sampel mempunyai lama jam kerja per minggunya lebih dari 40 jam.

8. Distribusi Frekuensi Ruang Pengecatan Sampel Penelitian

Berikut ini adalah gambaran distribusi frekuensi kepemilikan ruang cat dari sampel penelitian :



Gambar 5.11 Distribusi Kepemilikan Ruang Pengecatan dari Sampel Penelitian

Dari gambar tersebut tampak bahwa sebagian besar sampel tidak mengerjakan aktivitas pengecatan pada ruang yang khusus didesain untuk mengecat.

9. Distribusi Frekuensi Penggunaan Masker Sampel Penelitian

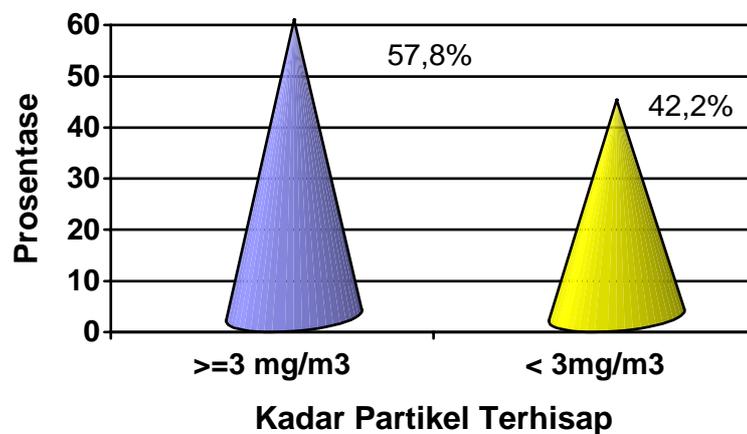
Hasil penelitian menunjukkan semua pekerja pengecatan mobil ini mempunyai masker penutup hidung, hanya saja tidak semua pengecat selalu menggunakannya. Berikut ini gambaran dari penggunaan masker pada saat bekerja :



Gambar 5.12 Distribusi Pemakaian Masker Sampel Penelitian

10. Distribusi Frekuensi Kadar Total Partikel Terhisap Sampel Penelitian

Hasil pengukuran kadar total partikel terhisap menunjukkan rata-rata sebesar $2,992 \text{ mg/m}^3$, dengan nilai maksimal $4,347 \text{ mg/m}^3$ dan minima $1,986 \text{ mg/m}^3$, serta standar deviasi $0,475 \text{ mg/m}^3$. Dengan kategori nilai ambang batas 3 mg/m^3 , maka diperoleh distribusi frekuensi seperti tampak pada gambar berikut :

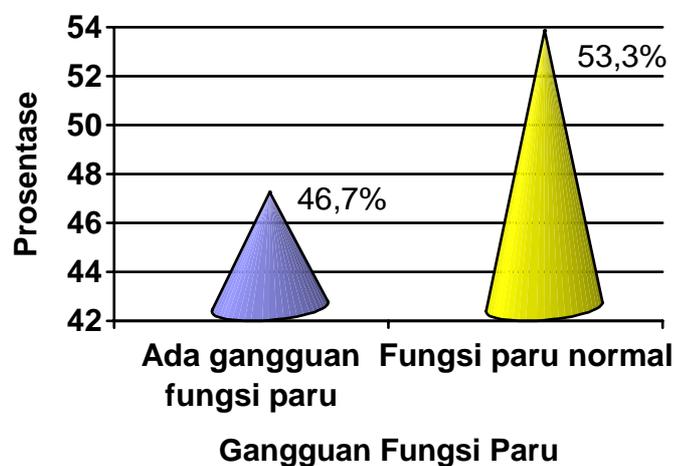


Gambar 5.13 Distribusi Kadar Total Partikel Terhisap Sampel Penelitian

Dari gambar tersebut diatas tampak bahwa sebagian besar sampel terpapar oleh partikel terhisap diatas 3 mg/m^3 .

11. Distribusi Frekuensi Gangguan Fungsi Paru Sampel Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan % FVC Prediksi sampel penelitian mempunyai rata-rata sebesar 77,04 dengan nilai minimal 55 dan maksimal 90, serta standar deviasi 10,39. Adapun nilai dari % FEV1/FVC rata-ratanya sebesar 75,19, dengan nilai minimal 45 dan maksimal 94, serta standar deviasi 12,28. Selanjutnya dengan pengelompokan sampel menjadi dua, yaitu ada gangguan dan tidak ada gangguan fungsi paru, berikut ini adalah gambaran distribusi frekuensi variabel ganngguan fungsi paru :



Gambar 5.14 Distribusi Gangguan Fungsi Paru Sampel Penelitian

Dari gambar tersebut tampak bahwa sebagian besar fungsi paru sampel penelitian termasuk normal. Gambaran lebih rinci mengenai gangguan fungsi paru tampak seperti dalam tabel berikut :

Tabel 5.1
Gangguan Fungsi Paru Pada Sampel Penelitian

| Kriteria | Jumlah | % |
|-------------------|--------|------|
| Normal | 48 | 53,3 |
| Restriktif Ringan | 7 | 7,8 |
| Restriktif Sedang | 11 | 12,2 |
| Obstruktif Ringan | 9 | 10,0 |
| Obstruktif Sedang | 11 | 12,2 |
| Kombinasi | 4 | 4,4 |

C. Hasil Analisis Bivariat

Analisis bivariat merupakan analisis untuk mengetahui hubungan antara dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Analisis ini merupakan langkah awal untuk analisis multivariate. Berikut ini rincian dari analisis bivariat :

1. Hubungan Riwayat Penyakit Paru dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini adalah hasil tabulasi silang antara riwayat penyakit paru dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.2
Hubungan Riwayat Penyakit Paru dengan Gangguan Fungsi Paru

| Riwayat Penyakit | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|------------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| Ada | 30 62,5% | 18 37,5% | 48 100,0% |
| Tidak ada | 12 28,6% | 30 71,4% | 42 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan riwayat penyakit yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa riwayat penyakit yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 62,5%. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara riwayat penyakit paru dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,015$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko riwayat penyakit paru adalah 2,188 (95% CI = 1,293 – 3,702).

2. Hubungan Umur dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara umur dengan gangguan fungsi paru

:

Tabel 5.3
Hubungan Umur dengan Gangguan Fungsi Paru

| Umur | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| ≥ 30 tahun | 29 61,7% | 18 38,3% | 47 100,0% |
| < 30 tahun | 13 30,2% | 30 69,8% | 43 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan faktor risiko (umur ≥ 30 tahun) yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa faktor risiko (umur < 30 tahun) yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 61,7%. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara umur dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,0025$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko umur ≥ 30 tahun adalah 2,041 (95% CI = 1,229 – 3,388).

3. Hubungan Status Gizi dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara status gizi dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.4
Hubungan Status Gizi dengan Gangguan Fungsi Paru

| Status Gizi | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|-------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| Gizi kurang | 33 66,0% | 17 34,0% | 50 100,0% |
| Gizi baik | 9 25,7% | 26 74,3% | 35 38,9% |
| Gizi lebih | 0 0% | 5 100,0% | 5 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan gizi kurang yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek dengan status gizi baik maupun lebih, yaitu sebesar 66,0%. Oleh karena secara fisiologis seseorang dengan status gizi yang kurang maupun lebih dapat mengalami penurunan kapasitas vital paru yang pada akhirnya dapat mempengaruhi terjadinya gangguan fungsi paru⁴⁵⁾, maka selanjutnya dibuat tabulasi silang dengan menggabungkan kelompok gizi kurang dengan gizi lebih ke dalam satu kelompok yaitu tidak normal sedangkan gizi baik disebut normal seperti tampak pada tabel berikut :

Tabel 5.5
Hubungan Status Gizi dengan Gangguan Fungsi Paru

| Status Gizi | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|-------------|----------------------|--------|--------|
| | Ada gangguan | Normal | |

| | | | |
|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Tidak normal | 33 60,0% | 22 40,0% | 55 100,0% |
| Normal | 9 25,7% | 26 74,3% | 35 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,5% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan faktor risiko (status gizi tidak normal) yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa faktor risiko (status gizi normal) yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 60,0%. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara status gizi dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,0001$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko status gizi tidak normal adalah 2,967 ($95\% CI = 1,556 - 5,659$).

4. Hubungan Kebiasaan Olahraga dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara kebiasaan olah raga dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.6
Hubungan Kebiasaan Olah Raga dengan Gangguan Fungsi Paru

| Umur | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|-----------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| Tidak olah raga | 40 50,6% | 39 49,4% | 79 100,0% |
| Olah raga | 2 18,2% | 9 81,8% | 11 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek tidak olah raga yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek yang biasa

olah raga yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 50,6%. Hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan antara kebiasaan olah raga dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,445$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko tidak olah raga adalah 2,785 ($95\% CI = 0,780 - 9,940$).

5. Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.7
Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi Paru

| Umur | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|---------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| Merokok | 29 64,9% | 18 35,1% | 47 100,0% |
| Tidak merokok | 13 34,0% | 30 66,0% | 43 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan faktor risiko (merokok) yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa faktor risiko (tidak merokok) yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 64,9%. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,035$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko merokok adalah 1,910 ($95\% CI = 1,225 - 2,978$).

6. Hubungan Masa kerja dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.8
Hubungan Masa Kerja dengan Gangguan Fungsi Paru

| Masa kerja | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| ≥ 10 tahun | 12 92,3% | 1 7,7% | 13 100,0% |
| < 10 tahun | 30 39,0% | 47 61,0% | 43 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan faktor risiko (masa kerja ≥ 10 tahun) yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa faktor risiko (masa kerja < 10 tahun) yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 92,3%. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,0005$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko masa kerja ≥ 10 tahun adalah 2,369 ($95\% CI = 1,719 - 3,265$).

7. Hubungan Lama jam kerja/minggu dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara lama jam kerja/minggu dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.9
Hubungan Lama jam kerja/minggu dengan Gangguan Fungsi Paru

| Lama jam kerja/minggu | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|-----------------------|----------------------|--------|--------|
| | Ada gangguan | Normal | |

| | | | |
|----------|-------------|-------------|--------------|
| ≥ 40 jam | 33 51,6% | 31 48,4% | 13 100,0% |
| < 40 jam | 9 34,6% | 17 65,4% | 43 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan faktor risiko (lama jam kerja/minggu ≥ 40 jam) yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa faktor risiko (lama jam kerja/minggu < 40 jam) yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 51,6%. Hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan antara lama jam kerja/minggu dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,11$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko lama jam kerja/minggu ≥ 40 jam adalah 1,490 (95% CI = 0,835 – 2,658).

8. Hubungan Kepemilikan Ruang Cat dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara kepemilikan ruang cat dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.10
Hubungan Kepemilikan Ruang Car dengan Gangguan Fungsi Paru

| Kepemilikan ruang cat | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|-----------------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| Tidak punya | 30 43,5% | 39 56,5% | 69 100,0% |
| Punya | 12 57,1% | 9 42,9% | 21 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut jusru tampak bahwa proporsi subyek yang memiliki ruang cat dan mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek yang tidak punya ruang cat dan mengalami gangguan fungsi paru, yaitu

sebesar 57,1%. Hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan antara kepemilikan ruang cat dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,0005$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko pekerja yang tidak mempunyai ruang cat adalah 0,761 ($95\% CI = 0,481 - 1,203$).

9. Hubungan Penggunaan masker dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara penggunaan masker dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.11
Hubungan Penggunaan Masker dengan Gangguan Fungsi Paru

| Penggunaan masker | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|-------------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| Kadang-kadang | 33 80,5% | 8 19,5% | 41 100,0% |
| Selalu pakai | 9 18,4% | 40 81,6% | 49 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan faktor risiko (kadang-kadang pakai) yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa faktor risiko (selalu pakai) yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 80,5%. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara penggunaan masker dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,0001$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko tidak selalu menggunakan masker tahun adalah 4,382 ($95\% CI = 2,383 - 8,059$).

10. Hubungan Kadar Total Partikel Terhisap dengan Gangguan Fungsi Paru

Berikut ini hasil tabulasi silang antara kadar total partikel terhisap dengan gangguan fungsi paru :

Tabel 5.12
Hubungan Kadar Total Partikel Terhisap dengan Gangguan Fungsi Paru

| Kadar Total Partikel Terhisap | Gangguan fungsi paru | | Jumlah |
|-------------------------------|----------------------|-------------|--------------|
| | Ada gangguan | Normal | |
| $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ | 34 65,4% | 18 34,6% | 52 100,0% |
| $< 3 \text{ mg/m}^3$ | 8 21,1% | 30 78,9% | 38 100,0% |
| Jumlah | 42 46,7% | 48 53,3% | 90 100,0% |

Dari tabel tersebut tampak bahwa proporsi subyek dengan faktor risiko (kadar total partikel terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$) yang mengalami gangguan fungsi paru lebih besar daripada proporsi subyek tanpa faktor risiko (kadar total partikel terhisap $< 3 \text{ mg/m}^3$) yang mengalami gangguan fungsi paru, yaitu sebesar 65,4%. Hasil analisis menunjukkan ada hubungan antara kadar total partikel terhisap dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,0001$). Perhitungan rasio prevalensi menunjukkan besar risiko kadar total partikel terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ adalah 3,106 (95% CI = 1,627 – 5,930).

11. Rangkuman Hasil Analisis Bivariat

Berikut ini adalah rangkuman hasil analisis bivariat :

Tabel 5.13
Rangkuman Hasil Analisis Bivariat Berbagai variabel Bebas terhadap Gangguan Fungsi Paru dari Sampel Penelitian

| No | Variabel Bebas | RP | 95% CI | | Nilai p |
|----|--------------------------------------------------------------|-------|-------------|------------|---------|
| | | | Batas bawah | Batas atas | |
| 1 | Riwayat Penyakit Paru (ada riwayat) | 2,188 | 1,293 | 3,702 | 0,015 |
| 2 | Umur (≥ 30 tahun) | 2,041 | 1,229 | 3,388 | 0,0025 |
| 3 | Status gizi (IMT tidak normal) | 2,967 | 1,556 | 5,659 | 0,0001 |
| 4 | Kebiasaan Olahraga (tidak biasa) | 2,785 | 0,780 | 9,940 | 0,445 |
| 5 | Kebiasaan merokok (merokok) | 1,910 | 1,225 | 2,978 | 0,035 |
| 6 | Masa kerja (≥ 10 tahun) | 2,369 | 1,719 | 3,265 | 0,0005 |
| 7 | Lama jam kerja/minggu (≥ 40 jam/minggu) | 1,490 | 0,835 | 2,658 | 0,11 |
| 8 | Kepemilikan ruang cat (tidak punya) | 0,761 | 0,481 | 1,203 | 0,198 |
| 9 | Penggunaan masker (kadang-kadang memakai) | 4,382 | 2,383 | 8,059 | 0,0001 |
| 10 | Kadar total partikel terhisap (≥ 3 mg/m ³) | 3,106 | 1,627 | 5,930 | 0,0001 |

Dari hasil analisis bivariat tersebut diatas tampak terdapat 3 variabel yang bukan merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru, oleh karena nilai rasio prevalennya mempunyai interval yang melewati angka 1. Adapun untuk analisis multivariat terdapat 1 variabel yang tidak dapat dimasukkan dalam model yaitu variabel kebiasaan olahraga, oleh karena mempunyai nilai $p < 0,25$. Sehingga dengan demikian variabel bebas di atas yang dapat dimasukkan sebagai kandidat model multivariat adalah sebanyak 9 variabel.

D. Hasil Analisis Multivariat

Analisis multivariat dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar sumbangan secara bersama-sama seluruh faktor risiko terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

1. Pemilihan Variabel Terpilih

Pada tahap awal semua variabel dianalisis secara bivariat. Variabel yang memiliki nilai $p < 0,25$ dapat diikuti dalam analisis multivariat⁵⁹). Dari hasil analisis bivariat terdapat 9 variabel yang merupakan kandidat untuk pembuatan model multivariate, yaitu variabel riwayat penyakit paru; kebiasaan merokok; kepemilikan ruang cat; penggunaan masker; kadar partikel terhisap; lama jam kerja/minggu; status gizi; umur; dan masa kerja.

2. Pemilihan Variabel yang Dijadikan Model

Semua variabel yang terpilih dianalisis secara bersama-sama. Analisis multivariat yang digunakan adalah uji regresi ganda logistik dengan menggunakan metode *Backward Conditional*, pada $\alpha = 0,05$ dan *Confidence Interval* 95 %.

Setelah dilakukan analisis multivariat dari 9 variabel bebas yang memenuhi syarat ($p < 0,25$), diperoleh 3 (tiga) variabel yang dapat dipertahankan secara statistik seperti tampak pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.14
Hasil Analisis Regresi Logistik Ganda

| No | Variabel Bebas | B | Nilai p | OR | 95% CI | |
|----|-----------------------------------------------------------|-------|---------|--------|-------------|------------|
| | | | | | Batas bawah | Batas atas |
| 1 | Penggunaan masker (kadang-kadang memakai) | 2,753 | 0,0001 | 15,694 | 4,256 | 57,869 |
| 2 | Kadar total partikel terhisap ($\geq 3 \text{ mg/m}^3$) | 3,356 | 0,013 | 28,672 | 2,036 | 403,679 |
| 3 | Masa kerja (≥ 10 tahun) | 2,756 | 0,0001 | 15,743 | 3,369 | 73,578 |

Untuk mengetahui probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, dilakukan perhitungan dengan persamaan regresi sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(-3,538 + 2,753 + 3,356 + 2,756)}}$$

$$P = 0,995164868$$

$$P = 99 \%$$

BAB VI

PEMBAHASAN

A. Variabel Yang Signifikan Terhadap Gangguan Fungsi Paru

Dari 9 (sembilan) variabel yang masuk dalam model multivariat, terdapat 3 (tiga) variabel yang bermakna secara statistik (*variables in the equation*). Variabel-variabel tersebut adalah : penggunaan masker (kadang-kadang memakai); kadar partikel terhisap ($\geq 3 \text{ mg/m}^3$); masa kerja (≥ 10 tahun). Variabel-variabel tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Penggunaan Masker

Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa pekerja yang tidak selalu menggunakan masker secara statistik memperbesar risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru. Besar risiko tersebut adalah 15,694 dengan *CI* 95% = 4,256 - 57,869. Hal ini berarti bahwa pekerja yang tidak selalu menggunakan masker berisiko untuk mengalami gangguan fungsi paru hampir 15 kali lebih besar jika dibandingkan dengan pekerja yang selalu menggunakan masker.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Budi Utomo pada pekerja penambangan batu kapur yang menunjukkan hasil 66,7% pekerja yang mempunyai kapasitas paru normal ternyata dalam melakukan aktivitas penambangan menggunakan masker dengan baik. Sebaliknya 34,3% yang tidak menggunakan masker ternyata menunjukkan adanya penurunan kapasitas paru ⁶⁰⁾.

Pekerja yang aktivitas pekerjaannya banyak terpapar oleh partikel debu memerlukan alat pelindung diri berupa masker untuk mereduksi jumlah partikel yang kemungkinan dapat terhirup. Namun demikian ternyata tidak semua pekerja yang menggunakan masker dalam penelitian ini dapat terhindar dari risiko gangguan fungsi paru. Hasil penelitian menunjukkan sebanyak 18,4% pekerja yang menggunakan masker juga mengalami gangguan fungsi paru. Hal ini kemungkinan disebabkan kualitas masker yang digunakan kurang memenuhi syarat.

Pekerja yang taat menggunakan masker pada saat pengecatan akan meminimalkan jumlah paparan partikel cat yang dapat terhirup. Selain jumlah paparan, ukuran partikel yang kemungkinan lolos dari masker menjadi kecil. Jika ukuran partikel kurang dari 1μ , maka partikel debu yang masuk dapat keluar kembali dengan gerakan brown¹⁰⁾. Selain itu dengan mekanisme pertahanan paru berupa refleks muntah, maka partikel debu yang lolos dari masker akan dicegah agar tidak masuk ke dalam trachea. Selain itu ada pula refleks batuk, yang dapat lebih kuat untuk mendorong sekresi ke saluran pernafasan bagian atas, sehingga dapat ditelan atau dikeluarkan. Selanjutnya bila masih ada debu yang lolos, maka makrofag alveolar akan mengeluarkan ke pembuluh limfe atau bronkiolus, dimana partikel tersebut akan dibuang oleh escalator muskosalieris¹²⁾.

2. Kadar total partikel terhisap

Kadar total partikel terhisap merupakan parameter yang penting untuk menilai kemungkinan dampak negatifnya terhadap fungsi paru-paru pekerja

pegecatan mobil. Kadar debu terhisap yang melebihi 3 mg/m^3 merupakan nilai ambang batas untuk debu tak terklasifikasi pada bengkel pegecatan mobil. Hasil analisis multivariat menunjukkan besar risiko pekerja yang terpapar partikel debu $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ mempunyai rasio prevalens sebesar 28,672 dengan 95% $CI = 2,036 - 403,679$. Hal ini berarti bahwa pekerja pegecatan mobil yang terpapar oleh partikel terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ per hari mempunyai risiko 28 kali lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wahyuningsih³⁹⁾, Fishwick²⁵⁾, dan Budi Utomo⁶⁰⁾, yang pada intinya adalah paparan partikel terhisap yang melebihi ambang batas akan meningkatkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru. Namun demikian paparan yang rendah namun terjadi dalam waktu yang lama juga dapat menimbulkan efek kumulatif sehingga pada akhirnya pekerja dapat mengalami gangguan fungsi paru³⁹⁾. Hal ini didukung oleh temuan dalam penelitian ini bahwa ternyata masa kerja atau lamanya seorang pekerja pegecatan mobil terpapar oleh partikel berhubungan secara bermakna dengan terjadinya gangguan fungsi paru.

Temuan penelitian yang menunjukkan besarnya risiko paparan partikel terhisap terhadap terjadinya gangguan fungsi paru tersebut perlu dicermati. Hal ini dikarenakan paparan partikel terhisap tersebut mengandung bahan kimia yang terdapat dalam cat. Bahan kimia tersebut antara lain adalah tiner. Bahan ini digunakan sebagai pelarut / solvent, yang menurut beberapa hasil penelitian bersifat toksik dan menyebabkan terjadinya obstruksi paru. Pekerja yang terpapar tiner dapat mengalami iritasi pada saluran pernafasan. Iritasi ini selanjutnya

menyebabkan terjadinya fibrosis paru sehingga pada akhirnya terjadi gangguan fungsi paru³⁹⁾. Selain tiner, bahan kimia berbahaya yang lain adalah acrylic resin. Bahan ini telah terbukti dari beberapa studi kasus dapat menyebabkan serangan asma pada pekerja³⁹⁾.

Selain dua bahan kimia diatas, cat juga mengandung bahan kimia berbahaya yang dalam pengecatan berfungsi sebagai pigment. Beberapa pigment yang sering dipakai antara lain adalah cadmium, chromium, dan plumbum. Sekitar 10 – 50% cadmium yang terinhalasi akan terdeposit dalam alveoli paru-paru. Selain itu inhalasi partikel cadmium akan menyebabkan gangguan fungsi paru, yang berupa emphysema, kelainan obstruktif, dan fibrosis paru. Kelainan tersebut akan terjadi terutama pada pekerja yang terpapar partikel cadmium secara kronis¹⁷⁾. Sama halnya dengan cadmium, chromium juga sangat toksik, dimana partikel ini dalam bentuk trivalent dan hexavalent secara signifikan dapat menyebabkan gangguan fungsi paru. Gangguan fungsi paru dapat terjadi terutama pada paparan dengan dosis cukup¹⁶⁾. Selain cadmium dan chromium, plumbum bila terinhalasi juga dapat menyebabkan kelainan obtruksi¹⁸⁾.

3. Masa Kerja

Hasil analisis menunjukkan bahwa masa kerja berhubungan dengan terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, dengan rasio prevalens sebesar 15,743 pada 95% $CI = 3,369 - 73,578$. Hal ini berarti bahwa pekerja pengecatan mobil yang telah bekerja lebih dari 10 tahun mempunyai

risiko hampir 15 kali lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru dibanding dengan pekerja yang masa kerjanya kurang dari 10 tahun.

Hasil penelitian ini sejalan dengan pendapat Morgan dan Parkes yang menyatakan seseorang yang terpapar oleh debu dalam waktu lama akan berisiko untuk mengalami gangguan fungsi paru⁵²⁾. Penelitian Dorste et al juga menunjukkan hasil serupa, hanya bedanya penelitian Morgan lama waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya gangguan fungsi paru adalah setelah terpapar selama 10 tahun, sedangkan penelitian Dorste masa kerjanya adalah 20 – 30 tahun³⁹⁾. Penelitian Heri Sumanto juga menunjukkan hasil yang sama, dari penelitian tersebut diketahui paparan debu akan menurunkan kapasitas paru sebesar 35,3907 ml per satu tahun masa kerja⁵³⁾.

Dari beberapa penelitian terdahulu tersebut semuanya mendukung temuan penelitian ini, meskipun lama waktu paparan yang dihasilkan dari tiap penelitian tersebut berbeda. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh jenis atau material paparan yang berbeda serta keberadaan variabel lain yang dapat mempengaruhi terjadinya gangguan fungsi paru.

B. Variabel Yang Tidak Signifikan Terhadap Gangguan Fungsi Paru

Dari 9 (sembilan) variabel yang masuk dalam model multivariat, terdapat 6 (enam) variabel yang tidak bermakna secara statistik (*variabel not in the equation*), yang secara teori keenam variabel tersebut merupakan faktor risiko yang kuat untuk terjadinya gangguan fungsi paru^{12,13,14,43,44,46,47,60)}. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing variabel tersebut :

1. Kebiasaan Merokok

Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa kebiasaan merokok tidak berhubungan secara signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Gold *et al* yang menyatakan bahwa kebiasaan merokok pada pekerja yang terpapar oleh debu memperbesar kemungkinan untuk terjadinya gangguan fungsi paru⁵⁰⁾. Penelitian lain oleh Faidawati juga menunjukkan hasil bahwa paparan debu cat pada pekerja pengecatan mobil ditambah dengan kebiasaan merokok pada pekerja akan memberikan dampak kumulatif terhadap timbulnya gangguan fungsi paru. Hal ini disebabkan asap rokok akan menghilangkan bulu-bulu silia di saluran pernafasan yang berfungsi sebagai penyaring udara yang masuk dalam pernafasan⁵²⁾.

Hasil yang berbeda dengan penelitian terdahulu ini kemungkinan disebabkan karena meskipun sebagian besar pekerja merokok, namun sebagian besar mereka merokok dengan jumlah kurang dari 10 batang per hari. Sehingga dengan pengelompokan variabel kebiasaan merokok ini, maka hasil uji statistik multivariat tidak menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dengan kejadian gangguan fungsi paru.

2. Riwayat Penyakit Paru

Dalam penelitian ini variabel riwayat penyakit paru ini dikategorikan menjadi dua, yaitu ada riwayat dan tidak ada riwayat. Selanjutnya dari hasil

analisis multivariat, ternyata variabel ini dianggap tidak mempunyai kontribusi terhadap terjadinya gangguan fungsi paru.

Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu. Sudjono dalam penelitiannya tentang gangguan fungsi paru pada pedagang di terminal bus pada tahun 2002 menemukan bahwa riwayat penyakit paru memberikan risiko 2 kali lebih besar untuk terjadinya gangguan fungsi paru⁴³⁾. Penelitian lain oleh Nugraheni pada tahun 2004 terhadap pekerja penggilingan padi menemukan bahwa riwayat penyakit paru memberikan risiko hampir 2 kali lebih besar untuk terjadinya gangguan fungsi paru⁴⁴⁾.

Meskipun terdapat ketidaksesuaian dengan hasil penelitian seperti tersebut diatas, namun demikian ada pula temuan yang sejalan dengan hasil penelitian ini, seperti misalnya penelitian Budi Utomo tahun 2005 pada pekerja tambang kapur. Dalam penelitian tersebut tidak terdapat hubungan yang bermakna antara riwayat penyakit paru dengan terjadinya gangguan fungsi paru. Peneliti menduga ada beberapa hal yang menyebabkan variabel tersebut tidak bermakna. Pertama adalah kemungkinan terjadinya bias recall oleh karena variabel ini pengukurannya dengan cara menggali informasi masa lalu responden, sehingga ada kemungkinan responden lupa. Selain itu apa yang berhubungan dengan riwayat penyakit paru mungkin bagi pekerja tersebut bukan merupakan peristiwa yang penting untuk diingat, sehingga jawaban yang diberikan ada kemungkinan tidak sesuai keadaan yang sebenarnya.

3. Kepemilikan Ruang Cat

Dalam penelitian ini kepemilikan ruang cat merupakan variabel dikotomi yang dikelompokkan menjadi memiliki dan tidak memiliki ruang cat. Hasil analisis multivariat menunjukkan variabel ini dianggap tidak berkontribusi terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

Hipotesis tentang adanya hubungan antara kepemilikan ruang cat dan gangguan fungsi paru ini dibangun dari teori yang dikembangkan oleh negara maju. Di Australia bengkel pengecatan mobil dipersyaratkan harus memiliki ruang khusus untuk pengecatan. Ruang tersebut didisain untuk meminimalkan risiko gangguan kesehatan yang mungkin dapat terjadi pada pekerja. Misalnya keberadaan *exhaust fan*, jumlahnya dan titik dimana alat tersebut harus dipasang, dan lain sebagainya¹³⁾.

Fakta dilapangan kondisi bengkel cat mobil di lokasi penelitian menunjukkan karakteristik yang berbeda dengan keadaan ideal seperti yang ada di Australia. Bengkel cat mobil yang bersedia berpartisipasi dalam penelitian ini adalah bukan industri karoseri, meskipun beberapa bengkel mempunyai ruang khusus untuk pengecatan tapi jaminan kesehatan kerja di dalamnya belum sesuai dengan harapan. Sebagai contoh, *exhaust air* kapasitas dan jumlahnya tidak memadai, sehingga yang terjadi adalah bukannya debu tersebut dihisap keluar dari ruangan namun malah sebaliknya debu justru banyak terkonsentrasi di dalam ruangan. Selin itu pemilik bengkel juga kadang-kadang enggan menggunakan ruang khusus tersebut, penyebabnya adalah operasional yang tinggi untuk biaya listriknya.

Beberapa fakta tersebut diatas mungkin dapat menjadi penjelasan mengapa variabel kepemilikan ruang cat dianggap tidak berkontribusi terhadap terjadinya gangguan fungsi paru. Fakta di lapangan yang menunjukkan 76,7% pekerja tidak melakukan pengecatan di ruang khusus pengecatan memperkuat argumentasi di atas. Hal yang justru terjadi adalah pekerja yang bekerja di ruang pengecatan berisiko lebih besar terpapar oleh debu cat.

4. Lamanya Jam Kerja per Minggu

Dalam penelitian ini lamanya jam kerja per minggu merupakan variabel dikotomi yang dikelompokkan menjadi dua yaitu ≥ 40 jam dan < 40 jam. Hasil analisis multivariat menunjukkan variabel ini dianggap tidak berkontribusi terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin lama pekerja terpapar oleh paparan akan semakin memperbesar risiko terjadinya gangguan fungsi paru¹⁴⁾. Tidak adanya hubungan antara dua variabel ini dapat dijelaskan kemungkinan adalah karena lamanya jam kerja tidak berarti bahwa paparannya juga semakin besar. Temuan di lapangan menunjukkan, meskipun jam kerjanya sama, antara satu pekerja dengan pekerja lainnya mempunyai dosis paparan yang berbeda. Selain itu pekerja yang meskipun lama jam kerjanya tinggi, kemungkinan fungsi paru-parunya masih normal apabila masa kerjanya masih pendek. Hal ini sesuai dengan teori bahwa hubungan antara paparan dan efek sangat tergantung oleh tiga hal yaitu kadar debu dalam udara,

dosis paparan kumulatif, dan waktu tinggal atau lamanya debu berada dalam paru-paru¹³⁾.

5. Status Gizi

Dalam penelitian ini status gizi merupakan variabel dikotomi yang dikelompokkan menjadi dua, yaitu tidak normal jika $IMT < 18,5$ atau $> 25,0$ dan normal jika $IMT \geq 18,5 - 25,0$. Hasil analisis multivariat menunjukkan variabel ini dianggap tidak berkontribusi terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

Temuan penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian Budi Utomo, yang menyatakan bahwa status gizi merupakan variabel yang berpengaruh terhadap terjadinya gangguan fungsi paru. $IMT < 18,5$ dalam penelitian tersebut menunjukkan besar risiko 25,2 pada 95% *CI* 9,1 – 224,4⁶⁰⁾.

Tidak lolosnya variabel status gizi kedalam model multivariat dalam penelitiannya ini kemungkinan disebabkan oleh prosentase pekerja yang status gizinya kurang dan normal hampir sebanding, yaitu gizi kurang sebanyak 55,6 % dan gizi normal 44,4%.

6. Umur

Dalam penelitian ini umur merupakan variabel dikotomi yang dikelompokkan menjadi dua yaitu ≥ 30 tahun dan < 30 tahun. Hasil analisis multivariat menunjukkan variabel ini dianggap tidak berkontribusi terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa secara fisiologis dengan bertambahnya umur maka kemampuan organ-organ tubuh akan mengalami penurunan secara alamiah, termasuk dalam hal ini adalah gangguan fungsi paru. Kondisi seperti ini akan bertambah buruk dengan keadaan lingkungan yang berdebu dan faktor-faktor lain seperti kebiasaan merokok, tidak tersedianya masker juga penggunaan yang tidak disiplin, lama paparan serta riwayat penyakit yang berkaitan dengan saluran pernafasan¹²⁾.

Penelitian Nugraheni pada pekerja penggilingan padi menunjukkan rata-rata pada umur 30 – 40 tahun seseorang akan mengalami penurunan fungsi paru yang dengan semakin bertambah umur semakin bertambah pula gangguan yang terjadi³⁴⁾.

Tidak lolosnya variabel umur ke dalam model akhir analisis multivariat dalam penelitian ini dapat dijelaskan bahwa terdapat variabel lain yang berpengaruh secara langsung dengan terjadinya gangguan fungsi paru, yaitu debu terhisap. Selanjutnya dosis debu terhisap tersebut dapat berakibat menimbulkan gangguan fungsi paru setelah secara akumulatif cukup untuk terjadinya gangguan fungsi paru. Selain itu kebiasaan merokok juga merupakan variabel lain yang tidak kalah penting dalam terjadinya gangguan fungsi paru. Berdasarkan penjelasan tersebut diatas, tidak adanya hubungan umur dengan gangguan fungsi paru dalam penelitian ini kemungkinan penyebabnya adalah pekerja yang umurnya ≥ 30 tahun tidak semuanya mempunyai masa kerja yang sudah lama, dan tidak semuanya pula merokok.

C. Peran Semua Variabel Terhadap Gangguan Fungsi Paru

Untuk mengetahui peran semua variabel terhadap terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil, dilakukan perhitungan dengan persamaan regresi. Hasil perhitungan diperoleh $P = 99\%$. Dengan hasil ini berarti : Jika terdapat pekerja pengecatan mobil tidak menggunakan masker saat bekerja, terpapar oleh debu terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ per hari, dan mempunyai masa kerja lebih dari 10 tahun maka akan mempunyai peluang mengalami gangguan fungsi paru sebesar 99 %.

D. Keterbatasan Penelitian

1. Bias desain penelitian

Penelitian dengan desain *cross sectional* mempunyai keterbatasan antara lain adalah *temporal relationship* tidak jelas. Hal ini dikarenakan variabel bebas dan terikat dilakukan pengukuran dalam satu waktu yang sama. Sehingga dengan demikian antara sebab dan akibat kadang sulit diketahui, mana mendahului sebab atau akibat terlebih dahulu.

2. Bias seleksi :

Bias *insidensi-prevalensi Neyman*

Salah satu cara yang ideal untuk mengurangi kemungkinan terjadinya bias ini adalah dengan mengambil bengkel yang mempunyai *medical report* atas

pekerjanya sehingga dapat diamati kemungkinan adanya *selective mortality* dan *selective survival*. Namun sayangnya hal tersebut tidak bisa dilakukan karena bengkel seperti tersebut diatas sangat langka di Indonesia, dan walaupun ada peneliti mengalami kesulitan oleh karena kesediaan berpartisipasi bengkel yang rendah.

3. Keterbatasan dalam pengumpulan data

Dalam penelitian ini variabel kebiasaan olah raga direncanakan akan diukur dengan memperhatikan variabel intensitas olah raga, namun karena partisipasi yang kurang dari responden maka data dari variabel ini tidak dapat dikumpulkan.

4. Hasil penelitian menunjukkan probabilitas seorang pekerja jika tidak selalu menggunakan masker saat bekerja, terpapar partikel terhisap $\geq 3 \text{ mg/m}^3$ per hari, dan mempunyai masa kerja lebih dari 10 tahun akan mempunyai peluang mengalami gangguan fungsi paru sebesar 99 %. Hasil ini mempunyai kelemahan, yaitu :

- a. Variabel penggunaan masker diukur tidak terlalu rinci, yaitu tidak memperhatikan jenis masker yang dipakai, sehingga ada kemungkinan meskipun responden selalu menggunakan masker saat bekerja namun masker yang digunakan tidak cukup baik untuk mereduksi paparan partikel cat yang dapat terhisap.

- b. Variabel kadar partikel terhisap, variabel ini hanya memperkirakan kemungkinan partikel yang dapat terhisap oleh pekerja dan bukan mengukur partikel yang benar-benar terhisap oleh pekerja.

BAB VII

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

4. Penelitian pada pekerja pengecatan mobil di Kota Semarang ini menunjukkan bahwa variabel bebas yang merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru adalah :
 - a. Masa kerja (≥ 10 tahun), dengan rasio prevalen 15,743 (95% *CI* = 3,369 - 73,578).
 - b. Penggunaan masker (tidak selalu menggunakan), dengan rasio prevalen 15,694 (95% *CI* = 4,256 - 57,869).
 - c. Kadar partikel terhisap (≥ 3 mg/m³ per hari), dengan rasio prevalen 28,672 (95% *CI* = 2,036 - 403,679).
5. Adapun variabel bebas yang belum tentu merupakan faktor risiko adalah riwayat penyakit paru, umur, status gizi, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, jumlah jam kerja per minggu, dan kepemilikan ruang khusus pengecatan.
6. Peluang terjadinya gangguan fungsi paru jika pekerja tidak selalu menggunakan masker saat bekerja, terpapar oleh debu terhisap ≥ 3 mg/m³ per hari, dan mempunyai masa kerja lebih dari 10 tahun adalah sebesar 99 %.

B. Saran

1. Bagi Instansi pemerintah yang men¹⁰⁷ masalah tenaga kerja dan kesehatan :

Berdasarkan temuan tingginya prevalensi pekerja pengecatan mobil yang mengalami gangguan fungsi paru (46,7%), maka disarankan agar instansi terkait yaitu Dinas Tenaga Kerja dan Dinas Kesehatan agar melakukan upaya promosi kesehatan untuk meminimalkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja pengecatan mobil.

2. Bagi Pemilik Bengkel Pengecatan Mobil

Berdasarkan temuan 45,6% pekerja tidak menggunakan masker dengan benar maka disarankan agar pemilik bengkel membuat aturan yang mewajibkan pekerja menggunakan masker dengan benar saat bekerja.

3. Bagi Pekerja Pengecatan Mobil

Berdasarkan temuan bahwa tidak menggunakan masker dengan baik merupakan faktor risiko gangguan fungsi paru, maka disarankan agar pekerja selalu menggunakan masker dengan baik saat bekerja, sehingga pekerja dapat menurunkan kemungkinan paparan partikel cat yang dapat terhisap.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sastrosatomo, Hadisudjono. *Buku pedoman pelatihan dokter kesehatan kerja-IDKI*. <http://www.idki.or.id/pelayanan.htm>
2. Teel, Warren. *Occupational diseases in Ontario – the physician’s role*. Occupational Medicine Clinical Update. Volume 1 Issue 2 Desember. 2001 : 1 – 2
3. Tresnaningsih, Erna. *Kesehatan dan keselamatan kerja laboratorium kesehatan*. Pusat Kesehatan Kerja Departemen Kesehatan RI. 2004 : 1 - 5
4. Piirila, Paivi; Keskinen, HM; Luukonen, R; et al. *Work unemployment and life satisfaction among patients with diisocyanate induced asthma- a prospective study*. J Occup Health 2005: 47 : 112-118
5. Small, Bruce M. *Indoor air pollutants in residential settings : respiratory health effects and remedial measure to minimize exposure*. Ontario Lung Association. 2002 : 1 - 83
6. -----, *Air pollution reduces children’s lung function*. AORN Journal. 2004 : 1 – 4
7. Dahlgvist, M; Tornling, G; Plato, N. *Effects within the week on forced vital capacity are correlated with long term changes in pulmonary function : reanalysis of studies on car painters exposed to isocyanate*. Papers. Departement of Environmental Technology and Work Science, Royal Institue of Technology, Stockholm, Sweden. 2005 : 1 - 4
8. Hammond, S; Ellen, G; Robin; et al. *Respiratory health effect related to occupational spray painting and welding*. Journal of Occupational & Environmental Medicine. July 2005, 47(7): 728-739.
9. Riswati, Y. *Hubungan masa kerja dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja pengecatan mobil di kampung Ligu Kota Semarang*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro. 2004.
10. Levy, Stuart A. *Introduction to occupational pulmonary disease*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 167 – 170

11. Levy, Stuart A. *Pulmonary reactions to other occupational dust and fumes*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 194 – 200.
12. Price, Sylvia Anderson and Wilson Lorraine McCarty. *Fisiologi proses-proses penyakit*. Alih bahasa Pet¹⁰⁹ grah. EGC. Jakarta. 1995 : 646 - 715.
13. Government of Westen Australia. *Consumer and employment protection*. Dalam <http://www.safetyline.we.gov.au/pagebin/codewswa0128.htm>.
14. WHO. *Deteksi dini penyakit akibat kerja*. Alih bahasa Joko Suyono. EGC. Jakarta. 1995 : 64 - 69.
15. Lauwerys, Robert R. *Cadmium and its compound*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 481 – 493.
16. Sawyer, Howard. *Chromium and its compounds*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 487 – 493
17. Carlisle, D.L. et al. *Apoptosis and P53 induction in human lung fibroblasts exposed to chromium(VI) : effect of ascorbate and tocopherol*. Oxford Journal Online. 10 Januari 2000 : 1 - 15.
18. Saryan, Leon and Zenz, Carl. *Lead and its compound*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 506 – 538.
19. Schutte, Nobert; Knight, Arthur; Jahn, Oswald. *Mercury and its compounds*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 549 – 556
20. Riihimaki, Vesa; Ikonen, Pirko; Rautalahi, Katarina. *Acrylic Resin*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 754 – 761
21. Holmberg; Zenz, Carl; Dodson, Vernon. *The polymer industry*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 731 – 732
22. Akbar-Khanzadeh, Farhang dan Ivas, Ruben. *Exposure to isocyanates and organic solvent, and pulmonary function change in workers in a polyurethane molding process*. Journal of occupational & environmental medicine. Desember. 1996. 38(12) : 1205 – 1212.

23. Leffler, Christoper dan Milton, K. *Occupational asthma and contact dermatitis in a spray painter after introduction of a aziridine cross linker*. Occupational Health Program, Department of Environmental Health, Harvard School of Public Health. Boston. 1999 : 1 – 69.
24. Feldman, R; Ratner, Marcia; Thomas. *Chronic toxic encephalopathy in a painter exposes to mixed solvents*. Environmental health Perspective. Volume 107, number 5 May 1999. 107(5) : 120 – 127.
25. Fishwick, David; Bradshaw, Lisa; Slater, Tania, et al. *Respiratory symptoms and lung function change in welders : are they associated with workplaced with workplace exposure?*. The New Zealand Medical Journal. Vol 117 No. 1193. May 2004. 117(1193) : 560 - 566
26. Occupational Health for Ontario Workers Inc. *Occupational Asthma*. In : [http://www. Ohcow.on.ca](http://www.Ohcow.on.ca). Revised July 2004 : 1 - 10.
27. Depatemen Tenaga Kerja. *Nilai ambang batas faktor kimia di udara lingkungan kerja*. Depatemen Tenaga Kerja Badan Perencanaan dan Pengembangan Tenaga Kerja Pusat HIPERKES dan Keselamatan Kerja Proyej Pengembangan Hygiene dan Kesehatan Kerja Tahun anggaran 1997/1998. Jakarta. 1998.
28. Yorgancioglu, Arzu; Sakar, Asyn; Keskin, Tulay; et al. *Respiratoy symptoms and occupational asthma in polyurethane foam production workers*. Turkish espiratory Journal. May 2002. Vol. 3, No. 1 : 19 - 23
29. Hoppin, Jane; Ummbach, David; London, Stephanie; et al. *Diesel exhaust, solvents, and other occupational exposures as risk factors for wheeze among farmers*. Am J Respir Crit Care Med. Vol 169. pp 1308 – 1313. 2004
30. Fakultas Kesehatan Masyarakat. *Kumpulan Materi Kuliah Progam matrikulasi*. UNDIP. Semarang. 2001 : 1 - 10
31. Entjang Indan. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Penerbit PT. Citra Aditya Bakti. Bandung. 1997 : 12 - 16
32. Soeripto. *Lingkungan kerja sebagai penyebab penyakit paru akibat kerja*. Indonesian Journal of Industrial Hygiene, Occupational Health and

- Safety.. Pusat Hiperkes. Depnaker RI. Volume XXII (1) Jan-Mar 1989: 7 - 12.
33. Rab, H Tabrani. *Ilmu Penyakit Paru*. Penerbit Hiperkes. Jakarta. 1996: 10 - 27.
34. Guyton C. Arthur. *Fisiologi Kedokteran*. Alih bahasa Ken Ariata Tengadi. Edisi 7 Penerbit buku kedokteran EGC. Jakarta. 1994 : 627 - 646
35. Ahmadi UF. *Kesehatan lingkungan kerja lingkungan fisik dalam upaya kesehatan kerja sector informal*. Direktorat Bina Peran Serta masyarakat. Depkes RI. Jakarta. 1990 :1 - 10
36. Muchtler J. *The industrial environment its evaluation and control*. Public Health Centre for Diseases Control national Institute for Occupational Safety and Health. 1973 :1- 5
37. Fardiaz, Srikandi. *Polusi air dan udara*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 1992 : 1 - 8
38. Suma'mur, PK. *Higiene perusahaan dan kesehatan kerja*. PT Gunung Agung. Jakarta. 1988 : 212- 217.
39. Wahyuningsih, Faisal Yunus, Mukhtar Ikhsan. *Dampak inhalasi cat semprot terhadap kesehatan paru*. Cermin kedokteran (138). 2003 : 12 - 17.
40. Effendi Hasjim dan Jasmeiny Jazir. *Fisiologi pernafasan dan patofisiologinya*. Penerbit Alumni. Bandung. 1983 : 20 - 27.
41. McKay, Roy T; Horvath, Edward. *Pulmonary function testing in industry*. In : Carl Zens. Occupational Medicine, 3th ed. London : Mosby. 1994: 229 - 235
42. Bannet, W.L. *Buku ajar penyakit paru* (edisi bahasa Indonesia). Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta. 1997: 40 - 57.
43. Soedjono. *Pengaruh kualitas udara (debu COx, NOx, SOx) terminal terhadap gangguan fungsi paru pada pedagang tetap terminal bus induk Jawa Tengah 2002*. Thesis. Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat. Program Pasca Sarjana UNDIP. Semarang. 2002 : 59 - 87

44. Nugraheni, FS. *Analisis factor risiko kadar debu organik di udara terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri penggilingan padi di kabupaten Demak*. Thesis. Magister Ilmu Kesehatan Lingkungan. Program Pasca Sajana UNDIP. Semarang. 2004 : 45 - 65
45. Sridhar, Mangalan. *Nutrition and health lung*. In : Clinical Nutritional and Metabolism Group Symposium on Nutrition and Lung Health. The Summer Meeting of the Nutrition Society. University of Surrey. Proceeding of the Nutrition Society 1999. (58) : 303 – 308.
46. Schenker, M; Stoecklin, Maria; Kiyong, Lie; et al. *Pulmonary function and exercise-associated changes with chronic low level paraquat exposure*. University of California. 2004. Vol 70 : 773 – 779.
47. Debray, Parthasarathi; Misra, Jaydeb; Ghosh, Chandradipa. *Peak expiratory flow rate and cardio respiratory fitness of Bengali workers exposed to dust and plant source particulate matters*. Indian Journal of Community Medicine. Vol. 27. No. 4. 2002 : 10 – 17
48. Wilmore, Jack dan Costil, David. *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetic Publisher. United State of America. 1994 : 226- 227, 518 – 521.
49. Mhase, Viju. *Effect of smoking on lung function of workers exposed to dust and fumes*. Indian Journal of Community Medicine. Vol. 27 No. 1. 2003 : 15 – 20.
50. Gold, Diane; Xiaobin Wang; Wypij, David; et al. *Effect of cigarette smoking on lung function in adolescent boys and girls*. NEJM. Vol. 335 No. 13 . 2005 : 1 - 4
51. Subiantoro Sony. *Pengaruh asap rokok terhadap fungsi fagositosis PMN dan refractory periadontitis*. JBP Vol. 2,. Januari 2000 : 10 - 13.
52. Faidawati, Ria. *Penyakit paru obstruktif kronik dan asma akibat kerja*. Journal of the Indonesia Association of Pulmonologist. Jakarta. 2003 : 7 - 11.
53. *Penyakit Paru Akibat Debu Industri*. <http://www.pikiranrakyat.com>.

54. Murti, B. *Peran Peluang*. Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 1997 : 110 – 226.
55. Ghozali, V. et al. *Studi Cross-Sectional*. Dalam: *Dasar-dasar metodologi penelitian klinis*. Edisi ke-2. CV Sagung Seto. Jakarta. 2002 : 97 - 110.
56. Hennekens, CH and Buring JE. *Types Of Epidemiologic Study*. Epidemiology in medicine, Boston, Little, Brown and Company. 1987 : 101 - 168
57. Beaglehole, R; Bonita, R, Kjellstrom, T. *Types of Study*. Dalam : *Basic Epidemiologi*. World Health Organization. Geneva. 1993 : 29 - 51
58. Gordis L. Using Epidemiology to Identify the Cause of Disease. Dalam : *Epidemiology*. Second edition. Wb. Saunders Company. USA. 2000 : 114 – 196.
59. Murti, B. *Analisis regresi ganda logistik*. Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 1997 : 367 – 388.
60. Utomo, Budi. Faktor-faktor Risiko Penurunan Kapasitas Paru Pekerja Tambang Batu Kapur (Studi Kasus di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Tahun 2005). Thesis. Magister Epidemiologi. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang . 2005 : 66 – 96.