

**Analisis Hasil Spirometri Karyawan PT X yang Terpajan Debu di Area  
Penambangan dan Pemrosesan Nikel**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Kedokteran Kerja**

**Syamsurrijal Baharuddin  
NPM : 0706171213**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
PROGRAM STUDI MAGISTER KEDOKTERAN KERJA**

**Jakarta  
Juli 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

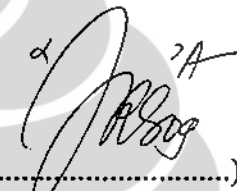
Tesis ini diajukan oleh

Nama : Syamsurrijal Baharuddin  
NPM : 0706171213  
Program studi : Magister Kedokteran Kerja  
Judul tesis : Analisis Hasil Spirometri Karyawan PT X yang Terpajan Debu di Area Penambangan dan Pemrosesan Nikel

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ambar W. Roestam, SKM, MOH

  
(.....)


Pembimbing : Prof. dr. Faisal Yunus, Sp.P(K), Ph.D, FCCP

  
(.....)

Penguji : dr. Aria Kekalih, MTI

  
(.....)

Penguji : dr. Mukhtar Ikhsan, SpP(K), MARS

  
(.....)

Ketua Program Studi : dr. Dewi Sumaryani Soemarmo, MS, SpOk

  
(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 17 Juli 2009

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
Telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Syamsurrijal Baharuddin

NPM : 0706171213

Tanda tangan :



Tanggal : 17 Juli 2009

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang tak terhingga sehingga sampai detik ini saya tetap sehat sejahtera dan dapat menyelesaikan segala tugas akademik sampai ke penulisan tesis dengan baik. Shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang memberikan pencerahan kepada umat manusia untuk keselamatan di dunia dan akhirat.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Kedokteran Kerja pada Program Studi Kedokteran Kerja di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta. Dalam menempuh program ini sampai ke proses penelitian dan pembuatan tesis, tentu sangat sulit bagi saya untuk menjalaninya tanpa bantuan berbagai pihak. Untuk itu saya merasa perlu untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Ambar W. Roestam, SKM, MOH dan Prof. dr. Faisal Yunus, SpP(K), Ph.D, FCCP, selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan arahan dan berbagai masukan dalam penyusunan tesis ini;
2. Ketua Program Studi dan seluruh dosen di Program Studi Kedokteran Kerja FKUI yang telah memberikan arahan, ilmu dan berbagi pengalaman, beserta seluruh staf Departemen Ilmu Kedokteran Komunitas atas segala bantuannya;
3. Jajaran Manajemen perusahaan tempat saya bekerja, menyekolahkan di program ini, dan tempat mengambil data, khususnya kepada dr. H. Kunto Rahardjo, Sp.An. (KIC) beserta istri, yang memberi dukungan begitu besar sebelum dan selama mengikuti program ini;
4. Keluarga dan sahabat yang banyak membantu selama hidup di Jakarta;
5. Orangtua yang saya muliakan, Drs. H. Baharuddin D. Massikki (alm.) dan Hj. St. Hafsa Bahar, beserta seluruh saudara khususnya Dr. dr. Burhanuddin Bahar, MS, yang banyak meluangkan waktu untuk berdiskusi;
6. Istri dan anak-anakku tercinta yang selalu memberi dukungan doa, cinta, kesabaran.

Semoga Allah SWT memberi balasan yang lebih baik, dan semoga tesis ini membawa manfaat seperti yang diharapkan.

Jakarta, 17 Juli 2009.

Penulis

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

---

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

Nama : Syamsurrijal Baharuddin  
NPM : 0706171213  
Program studi : Magister Kedokteran Kerja  
Departemen : Ilmu Kedokteran Komunitas  
Fakultas : Kedokteran  
Jenis karya : Tesis

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

**Analisis Hasil Spirometri Karyawan PT X yang Terpajan Debu di Area Penambangan dan Pemrosesan Nikel**


berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 17 Juli 2009

Yang menyatakan

  
(.....)

## Abstrak

Tahun : 2009  
Tempat : Jakarta

Nama : Syamsurrijal Baharuddin  
Institusi : Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Jakarta-Indonesia  
Judul : Analisis Hasil Spirometri Karyawan PT X yang Terpajan Debu di Area Penambangan dan Pemrosesan Nikel  
Program : Program Studi Kedokteran Kerja – Pasca Sarjana

### Ruang lingkup dan metodologi

Spirometri dirancang untuk mengidentifikasi dan menilai abnormalitas fungsional system pernafasan. Paparan hazard inhalan di tempat kerja dapat menimbulkan respons iritan, fibrotik, alergi, infeksius, karsinogenik, dan sistemik bagi manusia. Beberapa iritan dapat saja tidak memberikan efek sistemik karena respons iritan lebih besar daripada efek sistemik manapun, sementara beberapa di antaranya dapat memberikan efek sistemik yang bermakna setelah penyerapan. Paparan debu-debu mineral terkait dengan proses terjadinya obstruksi aliran udara kronik, yang mungkin juga dimediasi oleh *dust-induced fibrosis* pada saluran-saluran napas yang kecil. Di sisi lain, asap rokok memegang peranan sangat penting dalam proses terjadinya inflamasi dan memegang peran utama dalam patogenesis PPOK.

Pada penelitian ini dianalisis hasil spirometri Karyawan PT X yang terpajan debu di area penambangan dan pemrosesan nikel untuk daerah kerja di dalam *Plant Site* yang diasumsikan terpajan debu lebih tinggi dan daerah kerja di luar *Plant Site* yang diasumsikan terpajan debu lebih rendah. Penelitian ini menggunakan desain *cross sectional* dengan analisis komparatif dengan menggunakan data rekam medik *Check-up* karyawan laki-laki, dengan sampel berjumlah 334.

### Hasil dan kesimpulan

Secara demografis, karyawan golongan *blue collar* adalah dominan yakni sebesar 67,0 %. Adapun golongan *white collar* dan *mixed* masing-masing sebesar 18,9 % dan 14,1 %. Secara keseluruhan, prevalensi hasil spirometri abnormal (restriktif + obstruktif) sebesar 34,12 %. Dari uji bivariat kemudian dilanjutkan dengan uji multivariat ditemukan bahwa faktor risiko yang diperkirakan berperan terhadap gangguan faal paru obstruktif dan restriktif adalah variabel umur > 50 tahun, kebiasaan merokok, tidak berolahraga, IMT > 30,0, adanya gejala klinis saat *check-up*, dan masa kerja > 20 tahun. Dari semua variabel ini, secara statistik, disimpulkan tidak ada variabel yang memiliki kemaknaan hubungan dengan gangguan fungsi paru.

**Kata kunci** : spirometri, debu, rokok.

## Abstract

Year : 2009

Place : Jakarta

Name : Syamsurrijal Baharuddin  
Institution : Faculty of Medicine, University of Indonesia, Jakarta-Indonesia  
Title : Analysis of Spirometry Results of the PT X Employees Exposed by Dust in Nickel Mining and Processing Area.  
Program : Post Graduate – Occupational Medicine

### **Scope and methodology**

*Spirometry is designed to identify and quantify functional abnormalities of the respiratory system. Exposure of occupational inhalants can result in irritant, fibrotic, allergic, infectious, carcinogenic, and systemic effects to human. Some irritants produce no systemic effect because the irritant response is much greater than any systemic effect, while some also have significant systemic effects following absorption. Mineral dust exposure is associated with chronic obstructive airway process, which might be mediated by dust-induced fibrosis in the small airways. On the other hand, cigarette smoke plays a principal role in the inflammation process and the pathogenesis of COPD.*

*Spirometry results of the PT X employees who were exposed by dust in nickel mining and processing area which are divided to Plant Site area (assumed higher dust exposure) and beyond Plant Site area (assumed lower dust exposure) are analyzed in this cross sectional study, using comparative analysis method to 334 male employees' medical check-up record.*

### **Result and conclusion**

*In this study, blue collar workers group is predominant by 67,0 % of total sample, while white collar group and mixed group contribute 18,9 % and 14,1 %, respectively. Overall, prevalence of abnormal spirometry result (restrictive+obstructive) was 34,12 %. By using bivariate and multivariate analysis consecutively, it was found that risk factors presumably play important role in obstructive and restrictive lung function disorders are the following variables : age >50 years, smoking habit, no sport activities, BMI > 30,0, presence of respiratoric clinical symptoms, and length of employment >20 years. This study concluded that of all these variables, none of them has a statistically significant association to lung function disorders.*

**Keywords** : spirometry, dust, smoke.

# DAFTAR ISI

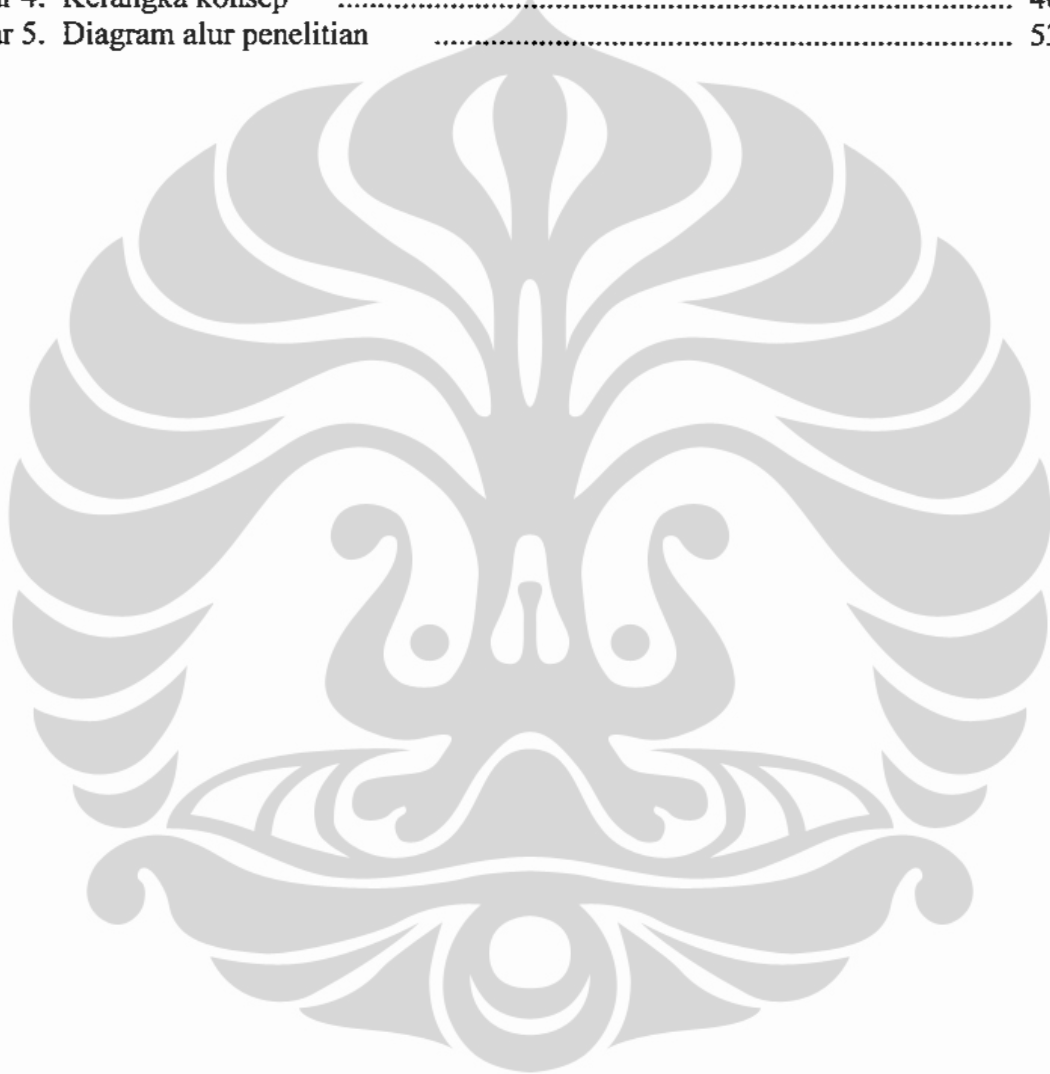
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.3.1 Tujuan Umum .....	4
1.3.2 Tujuan Khusus .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.4.1 Untuk Pekerja .....	5
1.4.2 Untuk Perusahaan .....	5
1.4.3 Untuk Institusi Pendidikan .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Fungsi Paru .....	6
2.2 Debu .....	7
2.3 Nikel dan Debu Nikel .....	12
2.4 Faktor-faktor Intrinsik .....	30
2.5 Profil Perusahaan .....	31
2.6 Kerangka Teori .....	35
2.7 Kerangka Konsep .....	45
2.8 Hipotesis .....	45
<b>3. METODA PENELITIAN</b> .....	47
3.1 Desain .....	47
3.2 Waktu dan Lokasi .....	47
3.3 Populasi .....	47
3.4 Sampel .....	47
3.4.1 Besar Sampel .....	47
3.4.2 Cara Pengambilan Sampel .....	48
3.4.3 Kriteria Inklusi .....	48
3.4.4 Kriteria Eksklusi .....	49
3.5 Cara Pengumpulan Data .....	49
3.5.1 Persiapan Peneliti .....	49
3.5.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	50
3.5.3 Proses Pengumpulan Data .....	50
3.6 Cara Pengolahan Data .....	50



3.7	Cara Analisis Data	50
3.7.1	Analisis Univariat	50
3.7.2	Analisis Bivariat	50
3.7.3	Analisis Multivariat	51
3.8	Cara Penyajian Data	51
3.9	Etika Penelitian	51
3.10	Alur Penelitian	51
3.11	Diagram Alur Penelitian	53
3.12	Definisi Operasional	54
<b>4.</b>	<b>HASIL PENELITIAN</b>	<b>59</b>
4.1	Karakteristik subjek penelitian	60
4.2	Kesetaraan kelompok	61
4.3	Prevalensi pada lingkungan kerja <i>high risk</i> dan <i>low risk</i>	62
4.4	Analisis hubungan antara hasil spirometri dengan karakteristik demografik	64
4.5	Analisis hubungan antara hasil spirometri dengan variabel pekerjaan	66
4.6	Analisis multivariat faktor-faktor risiko terjadinya gangguan faal paru	69
4.7	Analisis hubungan antara hasil spirometri dengan variabel rokok	70
<b>5.</b>	<b>PEMBAHASAN</b>	<b>71</b>
5.1	Keterbatasan penelitian	71
5.2	Prevalensi hasil spirometri obstruktif dan restriktif pada pekerja <i>blue collar</i> , <i>mixed</i> , dan <i>white collar</i>	72
5.3	Hubungan hasil spirometri obstruktif dan restriktif - karakteristik demografi	73
5.4	Hubungan prevalensi restriktif dan obstruktif - karakteristik pekerjaan	77
<b>6.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>83</b>
6.1	Kesimpulan	83
6.2	Saran	84
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>86</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Faktor-faktor yang berpengaruh untuk pengendalian hazard di tempat kerja 29
- Gambar 2. Menginterpretasi hasil spirometri ..... 36
- Gambar 3. Skema ringkasan proses pajanan debu – perubahan gambaran spirometri ... 40
- Gambar 4. Kerangka konsep ..... 46
- Gambar 5. Diagram alur penelitian ..... 53



## DAFTAR TABEL

▪ Tabel 1. Diameter aerodinamik <i>respirable dust</i> .....	8
▪ Tabel 2. Klasifikasi PPOK .....	41
▪ Tabel 4.1. Karakteristik Demografi Subyek Penelitian .....	60
▪ Tabel 4.2. Uji Kesetaraan .....	62
▪ Tabel 4.3. Nilai Prevalensi Hasil Spirometri berdasarkan tempat kerja .....	63
▪ Tabel 4.4. Uji Bivariat Karakteristik Demografi .....	65
▪ Tabel 4.5. Hubungan antara hasil spirometri dengan variabel pekerjaan .....	66
▪ Tabel 4.6. Analisis bivariat antara hasil spirometri normal dan abnormal dengan variabel independen .....	68
▪ Tabel 4.7. Uji multivariat faktor risiko terjadinya gangguan faal paru .....	69
▪ Tabel 5.1. Perbandingan antara hasil <i>crude</i> OR dengan OR dari uji multivariat .....	79
▪ Tabel Induk .....	89

## DAFTAR SINGKATAN

1. ACC : *Accounting*
2. ACGIH: *American Conference of Governmental and Industrial Hygienists*
3. AM : *Alveolar macrophages*
4. BMI : *Body Mass Index*
5. COPD : *Chronic Obstructive Pulmonary Disease*
6. EHS : *Environmental Health Safety*
7. EPA : *Environmental Protection Agency*
8. ETS : *Environmental Tobacco Smoke*
9. EXR : *External Relations*
10. FEV<sub>1</sub> : *Forced Expiratory Volume in 1 second*
11. FVC : *Forced Vital Capacity*
12. HRD : *Human Resources Development*
13. IARC : *International Agency for Research on Cancer*
14. IAU : *Internal Audit*
15. IMT : *Indeks Massa Tubuh*
16. ITE : *Information Technology and Electronics*
17. KRF : *Kapasiti Residual Fungsional*
18. KVP : *Kapasiti Vital Paksa*
19. MED : *Medical Services*
20. MEM : *Mobile Equipment Maintenance*
21. MGR : *Manager*
22. MGX : *Mining Geology Exploration*
23. NAB : *Nilai Ambang Batas*
24. NIOSH : *National Institute of Occupational Safety and Health*
25. PMA : *Penanaman Modal Asing*
26. PPE : *Personal Protective Equipment*
27. PPOK : *Penyakit Paru Obstruktif Kronik*
28. PRO : *Process Plant*
29. PRT : *Process Technology*
30. RPE : *Respiratory Protective Equipment*
31. SCM : *Supply Chain Management*
32. SES : *Support Engineering Services*
33. TAS : *Town Administration Services*
34. TB : *Tuberculosis*
35. TLV-TWA : *Threshold Limit Value-Time-Weighted Average*
36. UTI : *Utilities*
37. VEP<sub>1</sub> : *Volume Ekspirasi Paksa detik pertama*
38. VC : *Vital Capacity*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan semakin modernnya peradaban umat manusia, penggunaan logam dalam berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk mempermudah kehidupan manusia maupun sekedar sebagai asesori untuk melengkapi sarana dan prasarana yang dimiliki dalam peradaban tersebut tentunya semakin beragam. Salah satu logam yang dimaksud di sini adalah nikel. Logam ini memegang peranan besar di abad ke-21 dengan memberikan sifat-sifat khusus maupun standar-standar kualitas tertentu pada campuran-campuran logam berbasis-nikel seperti stainless steel dan produk-produk khusus lainnya seperti baterai.

Perusahaan tambang PT X, sebuah perusahaan PMA (Penanaman Modal Asing) yang beroperasi di Pulau Sulawesi, merupakan sebuah perusahaan berskala internasional yang melakukan penambangan dan pengolahan nikel laterit yang dipasarkan ke pasar nikel dunia untuk memenuhi kebutuhan nikel dunia. Logam putih keabu-abuan yang dihasilkan dari produk matte produsen ini, disebut sebagai nikel “primer” karena memang berasal dari bijih nikel. Perusahaan ini mengolah nikel dalam *matte*, yaitu produk setengah jadi yang diproses dari bijih *laterite* di fasilitas pertambangan dan pengolahan terpadu. Adapun *laterite* adalah tanah merah yang terdiri dari tanah liat yang kaya dengan kandungan nikel, sebagai bahan untuk membuat bijih nikel. *Laterite* juga mengandung banyak besi, magnesium dan kobalt. *Laterite* merupakan hasil dari proses laterisasi batu yang terbentuk oleh panas, *peridotite*. *Laterite* terdiri dari dua lapisan, lapisan bawah yang mengandung *saprolite* dan lapisan di atasnya yang mengandung *limonite*.<sup>1</sup>

Dalam pemrosesan nikel, mulai dari penambangan sampai pada pengapalan, pekerja yang terlibat pada setiap tahap proses sedikit banyak akan terpajan oleh debu yang mengandung nikel di dalamnya, yang ada di tempat kerja. Berkaitan hal tersebut, para pekerja ini perlu dijaga dari penyakit akibat kerja khususnya yang berkaitan dengan

pajanan debu yang mengandung logam nikel dalam berbagai bentuknya untuk mencegah berkembangnya penyakit akibat pajanan debu.

## 1.2 Permasalahan

Debu yang terdapat di daerah tambang nikel mengandung banyak unsur dan salah satu unsur yang penting adalah nikel itu sendiri. Nikel dilepaskan ke atmosfer selama proses penambangan nikel dan oleh industri-industri yang membuat atau menggunakan nikel, berupa campuran logam nikel atau senyawa-senyawa nikel. Industri-industri ini juga dapat melepaskan nikel ke air. Nikel juga dilepaskan ke udara akibat pembakaran minyak pada pembangkit-pembangkit listrik, pembangkit listrik yang berbahan-bakar batubara, dan *trash incinerators*. Selain itu, nikel juga dilepaskan ke lingkungan sekitar sebagai akibat dari aktivitas manusia termasuk pertambangan, peleburan, pemurnian, pembuatan logam campuran, pelapisan logam, pembakaran bahan bakar, dan pembakaran sampah. Nikel dapat masuk ke tubuh manusia ketika bernapas dengan udara yang mengandung nikel, atau minum/makan makanan yang mengandung nikel, juga saat kulit kontak dengan nikel. Jika menghirup udara yang mengandung nikel, nikel yang terhirup akan sampai ke paru dan masuk ke darah, tergantung dari ukuran partikel nikel yang terhirup. Jika nikel mudah larut dan ukurannya sangat kecil sehingga mencapai alveoli, maka akan mudah diserap ke dalam darah. Jika partikel tidak mudah larut dalam air, nikel ini dapat tetap tinggal di paru dalam waktu yang lama. Beberapa partikel ini dapat meninggalkan paru dengan bantuan *mucus* yang didorong keluar tubuh dan diludahkan atau tertelan masuk ke saluran cerna. Sejumlah kecil nikel dapat masuk ke aliran darah melalui kontak kulit. Setelah masuk ke dalam tubuh, nikel dapat menyebar ke berbagai organ, tapi terutama ke ginjal. Nikel yang masuk ke aliran darah ini dibuang melalui urin. Setelah nikel tertelan saat makan, sejumlah besar dari nikel ini akan segera dibuang melalui feces, dan sejumlah kecil yang masuk ke aliran darah dibuang melalui urin.<sup>2</sup>

Di PT X, dari hasil *Workroom Health Hazard Monitoring* yang dilakukan oleh Balai Besar K3 tahun 2008, didapatkan bahwa debu Nikel pada 139 titik sampling secara keseluruhan masih di bawah NAB (Nilai Ambang Batas) dengan kadar terendah 0,0016

mg/m<sup>3</sup> (pada *Screening Station 8 Mine Operation*) dan kadar tertinggi 0,8536 mg/m<sup>3</sup> (pada *Burner Dryer #3 Process Plant*). Demikian pula untuk debu Silika, yang diukur pada 101 titik sampling secara keseluruhan masih di bawah NAB dengan hasil menunjukkan beberapa titik sampling tidak terdeteksi, dan tertinggi sebesar 0,0817 mg/m<sup>3</sup> pada *CO/Skimming Area Lt. 2 Converter 3 Calcine Handling Process Plant*. Debu Cobalt (tertinggi 0.0015 mg/m<sup>3</sup>), Chromium (tertinggi 0,4015 mg/m<sup>3</sup>), dan Mangan (tertinggi 0,0770 mg/m<sup>3</sup>), secara keseluruhan juga masih di bawah NAB. Nilai Ambang Batas bahan-bahan tersebut berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor : SE-01/MEN/1997 tentang Nilai Ambang Batas Bahan Kimia masing-masing adalah: Nikel 1 mg/m<sup>3</sup>, Silika 0,1 mg/m<sup>3</sup>, Cobalt mg/m<sup>3</sup> 0,002 mg/m<sup>3</sup>, Chromium 0,5 mg/m<sup>3</sup>, dan Mangan 0,2 mg/m<sup>3</sup>. *Hazard monitoring* ini dilakukan dengan melakukan *grab sampling* satu kali pada siang hari, di lokasi lingkungan kerja tenaga kerja terpajan, yang keseluruhan prosesnya berlangsung sejak 2 Januari - 6 Maret 2008.<sup>3</sup>

Inhalasi debu dari pajanan di tempat kerja, terutama di daerah tambang sangat erat kaitannya dengan masalah kesehatan seperti COPD (*Chronic Obstructive Pulmonary Disease*) dan gangguan pernapasan lainnya. Di lain pihak, diketahui bahwa bahaya bagi kesehatan manusia akibat pajanan nikel serta senyawa-senyawanya dibagi atas tiga bagian besar:<sup>4</sup>

- Alergi
- Rinitis, sinusitis, dan penyakit-penyakit pernapasan
- Kanker rongga hidung, paru, dan organ lainnya.

Di PT X, dari data 10 penyakit terbanyak di kalangan karyawan baik pada tahun 2007 maupun 2008 pada urutan teratas ditempati oleh *Acute Nasopharyngitis* (J00), dan pada urutan ketiga adalah *Acute pharyngitis* (J02) pada tahun 2007, dan *Acute upper respiratory tract infection, unspecified* (J06.9) pada tahun 2008.

Meski hasil pengukuran debu di atas semuanya berada di bawah NAB, tapi dengan banyaknya kasus yang berkaitan dengan saluran napas dan pada kenyataannya pekerja dalam banyak area kerja memang terpajan oleh debu, maka penulis ingin fokus pada

suatu masalah yakni mengevaluasi dan menganalisis nilai spirometri karyawan PT X dikaitkan dengan riwayat pekerjaan dan kebiasaan, dalam hal ini merokok. Hal ini didasari oleh suatu pemikiran bahwa gangguan saluran pernapasan dapat terjadi karena rangsang dari luar, dalam hal ini rangsang debu yang ada di lingkungan kerja, dan jika gangguan ini sering terjadi maka dapat berpengaruh pada nilai spirometri. Nilai spirometri ini dapat berguna untuk menilai status faal paru (dalam hal ini apakah normal, restriktif, obstruktif, atau campuran), menilai manfaat pengobatan, memantau perjalanan penyakit, menentukan prognosis, selain juga untuk menentukan toleransi tindakan bedah.<sup>5</sup> Aspek preventif nampak sekali dalam pemantauan spirometri seseorang, terlebih di suatu populasi dengan beragam pajanan inhalan seperti di lingkungan industri. Dari hasil evaluasi nilai spirometri ini diharapkan *health provider* bekerja sama dengan manajemen perusahaan dapat mengevaluasi langkah-langkah pencegahan penyakit akibat kerja dari pajanan hazard inhalasi secara lebih baik. Selain itu, mengingat evaluasi nilai spirometri ini dikaitkan juga dengan kebiasaan, maka dapat dilakukan langkah promotif dan preventif yang lebih intensif guna meningkatkan taraf kesehatan karyawan.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Umum**

Meningkatkan taraf kesehatan segenap karyawan PT X Indonesia, khususnya yang terpajan oleh debu nikel dan berbagai *hazard* inhalan di lingkungan kerja maupun dari lingkungan kehidupan dan kebiasaan sehari-hari.

#### **1.3.2 Tujuan Khusus**

- 1.3.2.1 Mengetahui hubungan antara latar belakang pekerjaan, dalam hal ini lama kerja, masa kerja, jenis pekerjaan, departemen tempatnya bekerja, dengan nilai spirometri karyawan.
- 1.3.2.2 Mengetahui hubungan antara kebiasaan merokok dengan nilai spirometri karyawan.



#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- 1.4.1 Untuk pekerja : didaptkannya informasi baru untuk menjadi dasar menerapkan kepatuhan memakai APD respirasi dan juga upaya untuk hidup lebih sehat dengan menghindari dan/atau berhenti merokok.
- 1.4.2 Untuk perusahaan : mendapatkan masukan untuk menjadi salah satu dasar mengevaluasi kebijakan K3 yang berkaitan dengan hazard inhalan di lingkungan kerja sehingga dapat diambil langkah-langkah preventif yang lebih baik jika ditemukan faktor-faktor yang membawa pada penurunan derajat kesehatan yang tercermin dari hasil spirometri.
- 1.4.3 Untuk institusi pendidikan : Menambah khazanah penelitian di bidang spirometri yang berkaitan dengan pekerja yang terpajan debu di area pertambangan.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Fungsi Paru

Setiap sel di dalam tubuh membutuhkan pasokan oksigen yang konstan dan kontinu untuk menghasilkan energi untuk bertumbuh, memperbaiki jaringan yang rusak, dan memelihara fungsi-fungsi vital. Oksigen harus dibawa ke dalam tubuh sebagai udara yang telah dibersihkan, didinginkan atau dipanaskan, dilembabkan, dan dihantarkan dalam jumlah yang cukup. Sistem respirasi merupakan perangkat utama dalam menghubungkan tubuh dengan pasokan oksigen yang vital ini. Sistem ini mencakup diafragma dan otot-otot dada, hidung dan mulut, *pharynx* dan *trachea*, *bronchial tree*, dan paru. Sistem kardiovaskular dan otak juga terlibat di sini.<sup>6</sup>

Dalam keadaan istirahat, orang normal bernapas dengan udara sekitar enam liter/menit. Aktivitas fisik yang berat dapat meningkatkan konsumsi udara ini sampai menjadi sekitar 75 liter/menit. Selama delapan jam kerja dengan aktivitas sedang, volume udara yang dipakai untuk pemapasan adalah sekitar 8,5 m<sup>3</sup>. Paru, dibandingkan dengan organ tubuh manapun, merupakan organ yang permukaannya paling besar terpajan oleh udara, dengan luas permukaan total sebesar 28 m<sup>2</sup> pada saat istirahat, dan mencapai luas 93 m<sup>2</sup> pada saat inspirasi dalam. Sistem respirasi ini rentan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh material toksik serta iritan-iritan yang terhirup karena luas permukaan paru yang terpajan oleh udara begitu besar dan di sisi lain kebutuhan tubuh akan oksigen juga begitu besar.<sup>6</sup>

Fungsi utama dari sistem respirasi ini adalah mengambil O<sub>2</sub> dari udara untuk keperluan sel-sel tubuh dan membuang CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sel-sel tubuh ke udara. Paru memegang peranan sangat penting untuk semua proses ini dimana udara bergerak masuk dan keluar sehingga terjadi pertukaran antara atmosfer dan alveoli paru. Hal ini terjadi dengan kerja mekanis yang disebut bernapas atau **ventilasi**. Kemudian, di sini terjadi pertukaran O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> antara udara di dalam alveoli dan darah di dalam kapiler-kepiler paru melalui proses **difusi**. Setelah proses difusi ini terjadi proses **perfusi** dimana darah mensuplai O<sub>2</sub>

ke jaringan dan mengambil CO<sub>2</sub> dari jaringan menuju ke paru. Selain fungsi-fungsi tadi, juga terdapat fungsi nonrespiratorik dimana sistem respirasi ini merupakan jalur penguapan air dan eliminasi panas. Selain itu sistem ini juga meningkatkan *venous return*, menjaga keseimbangan asam-basa dengan cara merubah jumlah ion H<sup>+</sup> dengan membangkitkan CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan, dan fungsi pertahanan terhadap benda asing.<sup>7</sup>

## 2.2 Debu

Debu adalah partikel padat yang rentang ukurannya antara kurang dari 1 µm sampai sekitar 100 µm, yang dapat terbawa angin, tergantung dari asalnya, karakteristik fisik, dan keadaan lingkungan. Beberapa contoh debu berbahaya di lingkungan kerja adalah:<sup>8</sup>

\* *mineral dusts* dari proses ekstraksi dan pemrosesan mineral (ini biasanya mengandung silika, yang khususnya berbahaya). Debu-debu mineral ini terjadi dari bongkahan batu yang mengalami proses penghancuran. *Mineral dust* merujuk pada *atmospheric aerosols* yang berasal dari suspensi bahan-bahan mineral seperti komponen-komponen tanah, yang tersusun dari berbagai senyawa oksida dan karbonat. Secara umum, debu ini terutama mengandung oksida-oksida seperti SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, dan lainnya, serta senyawa-senyawa karbonat seperti CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> seperti pada kerak bumi.<sup>9</sup>

\* *metallic dusts*, seperti *lead* dan *cadmium* serta senyawa-senyawanya;

\* debu-debu kimia lainnya, seperti *bulk chemicals* dan *pesticides*;

\* *vegetable dusts*, seperti dari kayu, terigu, kapas, teh, dan serbuk sari;

\* *biohazards*, misalnya *viable particles*, jamur dan spora.

Debu adalah partikulat padat yang terbawa angin yang ukurannya lebih besar daripada uap logam, biasanya berasal dari erosi mekanikal benda padat. Debu ini dapat memiliki berbagai efek biologis (misalnya efek toksik, efek fibrogenik, atau gabungannya); dan konsentrasi *airborne dust* ini dinyatakan dalam berat yakni (mg/in<sup>3</sup>) atau sebagai angka (jumlah partikel/cm<sup>3</sup>). Dari segi rentang ukuran partikel dan sifatnya, terdapat pula pembagian debu dalam beberapa jenis sebagai berikut:<sup>10, 11</sup>

(a) *fibrogenic dust*: debu mineral yang dapat menyebabkan meningkatnya jaringan ikat di paru dengan perubahan permanen pada struktur paru; peningkatan ini dapat bersifat noduler ataupun ireguler. Jenis debu fibrogenik yang paling umum adalah *free crystalline*

*silica* (*quartz* dan variasi-variasi *allotropic*-nya, dalam hal ini *tridymite* dan *crystalite*, yang lebih berbahaya daripada *quartz* itu sendiri) dan *asbestos*;<sup>10, 11</sup>

(b) *inert/nuisance dust*: debu yang tidak toksik dan juga tidak fibrogenik. Debu jenis ini dapat berkumpul di paru tanpa menyebabkan perubahan struktur, tapi jika terhirup dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan fungsi sistem pernapasan. *Nuisance dust*, atau *inert dust* ini, dapat didefinisikan sebagai debu yang mengandung kurang dari 1% *quartz*. Dikarenakan kandungan *silicates* yang rendah, *nuisance dust* hanya memiliki *adverse effect* yang kecil terhadap paru. Reaksi yang dapat ditimbulkannya potensial reversibel. Namun, konsentrasi yang berlebihan di tempat kerja dapat mengganggu jarak pandang (misalnya *iron oxide*), dapat menyebabkan gangguan pada mata karena deposit, pada *nasal passages* (misalnya *portland cement dust*), dan dapat menyebabkan cedera pada kulit dan mukosa akibat reaksi kimia atau mekanikal.<sup>10, 11</sup>

(c) *respirable dust*: partikel-partikel debu yang cukup kecil untuk menembus ke dalam hidung dan sistem pernapasan atas sampai ke dalam paru. Partikel-partikel yang masuk sampai saluran pernapasan biasanya sudah di luar kesanggupan mekanisme alami tubuh yakni *mucociliary clearance system* untuk segera mendorong partikel-partikel ini segera keluar. MSHA (*Mine Safety and Health Administration*) mendefinisikan *respirable dust* ini sebagai fraksi debu yang terbawa angin yang melewati suatu *size-selecting device*, yang memiliki karakteristik sebagai berikut:<sup>10</sup>

Tabel 1. Diameter aerodinamik *respirable dust*

Diameter aerodinamik ( $\mu\text{m}$ ) ( <i>unit density spheres</i> )	Percent passing selector
2,0	90
2,5	75
3,5	50
5,0	25
10,0	0

Dikutip dari (10)

(d) *inhalable dust*: menurut EPA debu jenis ini adalah fraksi ukuran debu yang masuk ke dalam tubuh tetapi terperangkap di hidung, tenggorokan, dan saluran napas atas. *Median aerodynamic diameter* debu ini adalah sekitar 10  $\mu\text{m}$ .

(e) *total dust*: semua debu yang terbawa angin (dalam hal ini tanpa memandang ukuran) yang terkumpul selama sampling; dan

(f) *toxic dust*: debu selain debu fibrogenik yang biasanya terdiri dari senyawa yang dapat larut atau dapat larut sebagian yang mampu menyebabkan efek akut maupun kronik yang membahayakan pada organ tertentu selain dari saluran napas.<sup>11</sup>

Banyaknya debu yang terjadi tergantung dari energi yang terlibat dalam proses penghancuran ini. Pergerakan udara di sekitarnya akan menyebarkan debu ini. Dan terinhalasinya partikel debu ini tergantung dari diameter aerodinamik, kecepatan pergerakan udara di sekitar, dan *breathing rate* seseorang. Bagaimana partikel-partikel ini kemudian berlanjut ke saluran napas sampai ke tempat-tempat yang berbeda di dalam paru, dan di mana cenderung untuk terdeposisi, tergantung pada *particle aerodynamic diameter*, *airway dimensions* dan pola pernafasan. Jika partikel bersifat *soluble* maka akan larut di manapun debu ini terdeposisi, dan komponen-komponennya kemudian mencapai aliran darah dan organ lainnya dan dapat menyebabkan penyakit. Contohnya pada beberapa racun-racun sistemik seperti timbal (Pb). Ada juga partikel-partikel yang tidak larut tapi menyebabkan reaksi lokal yang selanjutnya menyebabkan penyakit, dan dalam hal ini, tempatnya terdeposisi membuat perbedaan. Jika partikel terinhalasi relatif besar, misalnya 30  $\mu\text{m}$ , biasanya terdeposisi di hidung dan saluran napas atas. Partikel-partikel yang lebih halus dapat mencapai *gas-exchange region* di bagian paru yang lebih dalam, dimana mekanisme pembersihan lebih kurang efisien. Zat-zat tertentu, jika terdeposisi di tempat ini, dapat menyebabkan penyakit serius seperti debu *free crystalline silica* dapat menyebabkan *silicosis*. Makin kecil *aerodynamic diameternya*, makin besar kemungkinan partikel menembus ke dalam saluran napas. Partikel dengan *aerodynamic diameter* > 10  $\mu\text{m}$  cenderung tidak dapat mencapai *gas-exchange region* dari paru.<sup>8</sup>

*Particle aerodynamic diameters* akan menentukan apakah partikel debu tetap berada di udara atau berapa lama akan berada di udara, kecenderungannya terinhalasi, dan sampai

di mana akan masuk ke saluran napas dan terdeposisi. Konsentrasi debu di udara dan diameter aerodinamik partikel akan menentukan jumlah material yang terdeposisi, dan ini menentukan dosis yang diterima pada *critical site*. Zat-zat yang sangat mudah larut dapat diserap dari semua bagian saluran pernapasan. Untuk partikel-partikel insolubel, tempat deposisi pada saluran napas adalah sangat penting, yang artinya sifat-sifat aerodinamis dari partikel, bentuk (*fibres*), dimensi saluran nafas, dan pola pernapasan adalah relevan.<sup>8</sup> Efek-efek bagi kesehatan yang timbul dari pajanan debu, misalnya *pneumoconioses*, *cancer*, *systemic poisoning*, *hard metal disease*, iritasi dan *inflammatory lung injuries*, respon-respon alergi (termasuk *asthma* dan *extrinsic allergic alveolitis*), infeksi, dan efek pada kulit dapat menjadi jelas atau nyata hanya setelah pajanan jangka panjang; misalnya pada kasus *pneumoconioses*. Dapat terjadi efek timbul bahkan setelah pajanan berhenti, sehingga dapat diambil kesimpulan yang salah bahwa ini adalah *non-occupational conditions*. Sebagai contoh, *mesothelioma* akibat pajanan *crocidolite* timbul setelah periode laten selama 40 tahun atau lebih semenjak awal pajanan. Namun demikian, banyak efek debu timbul dari pajanan yang lebih pendek pada konsentrasi-konsentrasi yang lebih tinggi.<sup>8</sup>

Debu merupakan salah satu faktor dari pajanan lingkungan yang menyebabkan PPOK selain merokok. Adapun peran jenis kelamin sebagai faktor risiko untuk PPOK masih belum jelas. Di masa lalu, sebagian besar studi memperlihatkan bahwa prevalensi dan mortalitas PPOK lebih besar di kalangan pria dibandingkan pada wanita. Banyak studi terbaru dari negara-negara maju memperlihatkan bahwa prevalensi penyakit ini hampir sama pada kedua jenis kelamin, yang mungkin mencerminkan perubahan pola konsumsi rokok. Beberapa studi memperlihatkan bahwa wanita lebih rentan terhadap efek rokok dibandingkan dengan pria.<sup>12</sup> Pada penelitian yang dilakukan untuk menilai hubungan antara pajanan debu di tempat kerja dengan PPOK (tiga *cohort* dari pekerja tambang batubara dan satu *cohort* dari pekerja tambang emas) Oxman dkk menemukan bahwa semua studi ini menemukan hubungan yang bermakna secara statistik antara penurunan fungsi paru dengan pajanan kumulatif debu. Risiko penurunan fungsi paru yang bermakna ini yang dihubungkan dengan penambang emas yang bukan perokok diestimasi lebih besar tiga kali dibandingkan penambang batubara pada nilai kurang dari 1/5 dari

*cumulative respirable dust exposure* (21.3 gh/m<sup>3</sup>), pajanan maksimal yang diamati pada cohort penambang emas. Mereka menyimpulkan bahwa *occupational dust* merupakan penyebab COPD yang penting, dan risiko nampaknya lebih besar di kalangan penambang emas dibandingkan dengan penambang batubara. Satu penjelasan yang mungkin adalah kandungan silika yang lebih besar pada debu tambang emas.<sup>13</sup>

Pada penelitian di sebuah pengecoran besi, perusahaan pembotolan *soft drink*, dan perusahaan pemasok (*cross sectional prospective study*), Gomes dkk menemukan bahwa pajanan terhadap *respirable dust* konsentrasi tinggi pada pengecoran besi merupakan *significant predictor*. Para pekerja yang bekerja pada daerah-daerah dengan pajanan tinggi (*general works, furnace, continuous casting areas, dan fabrication workshop*) nilai fungsi parunya lebih rendah dibandingkan dengan para pekerja yang bekerja di tempat-tempat dengan pajanan debu sedang atau rendah. Pada penelitian itu juga disimpulkan bahwa merokok tidak meningkatkan efek pajanan debu terhadap fungsi paru. Selain itu, jenis pekerjaan juga merupakan *significant predictor* bagi fungsi paru.<sup>14</sup>

Dalam aspek patologi, *alveolar macrophages* (AM) yang merupakan kelompok sel fagosit merupakan mekanisme pertahanan utama terhadap polutan yang dihirup ke sistem pernapasan. *Alveolar macrophages* ini menelan *pollutants* dan mencoba menyingkirkannya. Ditemukannya sejumlah besar *alveolar macrophages* pada *deep sputum* mengindikasikan pajanan polusi partikulat yang tinggi pada sebuah survey yang dilakukan oleh Chitranjan Cancer Research Institute, Kolkata, pada 1310 individu dari Kolkata dan 200 orang dari pedalaman West Bengal terhadap polusi partikulat yang tinggi di udara. Didapatkan jumlah AM yang tinggi (10-40 atau lebih AM/lpb) pada lebih dari 90% penduduk kota yang merokok dibandingkan dengan 60% pada nonperokok. AM juga memperlihatkan hubungan langsung dengan derajat pajanan polusi udara kota. Orang-orang yang terpajan emisi kendaraan yang intens seperti Polantas, pengemudi, pekerja bengkel, dan pedagang kaki lima memiliki *mean value* sebesar 27.7AM/lpb dibandingkan dengan 18.3 AM/lpb pada pekerja-pekerja kantor, ibu-ibu rumah tangga, dan para pelajar yang relatif kurang terpajan. Jumlah AM pada sputum nampaknya merupakan petanda biologik yang bagus untuk efek polusi pada jalan napas.<sup>15</sup>

### 2.3 Nikel dan debu nikel

Nikel merupakan unsur yang membentuk sampai 0.008% kerak bumi. Dalam literatur lain dikemukakan bahwa inti bumi terdiri atas 6% nikel. Dalam inti bumi ini, nikel jumlahnya berlimpah, berada di urutan ke-5 elemen terbanyak setelah besi, oksigen, silikon, dan magnesium. Nikel yang bercampur dengan elemen lainnya muncul secara alamiah di kerak bumi. Logam ini ditemukan pada semua jenis tanah, dan juga dikeluarkan pada letusan gunung berapi. Nikel menempati urutan ke-24 elemen yang paling berlimpah jumlahnya.<sup>2</sup>

Di lingkungan sekitar, nikel terutama ditemukan bercampur dengan oksigen atau sulfur sebagai senyawa-senyawa oksida atau sulfida. Nikel juga ditemukan pada meteorit-meteorit dari ruang angkasa dan pada dasar laut dalam ongkongan-ongkongan mineral yang disebut *sea floor nodules*. Terdapat bentuk yang disebut *soluble nickel salts* yang mencakup *nickel chloride*, *nickel sulfate*, dan *nickel nitrate*. Dua kelompok bijih nikel yang penting adalah:<sup>16</sup>

1. **Laterites:** merupakan bijih oksida atau silikat oksida atau bijih silikat seperti *garnierite*,  $(\text{Ni, Mg})_6 \text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  yang terutama ditemukan di daerah tropis seperti New Caledonia, Cuba dan Queensland.
2. **Sulphides:** ini merupakan bijih nikel seperti *pentlandite*, yang mengandung sekitar 1.5% nikel, nikel yang berikatan dengan tembaga, kobalt dan logam-logam lainnya. Jenis ini terutama ditemukan di daerah-daerah beriklim sedang seperti Canada, Russia dan South Africa.

Nikel yang diproduksi salah satu produsen nikel terbesar di dunia yang ada di Indonesia ini adalah berupa nikel *matte*. Logam putih keabu-abuan yang dihasilkan dari produk *matte* produsen ini, disebut sebagai nikel “primer” karena memang berasal dari bijih nikel. *Matte* merupakan produk setengah jadi yang diproses dari bijih *laterite* di fasilitas pertambangan dan pengolahan terpadu. Adapun *laterite* ini adalah tanah merah yang terdiri dari tanah liat yang kaya dengan kandungan nikel, sebagai bahan untuk membuat bijih nikel. *Laterite* juga mengandung banyak besi, magnesium dan kobalt. *Laterite* merupakan hasil dari proses laterisasi batu yang terbentuk oleh panas, *peridotite*. *Laterite* terdiri dari dua lapisan, lapisan bawah yang mengandung *saprolite* dan lapisan di atasnya yang mengandung *limonite*.<sup>1</sup>



Nikel dilepaskan ke atmosfer selama proses penambangan nikel dan oleh industri-industri yang membuat atau menggunakan nikel, campuran logam nikel atau senyawa-senyawa nikel. Industri-industri ini juga dapat melepaskan nikel ke air. Selain itu, nikel juga dilepaskan ke udara akibat pembakaran minyak pada pembangkit-pembangkit listrik, pembangkit listrik yang berbahan-bakar batubara, dan pembakaran-pembakaran sampah/*trash incinerators*. Sejumlah kecil nikel terdapat pada minyak dan batubara. Ketika bahan bakar ini dibakar pada pembangkit listrik yang menggunakannya, nikel dilepaskan dan membentuk senyawa seperti nikel oksida, nikel sulfat, nikel klorida, dan nikel sulfida. Sebagian besar nikel ini terbawa oleh partikel debu. Nikel masuk ke dalam air dan tanah sebagai akibat dari proses cuaca alami serta erosi bahan-bahan geologik. Nikel juga dilepaskan ke lingkungan sekitar sebagai akibat dari aktivitas manusia termasuk pertambangan, peleburan, pemurnian, pembuatan logam campuran, pelapisan logam, pembakaran bahan bakar, dan pembakaran sampah.<sup>2</sup>

## KARAKTERISTIK

Karakteristik dari nikel ini (nomor atom 28, berat atom 58.71 g/mol, *CAS Registry ID*: 7440-02-0, *Group number*: 10, *Period number*: 4, *Standard state*: padat pada suhu 298<sup>o</sup>K (24,85<sup>o</sup>C), seri: logam transisi) adalah dapat dibentuk sampai menjadi lembaran yang sangat tipis (*malleable*), tahan karat, tahan suhu yang ekstrim. Nikel murni merupakan logam yang keras, berwarna putih keperakan, yang memiliki sifat-sifat yang cocok dicampurkan dengan logam-logam lainnya untuk membentuk campuran logam/*alloys* misalnya dengan besi, tembaga, krom, dan seng. Campuran-campuran logam ini digunakan dalam pembuatan koin-koin logam, perhiasan, dan dalam industri-industri untuk membuat benda-benda seperti katup-katup dan *heat exchangers*. Terdapat pula senyawa-senyawa yang mengandung nikel yang dikombinasikan dengan elemen-elemen lain seperti klorin, sulfur, dan oksigen. Banyak dari senyawa nikel ini yang dapat larut di air/*water soluble* dan berwarna hijau.<sup>2,16</sup>

Nikel dan senyawa-senyawanya tidak berbau dan tidak berasa. Karena sifat kimiawinya, nikel juga digunakan sebagai katalis pada reaksi-reaksi kimia. *Soluble nickel salts* mencakup *nickel chloride*, *nickel sulfate*, dan *nickel nitrate*. *nickel carbonyl*, suatu bentuk yang sangat tidak stabil, tidak ditemukan secara alami dan mengalami dekomposisi secara cepat. Nikel karbonil ini  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ , merupakan gas yang sangat toksik dan pajanan tidak boleh melebihi  $0.007 \text{ mg M}^{-3}$ . Dalam bentuk metaliknya, nikel secara kimiawi tidak reaktif. Nikel tidak larut pada air dingin dan panas serta amonia dan tidak terpengaruh asam nitrat pekat serta alkali. Tapi nikel ini dapat larut pada asam nitrat encer dan sedikit larut pada asam sulfurik dan asam klorida encer.<sup>2,16</sup>

Nikel, kobalt, dan besi merupakan tiga elemen yang bersifat *ferro-magnetic*. Dari ketiganya, nikel yang paling kecil sifat *ferro-magnetic-nya*. Jika ketiga logam ini dipadukan, tercipta sifat magnet kuat yang tidak biasa. Campuran logam ini menghantarkan panas dan listrik cukup baik, tapi tidak sebaik sifat konduktor perak murni atau tembaga.<sup>17</sup> Klasifikasi karsinogenik *International Agency for Research on Cancer* (IARC):<sup>2</sup>

- *Nickel and Nickel Compounds - Group 1, carcinogenic to humans*
- *Metallic Nickel - Group 2B, possibly carcinogenic to humans.*

## SENYAWA-SENYAWA NIKEL

Nikel dikenal terutama karena senyawa-senyawa *divalentnya* karena keadaan oksidasi terpenting dari elemen ini adalah +2. Namun terdapat pula senyawa-senyawa tertentu dimana keadaan oksidasi logamnya antara -1 sampai +4. Biru dan hijau adalah warna-warna khas senyawa nikel dan senyawa-senyawa ini sering mengalami hidrasi. Nikel hidroksida biasanya nampak sebagai kristal-kristal hijau yang dapat dipresipitasi jika ditambahkan *aqueous alkali* pada larutan garam nikel (II). Ini tidak dapat larut dalam air tapi segera larut dalam asam dan amonium hidroksida. Nikel oksida merupakan bubuk hijau solid yang menjadi kuning pada pemanasan. Nikel oksida segera larut dalam asam tapi tak larut pada air panas dan air dingin. Dekomposisi termal dari  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NiCO}_3$ , atau  $\text{NiNO}_3$  menghasilkan  $\text{NiO}$ . Nikel sulfida terdiri atas  $\text{NiS}_2$ , yang memiliki struktur

*pyrite*, dan  $Ni_3S_4$ , yang berstruktur spinal. Senyawa-senyawa ini biasanya berwarna kuning sampai coklat gelap. Preparasinya dapat langsung dilakukan dari elemen-elemennya kecuali  $NiF_2$ , yang paling baik dibuat dari reaksi  $F_2$  pada  $NiCl_2$  pada suhu  $350^\circ C$ . Sebagian besar dapat larut dalam air dan kristalisasi heksahidrat yang mengandung ion  $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$  dapat diperoleh. Namun  $NiF_2$  hanya sedikit larut dalam air. Satu-satunya nikel trihalida yang ada adalah spesimen tak murni adalah  $NiF_3$ .<sup>16</sup>

*Nickel carbonate* biasanya ditemukan sebagai kristalin padat hijau muda atau serbuk berwarna coklat. Senyawa ini larut dalam amonia dan asam encer tapi tak larut pada air panas. Senyawa ini memperlihatkan reaksi yang hebat dengan *iodine*, *hydrogen sulphide*, atau campuran barium oksida dan udara. Nikel karbonat ini mengalami dekomposisi pada pemanasan sebelum meleleh. *Nickel carbonyl* tidak berwarna, cair, mudah menguap, larut dalam alkohol, benzene, dan asam nitrat tapi hanya sedikit larut dalam air, dan tak larut pada asam encer dan alkali encer. Pada pemanasan atau kontak dengan asam atau uap asam, *nickel carbonyl* mengeluarkan gas CO yang beracun, sifat yang dimanfaatkan pada preparasi logam nikel. Jika terpajan panas atau nyala api senyawa ini meledak dan dapat bereaksi hebat dengan udara, oksigen, dan *bromine*. Identifikasi senyawa-senyawa nikel dapat dilakukan dengan menggunakan reagen organik *dimethylglyoxine*. Senyawa ini membentuk suatu *flocculent precipitate* berwarna merah pada penambahan ke larutan senyawa nikel. *Nickel carbonyl* ini terutama digunakan sebagai bahan *intermediate* pada *Mond process* untuk pemurnian nikel, juga digunakan untuk proses *vapour-plating* pada industri-industri metalurgi maupun industri-industri elektronik dan sebagai katalis untuk sintesis monomer-monomer akrilik pada industri plastik.<sup>16</sup>

#### KEGUNAAN dan PRODUK-PRODUK NIKEL

Produsen-produsen nikel dunia menjual nikel dalam berbagai bentuk: lembaran, bubuk, pellet, batangan, dan sebagainya, kepada pembeli. Sekitar 85% nikel ini digunakan dalam kombinasi dengan logam-logam lain untuk membuat campuran logam yang memiliki sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang berbeda dari sifat unsur-unsur logamnya tersendiri. Campuran logam yang mengandung nikel mencakup ratusan jenis *stainless*

*steels*, ratusan jenis *nickel alloys*, banyak macam *alloy steels*, dan sedikit *copper-nickel alloys*. Sekitar 65% nikel dipakai untuk membuat *stainless steel*, dengan kelas yang paling umum mengandung 8% sampai 12% nikel. *Stainless steels* sendiri terbagi atas beberapa kategori tergantung dari struktur metalurginya serta komposisi kimiawinya yakni: *Ferritic*, *Martensitic*, *Austenitic*, *Austenitic-ferritic (Duplex)*, dan *Precipitation-hardening steels*.<sup>18</sup>

Produk-produk yang mengandung nikel memungkinkan kita mencapai kualitas hidup yang lebih tinggi dalam banyak aspek, di antaranya termasuk pemrosesan, penyimpanan dan penyiapan bahan makanan dan minuman; penyediaan air minum; bangunan-bangunan yang menarik, aman dan tahan lama; energi berbiaya rendah dan bersih; produksi bahan-bahan kimia yang aman dan efisien; transportasi yang aman dan berbiaya rendah; serta komunikasi dan barang-barang elektronik yang dapat diandalkan.<sup>19</sup>

Dalam kehidupan modern, *stationary gas turbines* digunakan untuk pembangkitan tenaga yang fleksibel. Efisiensi energi meningkat seiring meningkatnya suhu operasional turbin; sehingga yang dibutuhkan adalah campuran logam berbasis-nikel yang mampu bekerja dengan baik pada suhu tinggi dalam waktu yang lama. Beberapa sirip di turbin ini bekerja pada suhu di atas 650°C. Campuran logam khusus berbasis-nikel juga digunakan untuk membuat bagian-bagian penting turbin yang bersuhu panas pada mesin-mesin pesawat jet. Penggunaan *nickel-containing stainless steels* mengalami peningkatan dalam pembuatan gerbong-gerbong kereta. Ini memberi manfaat dalam sisi desain dengan struktur yang ringan tapi kuat dan tahan benturan sehingga juga bernilai tinggi dalam aspek keselamatan. Sifat tahan karat juga membawa keuntungan desain yang menarik dan biaya pemeliharaan yang rendah. Di bidang otomotif, Toyota Prius ini merupakan suatu jenis *breed of automobiles* yang dinamakan "*hybrids*" yang bermakna memadukan mesin konvensional efisien dengan suatu *rechargeable nickel-containing battery*. *Hybrids* menghasilkan emisi yang jauh lebih rendah dan efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan dengan kendaraan-kendaraan konvensional. Dalam bidang elektronika, *compact discs (CD)* dibuat dengan menggunakan cetakan yang disebut *electroformed nickel moulds*. *Electroforming* adalah suatu proses pelapisan nikel khusus yang

memungkinkan replikasi akurat bentuk-bentuk dan permukaan yang rumit tanpa kerusakan pada benda aslinya. *Complex moulds* dibuat di dalam nikel secara *electroforming* dan kemudian digunakan untuk mereplikasi berbagai produk teknologi berpresisi-tinggi untuk industri elektronika. *Nickel electroforming* juga digunakan untuk membuat filter-filter dan layar-layar cetak khusus.<sup>19</sup>

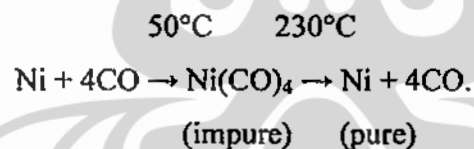
*Nickel stainless steel* telah lama dikenal sebagai pilihan paling populer untuk alat-alat masak berkualitas tinggi. Selain karena tampak indah dan bersih, alat-alat masak *stainless steel* ini kuat dan tahan lama. Selain itu, *stainless steel* telah lama dipilih dan lebih disukai untuk bahan-bahan *kitchen sinks* serta bagian dalam dari mesin pencuci piring serta mesin cuci. Selain penggunaannya di dalam rumah, *stainless steels* sangat luas penggunaannya di restoran-restoran, industri catering, serta industri-industri pengolahan makanan dan minuman. Untuk perkakas kamar mandi dan dapur berkualitas tinggi, bahan yang paling banyak dipakai adalah kuningan yang dilapisi nikel, biasanya dengan lapisan krom yang tipis.<sup>19</sup>

Di bidang kedokteran, kita mengenal *stents*, yang merupakan tube jaring kecil untuk membuka sumbatan pada suatu pembuluh di dalam tubuh akibat kerusakan pembuluh itu atau penyumbatan. *Stents* ini terbuat dari campuran logam khusus (nikel+titanium) yang dinamakan "*memory alloy*". Stent ini mula-mula dituntun melalui sebuah kateter masuk ke suatu arteri yang rusak. Panas tubuh kemudian memungkinkan stent ini kembali ke bentuk aslinya sehingga mampu membuka arteri secara menetap. *Stainless steels* dan logam campuran mengandung nikel lainnya digunakan secara luas dalam bidang kedokteran karena sifat-sifatnya yang tahan karat, kuat, higienis, dan tahan lama.<sup>19</sup>

Sebagian besar nikel digunakan untuk membuat baja tahan karat/*stainless steel*. Senyawa-senyawa nikel digunakan pada pelapisan nikel, mewarnai keramik, pembuatan baterai, pembuatan kawat-kawat tahan karat nikel-krom, *electroplating*, pembuatan koin/uang logam, pengelasan pada industri-industri, busi, bagian-bagian mesin, dan sebagai katalis. Nikel karbonil hanya digunakan pada pemurnian nikel.<sup>2</sup>

## PENGOLAHAN NIKEL PADA INDUSTRI PERTAMBANGAN

Pada tahun 1899, Ludwig Mond mengembangkan suatu proses untuk mengekstraksi dan memurnikan nikel. Proses ini, yang dinamakan "*Mond Process*" merupakan proses konversi dari *nickel oxides* ke logam nikel murni. Oksida ini diperoleh dari bijih nikel melalui suatu rangkaian proses termasuk konsentrasi, pemanggangan, dan peleburan mineral-mineral. Pada langkah pertama dari proses ini, *nickel oxide* direaksikan dengan *water gas*, suatu campuran H<sub>2</sub> dan CO, pada tekanan atmosfer dan suhu 50°C. Oksida ini kemudian direduksi menjadi nikel tidak murni. Reaksi dari material tidak murni ini dengan CO residual menciptakan senyawa toksik dan mudah menguap yakni *nickel tetracarbonyl*, Ni(CO)<sub>4</sub>. Senyawa ini mengalami dekomposisi pada pemanasan sekitar 230°C untuk menghasilkan logam nikel murni dan CO, yang kemudian dapat didaur ulang. Suhu dan tekanan yang sebenarnya digunakan dalam proses ini dapat sedikit bervariasi dari suatu pabrik pengolahan dengan pabrik pengolahan yang lain. Namun proses dasarnya sama bagi semua pabrik pengolahan. Proses ini dapat diringkas sebagai berikut.<sup>16</sup>



Nikel primer dihasilkan dari dua jenis bijih yang berbeda, *lateritic* dan *sulfidic*. Bijih *lateritic* biasanya ditemukan pada daerah bersuhu tropis dimana proses cuaca bersama waktu menyebabkan terjadinya ekstraksi dan deposisi bijih pada lapisan-lapisan kerak bumi di kedalaman yang berbeda-beda di bawah permukaan tanah. Bijih *lateritic* ini diangkat ke permukaan dengan alat-alat berat (*earth-moving equipment*) dan kemudian disaring untuk memisahkannya dengan bongkahan-bongkahan batu. Adapun bijih *sulfidic*, biasanya ditemukan dalam bentuk berikatan dengan *copper-bearing ores* (bijih yang mengandung tembaga), ditambang dari dalam tanah. Berikut adalah deskripsi tahap-tahap proses yang dilakukan untuk kedua jenis bijih tadi.<sup>1</sup>

### ***Lateritic Ore Processing***

Bijih *lateritic* memiliki persentase kelembaban bebas (*free moisture*) dan kelembaban padu (*combined moisture*) yang tinggi, yang harus dihilangkan. Proses pengeringan menghilangkan kelembaban bebas; air yang terikat secara kimiawi dikeluarkan dengan pembakaran pada *reduction furnace*, yang juga mereduksi nikel oksida. Bijih *lateritic* tidak memiliki nilai bahan bakar yang bermakna, dan diperlukan suatu *electric furnace* untuk mendapatkan suhu yang tinggi yang diperlukan untuk mengakomodasi kandungan magnesia bijih yang tinggi. Beberapa peleburan laterit menambahkan belerang ke dalam *furnace* (tungku pembakaran) untuk menghasilkan *matte* untuk pengolahan. Sebagian besar pengolah nikel laterit mengoperasikan tungku-tungku pembakaran ini sedemikian rupa untuk mereduksi kandungan besi secukupnya untuk menghasilkan produk-produk feronikel. Proses-proses hidrometalurgi berbasis *ammonia* atau *sulfuric acid leach* juga digunakan. *Ammonia leach* biasanya diterapkan pada bijih setelah tahapan *reduction roast*.<sup>20</sup>

### ***Sulfidic Ore Processing***

Suatu proses yang disebut *Flash smelting* merupakan proses yang umum dijumpai dalam teknologi modern, tapi *electric smelting* digunakan untuk bahan-bahan mentah yang lebih kompleks jika yang dibutuhkan adalah fleksibilitas yang tinggi. Kedua proses ini menggunakan *dried concentrates*. Proses-proses peleburan nikel yang lebih tua, misalnya *blast furnace* atau *reverberatory furnace* tidak dapat lagi diterima karena efisiensi energi yang rendah dan pertimbangan-pertimbangan lingkungan. Pada *flash smelting*, bijih sulfida kering yang mengandung kelembaban kurang dari 1% dimasukkan ke dalam *furnace* bersama dengan udara yang telah dipanaskan, udara yang diperkaya oksigen (30–40% oksigen), atau oksigen murni. Besi dan belerang dioksidasi. Panas yang timbul dari reaksi-reaksi eksoterm cukup untuk melebur konsentrat ini, menghasilkan suatu yang disebut *liquid matte* (mengandung sampai 45% nikel) dan *fluid slag*. *Matte* pada tungku pembakaran ini (*furnace matte*) masih mengandung besi dan sulfur, dan kedua unsur ini dioksidasi di dalam tahap konversi menjadi *sulfur dioxide* dan *iron oxide* dengan menginjeksi udara atau oksigen ke dalam *molten bath*. Oksida-oksida membentuk apa yang disebut *slag* (terak), yang kemudian mengalami proses yang disebut *skimmed off*.

Slag kemudian diproses pada sebuah *electric furnace* untuk mengambil kembali nikelnya sebelum dibuang. Gas-gas yang dipakai dalam proses ini didinginkan, dan partikulat-partikulat dibersihkan dengan memakai *gas-cleaning devices*.<sup>20</sup>

### *Nickel Refining*

Beragam proses digunakan dalam pemurnian *nickel matte*. Proses-proses yang disebut *fluid bed roasting* dan *chlorine-hydrogen reduction* menghasilkan oksida-oksida nikel kualitas tinggi (kandungan nikel > 95%). Proses-proses uap seperti proses karbonil dapat digunakan untuk menghasilkan *high-purity nickel pellets*. Pada proses-proses ini, tembaga dan logam-logam bernilai tinggal sebagai *pyrophoric residue* yang memerlukan penanganan terpisah. Penggunaan sel-sel elektrik yang dilengkapi dengan *inert cathodes* merupakan teknologi yang paling umum untuk pemurnian nikel. Adapun proses yang disebut *electrowinning*, dimana nikel dikeluarkan dari larutan di dalam sel-sel yang dilengkapi dengan *inert anodes*, merupakan proses pemurnian yang lebih lazim. Larutan *sulfuric acid* dan yang lebih jarang, elektrolit-elektrolit klorida digunakan dalam proses ini.<sup>20</sup>

Endapan nikel laterit di Sulawesi Selatan terbentuk karena proses pelapukan dari batuan ultramafik yang terbentang dalam suatu singkapan tunggal terbesar di dunia seluas lebih dari 120 km x 60 km. Sejumlah endapan lainnya tersebar di provinsi Sulawesi Tengah dan Tenggara. Operasi penambangan nikel PT X di Sulawesi digolongkan sebagai tambang terbuka dengan tahapan sebagai berikut:<sup>21</sup>

- **Pemboran**, dilakukan pada jarak spasi 25 - 50 meter untuk mengambil sampel batuan dan tanah guna mendapatkan gambaran kandungan nikel yang terdapat di wilayah tersebut.
- **Pembersihan dan pengupasan**. Lapisan tanah penutup setebal 10– 20 meter yang kemudian dibuang di tempat tertentu ataupun dipakai langsung untuk menutupi suatu wilayah purna tambang.
- **Penggalian**. Lapisan bijih nikel yang berkadar tinggi setebal 5-10 meter digali dan dibawa ke stasiun penyaringan.



- **Pemisahan** bijih di stasiun penyaringan berdasarkan ukurannya. Produk akhir hasil penyaringan bijih tipe Timur adalah -6 inci, sedangkan produk akhir bijih tipe Barat adalah - 4/-2 inci.
- **Penyimpanan.** Bijih yang telah disaring disimpan di suatu tempat tertentu untuk pengurangan kadar air secara alami, sebelum dikonsumsi untuk proses pengeringan dan penyaringan ulang di pabrik.
- **Penghijauan.** Lahan-lahan purna tambang ditanami dan dihijaukan kembali. Dengan metode *open cast mining* yang dilakukan sekarang, dimana material dari daerah bukaan baru, dibawa dan dibuang ke daerah purna tambang, untuk selanjutnya dilakukan *landscaping*, pelapisan dengan lapisan tanah pucuk, pekerjaan terasering dan pengelolaan drainase sebelum proses penghijauan/penanaman ulang dilakukan.

Pabrik pengolahan PT X di Sulawesi mempunyai kapasitas produksi 72.500 ton nikel setahun. Proses pengolahan dilakukan untuk menghasilkan nikel *matte* yaitu produk dengan kadar nikel di atas 75 persen. Tahap-tahap utama dalam proses pengolahan adalah sebagai berikut:<sup>22</sup>

- **Pengeringan di Tanur Pengeriing**, bertujuan untuk menurunkan kadar air bijih laterit yang dipasok dari bagian Tambang dan memisahkan bijih yang berukuran +25 mm dan - 25 mm.
- **Kalsinasi dan Reduksi di Tanur Pereduksi** untuk menghilangkan kandungan air di dalam bijih, mereduksi sebagian nikel oksida menjadi nikel logam, dan sulfidasi.
- **Peleburan di Tanur Listrik** untuk melebur kalsin hasil kalsinasi/reduksi sehingga terbentuk fasa lelehan *matte* dan terak (*slag*).
- **Pengkayaan di Tanur Pemurni** untuk menaikkan kadar Ni di dalam *matte* dari sekitar 27 persen menjadi di atas 75 persen.
- **Granulasi dan Pengemasan** untuk mengubah bentuk *matte* dari logam cair menjadi butiran-butiran yang siap diekspor setelah dikeringkan dan dikemas.

Nikel dapat masuk ke tubuh manusia ketika bernafas dengan udara yang mengandung nikel, atau minum/makan makanan yang mengandung nikel, atau kulit kontak dengan nikel. Jika menghirup udara yang mengandung nikel, nikel yang terhirup ini sampai ke paru dan masuk ke darah tergantung dari ukuran partikel nikel yang terhirup. Jika nikel mudah larut dan ukurannya sangat kecil sehingga mencapai alveoli, ini akan mudah diserap ke dalam darah. Jika partikel tidak mudah larut dalam air, nikel ini dapat tetap tinggal di paru dalam waktu yang lama. Beberapa partikel ini dapat meninggalkan paru dengan bantuan *mucus* yang didorong keluar tubuh dan diludahkan atau tertelan masuk ke saluran cerna. Sejumlah kecil nikel dapat masuk ke aliran darah melalui kontak kulit. Setelah masuk ke dalam tubuh, nikel dapat menyebar ke berbagai organ, tapi terutama ke ginjal. Nikel yang masuk ke aliran darah ini dibuang melalui urin. Setelah nikel tertelan saat makan, sejumlah besar dari nikel ini akan segera dibuang melalui feces, dan sejumlah kecil yang masuk ke aliran darah dibuang melalui urin.<sup>2</sup>

#### BAHAYA dan TOKSIKOLOGI NIKEL

Bahaya bagi kesehatan manusia akibat pajanan nikel serta senyawa-senyawanya biasanya dibagi atas tiga bagian besar:

1. Alergi
2. Rinitis, sinusitis, dan penyakit-penyakit pernapasan
3. Kanker rongga hidung, paru, dan organ lainnya.

Khusus mengenai nikel karbonil, pajanan akut dan aksidental dengan terjadinya inhalasi nikel karbonil ini biasanya menyebabkan gejala-gejala ringan seketika, termasuk di antaranya nausea, vertigo, sakit kepala, susah bernapas dan sakit dada. Gejala-gejala awal ini biasanya hilang dalam beberapa jam. Setelah 12 sampai 36 jam, dan kadang sampai 5 hari setelah pajanan, muncul gejala-gejala pulmoner yang berat dengan batuk, *dyspnoe*, *tachycardia*, *cyanosis*, kelemahan yang berat, dan sering pula dengan gejala-gejala gastrointestinal. Kematian manusia pernah terjadi dalam 4-13 hari setelah pajanan nikel karbonil yang diakibatkan oleh *diffuse interstitial pneumonitis*, perdarahan serebral maupun udem serebral. Selain lesi-lesi patologik di paru dan otak, lesi juga ditemukan di hepar, ginjal, adrenal, dan limpa. Pada pasien-pasien yang selamat dari keracunan akut

nikel karbonil, insufisiensi pulmoner sering menyebabkan proses pemulihan berlangsung lambat dan berlarut-larut. Nikel karbonil ini bersifat karsinogenik dan teratogenik pada tikus, dan oleh Uni Eropa diklasifikasikan sebagai teratogen binatang.<sup>2,4,23</sup>

Proses-proses yang menggunakan nikel karbonil berpotensi menimbulkan bahaya, karena dapat terjadi kebakaran dan ledakan jika nikel karbonil terpajan oleh udara, panas, api, atau *oxydizers*. Dekomposisi nikel karbonil disertai dengan bahaya toksik tambahan jika terjadi inhalasi produk-produk dekomposisi, CO, dan partikulat logam nikel yang halus. Paparan kronik melalui inhalasi nikel karbonil dengan konsentrasi atmosferik yang rendah (0.007 sampai 0.52 mg/m<sup>3</sup>) dapat menyebabkan gejala-gejala neurologis seperti insomnia, sakit kepala, pusing, dan *memory loss* serta manifestasi-manifestasi lainnya seperti dada terasa sesak, banyak berkeringat, serta *alopecia*. Kelainan EEG dan peningkatan aktivitas MAO (*monoamine oxydase*) serum tampak pada pekerja-pekerja yang mengalami paparan kronik nikel karbonil. Efek sinergistik merokok dan paparan nikel karbonil pada frekuensi terjadinya perubahan-perubahan *sister-chromatid* terlihat pada suatu evaluasi sitogenik pekerja-pekerja yang mengalami paparan kronik.<sup>2,4</sup>

Kembali ke unsur nikel, efek pada kesehatan secara lebih detail dideskripsikan sebagai berikut :

### **Reaksi-reaksi hipersensitivitas**

**Asma.** Meski *nickel-related asthma* jarang ditemukan, laporan-laporan kasus periodik dan *case series studies* dalam konteks pekerjaan telah didokumentasikan sejak 1973 (misalnya oleh McConnell *et al*, 1973; Dolovich *et al*, 1984; Malo *et al*, 1985; Nieboer *et al*, 1988; Shirakawa *et al*, 1992).<sup>2</sup>

**Dermatitis alergik.** Studi-studi di berbagai penjuru dunia memperlihatkan prevalensi yang agak seragam yakni 7-10% pada wanita dan 1-2% pada laki-laki (Maibach dan Menné, 1989). Pada klinik-klinik dermatologi, 10-20% wanita bereaksi terhadap nikel, sedangkan pria sebanyak 2-10%. Dermatitis kontak primer memiliki prognosis yang bagus meski paparan yang berlanjut dapat menyebabkan

bentuk-bentuk dermatitis kronik yang juga mengenai tempat-tempat lain di kulit, terutama di tangan (Christensen, 1990). Sebagian besar pasien yang mengalami pajanan bukan dari lingkungan kerja biasanya terutama disebabkan oleh lapisan nikel pada anting-anting atau perhiasan lainnya, atau jam tangan.<sup>2</sup>

**Respon-respon imunotoksik lainnya.** Studi-studi pada binatang memberi kesan bahwa senyawa-senyawa nikel dapat menyebabkan keadaan *immune suppression*. Nampaknya *thymus*, *T-lymphocytes*, *macrophages* dan *natural killer-cells* menjadi target-target sensitif. (Nieboer *et al*, 1988; Knight *et al*, 1991; Nicklin and Nielsen, 1992).<sup>2</sup>

### **Kanker**

Hubungan antara pajanan nikel di tempat kerja dengan meningkatnya risiko kanker paru dan sinus nasal telah dicurigai sejak lebih 50 tahun lampau (Doll, 1990). Suatu penelitian komprehensif (Doll 1990) menyimpulkan bahwa, sebagai tambahan terhadap *pyrometallurgical intermediates* dalam proses-proses pemurnian nikel (sebagian besar nikel oksida dan sulfida), *water-soluble salts* seperti *nickel chloride* dan *nickel sulfate* juga meningkatkan risiko kanker paru dan nasal. Masa laten kedua kanker ini lama (sekitar 15 tahun).<sup>2</sup>

### **Berbagai efek toksikologis**

- **Efek-efek respiratorik lainnya.** Bukti-bukti klinis pada pekerja-pekerja pemurnian nikel (dirangkum dalam ICP, 1991) dan studi-studi inhalasi pada binatang (NTP, 1996) menunjukkan bahwa pajanan kronik terhadap senyawa-senyawa nikel pada konsentrasi tinggi menyebabkan iritasi dan inflamasi saluran napas, terutama bagian atas.<sup>2</sup>
- **Toksisitas terhadap reproduksi dan tumbuh kembang.** Dalam sebuah laporan pendahuluan kualitatif, Chashschin *et al* (1994) memberi perhatian khusus pada terjadinya peningkatan aborsi spontan dan malforasi struktural (khususnya defek

kardiovaskular dan muskuloskeletal) pada bayi-bayi baru lahir dari ibu-ibu yang bekerja di pemurnian nikel Rusia.<sup>2</sup>

- **Toksisitas terhadap ginjal.** Senyawa-senyawa nikel nefrotoksisitasnya rendah pada manusia. Sejumlah laporan tentang proteinuria ringan diketahui terjadi pada orang-orang yang terpajan di tempat kerjanya atau akibat mengkonsumsi air dari sumur yang terkontaminasi (Gitlitz *et al*, 1975; Sunderman dan Horak, 1981). *Mild transient nephrotoxicity* (e.g., proteinuria) telah diamati akibat penelanan yang tidak sengaja (Sunderman *et al*, 1988).<sup>2</sup>
- **Toksisitas terhadap jantung.** *Nickel(II) chloride* menginduksi terjadinya vasokonstriksi koroner pada jantung anjing secara *in situ* dan pada jantung tikus yang diisolasi dan diberi perfusi (Ruhanvi *et al*, 1984; Edoute *et al*, 1992). Pada manusia kardiotoksisitas maupun penyakit jantung belum ditemukan (Nieboer *et al*, 1988).<sup>2</sup>

#### DEBU NIKEL

Nikel berada di lingkungan sekitar berasal dari dua sumber yakni secara alami dan dari aktivitas manusia, dan berputar ke semua kompartemen lingkungan melalui proses-proses kimawi dan fisika serta secara biologis melalui organisme hidup. Nikel yang berada di atmosfer terutama berada dalam bentuk aerosol partikulat yang mengandung beragam konsentrasi nikel, tergantung dari sumbernya. Konsentrasi nikel tertinggi di udara lingkungan biasanya ditemukan dalam bentuk partikel terkecil. Transpor dan distribusi partikel nikel ke dalam atau antara kompartemen lingkungan yang berbeda sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel serta kondisi cuaca. Distribusi ukuran partikel terutama merupakan fungsi dari sumbernya. Secara umum, partikel yang berasal dari aktivitas manusia ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan debu nikel alami. Di lingkungan kerja, konsentrasi nikel yang terbawa udara dapat bervariasi mulai dari beberapa  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sampai beberapa  $\text{mg}/\text{m}^3$ , tergantung dari proses yang terlibat dan kandungan nikel dari bahan yang diproses. Di seluruh dunia, jutaan pekerja terpajan oleh debu yang mengandung nikel serta uap logam selama proses pengelasan, pelapisan logam, penggilingan, penambangan, pemurnian nikel, dan pada pabrik-pabrik baja, pengecoran logam, dan industri-industri logam lainnya.<sup>23</sup>

## INDEKS PAJANAN BIOLOGIK

Kadar nikel serum pada orang-orang yang terpajan bukan akibat pekerjaan adalah sebesar kurang lebih 1.5 µg/L (kira-kira setara dengan 15 µg/L pada urin) dapat diterima dan tidak membahayakan kesehatan. Hal ini berdasarkan 3 bukti. Pertama, hasil dari dua studi pajanan akut yang telah dilakukan (Sunderman *et al*, 1988, 1989). Kedua, *the American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH) occupational Threshold Limit Value-Time-Weighted Average (TLV-TWA)* untuk *inhalable aerosols of dissolved nickel* sebesar 0.10 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH), dimana pada hasil rata-rata pada kadar nikel urin yang mendekati 70 µg/L dan 8 µg/L pada serum (Nieboer *et al*). Konsentrasi seperti itu bukan sesuatu yang janggal pada pekerja pemurnian nikel (Thomassen *et al*). Ketiga, adalah konsentrasi pada masyarakat Rusia untuk orang-orang yang tidak terpajan di tempat kerja dan tanpa suatu sumber pajanan lokal masuk dalam kadar yang dapat diterima yang telah diusulkan (Smith-Sivertsen *et al*; Odland *et al*).<sup>24</sup>

## UPAYA-UPAYA KESEHATAN dan KESELAMATAN KERJA

Suatu protokol umum surveilans kesehatan bagi para pekerja yang terpajan nikel telah diusulkan pada tahun 1994 oleh dua institusi yakni NiPERA (*Nickel Producers Environmental Research Association*) dan NiDI (*Nickel Development Institute*). Elemen-elemen kuncinya adalah :

**Pemeriksaan Pra-Kerja/Pra-Penempatan.** Tujuan pemeriksaan ini adalah mengidentifikasi keadaan-keadaan medis yang sudah ada yang dapat mempengaruhi penempatan seseorang atau apakah layak dipekerjakan, juga memberikan data dasar untuk perubahan-perubahan fungsional, fisiologis atau patologis yang terjadi kemudian. Pemeriksaan ini meliputi (i) riwayat medis dan pekerjaan yang terperinci, fokus pada masalah paru, pajanan terhadap *lung toxins*, riwayat alergi (terutama terhadap nikel), asma dan kebiasaan (misalnya alkohol, rokok), (ii) pemeriksaan fisis yang lengkap, yang memberi perhatian ekstra pada masalah-masalah pernapasan dan kulit, dan (iii) penentuan PPE/APD respirasi yang akan dipakai karyawan yang bersangkutan. Termasuk dalam pemeriksaan pra-kerja ini adalah ronsen paru, tes-tes fungsi paru, tes audiometri, dan tes penglihatan.<sup>4</sup>

**Pemeriksaan periodik.** Tujuan dari pemeriksaan berkala (yang biasanya dilakukan setiap tahun) ini, adalah untuk memonitor kesehatan umum pekerja dan untuk mengantisipasi maupun menjawab masalah-masalah yang berkaitan dengan nikel. Pemeriksaan ini mencakup riwayat penyakit sampai yang terbaru, *symptom review*, pemeriksaan fisis, dan re-evaluasi kemampuan pekerja untuk menggunakan *respiratory protective equipment* yang wajib dipakai pada pekerjaannya. Gejala-gejala pulmoner diperiksa dengan menggunakan kuesioner standar untuk bronkitis kronik. Foto ronsen thoraks dan test-test fungsi paru (misalnya KVP, VEP<sub>1</sub>) tergantung indikasi. Prosedur-prosedur deteksi kanker berkala (misalnya *rhinoscopy*, *nasal sinus x-rays*, *nasal mucosal biopsy*, *exfoliative cytological studies*) dapat diindikasikan pada pekerja-pekerja dengan pajanan risiko tinggi pada pemurnian nikel.<sup>4</sup>

**Monitoring biologis.** Analisis konsentrasi nikel pada sampel-sampel urin dan serum dapat mencerminkan pajanan yang baru terjadi terhadap nikel metalik dan senyawa-senyawa nikel dapat larut, tapi pemeriksaan-pemeriksaan ini tidak memberikan pengukuran *total body nickel burden* yang dapat diandalkan. *National Maximum Workplace Concentration Committee* (NMWCC) di Belanda mengajukan konsentrasi nikel urin sebesar 40 µg/g kreatinin, atau konsentrasi nikel serum 5 µg/l (keduanya diukur pada sampel yang diperoleh pada akhir minggu kerja atau akhir shift kerja) dipertimbangkan sebagai batas peringatan untuk investigasi selanjutnya pada pekerja-pekerja yang terpajan logam nikel atau *soluble nickel compounds*. Metode standar analisis nikel di udara tempat kerja dikembangkan oleh *UK Health and Safety Executive* pada tahun 1995.<sup>4</sup>

**Strategi dan pendekatan-pendekatan pengendalian.** Langkah-langkah pencegahan jauh lebih efektif dan biasanya lebih murah jika dipertimbangkan dan dilakukan pada tahap perencanaan proses atau tempat kerja manapun dibandingkan dengan langkah-langkah solusi pada situasi-situasi *hazardous* yang sudah ada. Tempat kerja dan pekerjaan harus dirancang dan direncanakan sedemikian rupa sehingga *hazardous exposure* dapat dihindari atau setidaknya dijaga pada level minimum yang dapat diterima.

Pertimbangan yang sama harus diterapkan pada prosedur-prosedur dan proses-proses yang baru. Urutan prioritasnya sebagai berikut :

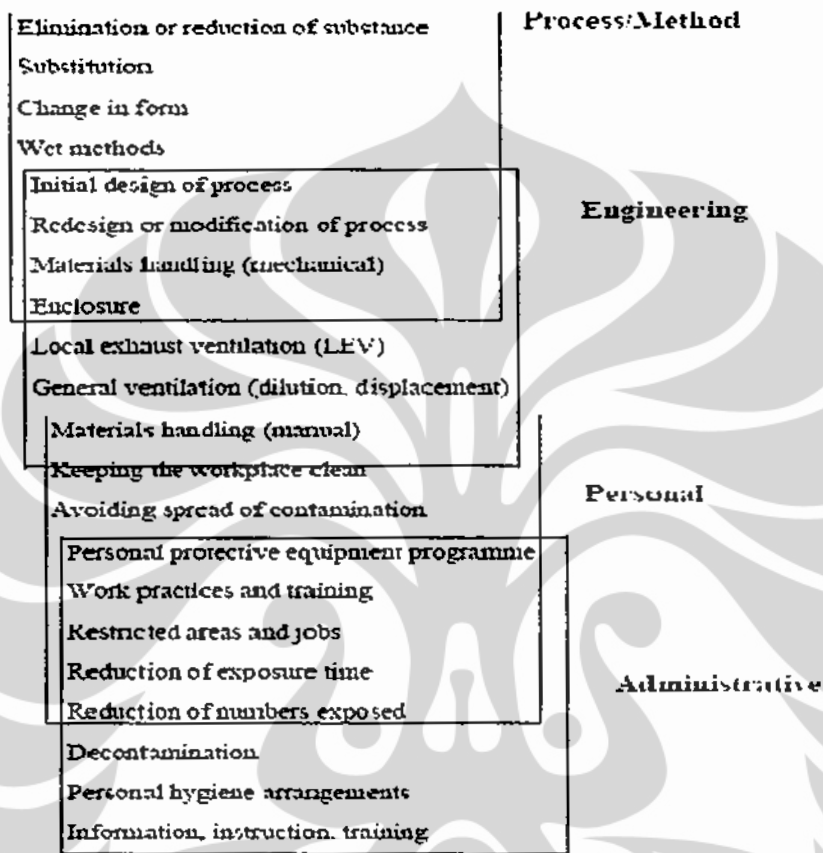
- “*Plan out*” pajanannya, dengan tidak menggunakan *hazardous substances*, atau jika tetap harus digunakan, digunakan dengan cara yang seaman mungkin;
- Jika langkah tersebut tidak sepenuhnya mencegah pajanan, lakukan pencegahan atau minimalkan emisinya ke udara;
- Jika tidak mungkin mencegah pajanan dengan metoda apapun, berikan PPE, termasuk RPE (*respiratory protective equipment*) kepada pekerja atau orang-orang yang memerlukannya.<sup>8</sup>

Pengendalian pajanan debu, bersama-sama dengan upaya-upaya perlindungan kesehatan dan keselamatan serta proteksi lingkungan, harus menjadi prioritas utama manajemen puncak. Dan para karyawan harus terus dibuat sadar bahwa ini adalah prioritas manajemen.<sup>8</sup>

Langkah eliminasi pada sumber pajanan debu melibatkan tiga hal: proses produksi, bahan-bahan yang berbahaya, dan *work practices*. Proses produksi dapat dirubah dengan menerapkan metoda produksi yang menimbulkan lebih sedikit debu. Ini masuk akal pada tahap perencanaan proses produksi atau ketika *production lines* diganti karena pengenalan suatu lini produksi yang baru. Zat-zat yang berbahaya dapat dieliminasi dengan mengganti proses sehingga bahannyapun dapat diganti menjadi yang lebih kurang berbahaya, jika ini memungkinkan. Jika substitusi tidak memungkinkan, harus diupayakan cara lain untuk mengurangi produksi debu. Sebagai contoh, *substances* dapat digunakan dalam bentuk *pellets* atau *liquid suspension*, ketimbang sebagai *powders*, atau, memasukkannya sebagai *pre-formed blocks*, ketimbang memotong-motongnya di tempat kerja. *Wet method* Juga lebih baik daripada *dry method*. *Containment* mencakup pemasangan *physical barrier* antara *substance* dan manusia. Selalu penting untuk mempunyai sistem ventilasi yang menjaga *enclosure* berada dalam tekanan negatif sehingga tidak ada emisi yang keluar. *Local exhaust ventilation* membuang *airborne contaminants* yang dekat dari sumbernya sebelum menyebar dan mencapai zone pernapasan pekerja. *General ventilation* biasanya disukai untuk mengendalikan suhu dan



kelembaban lingkungan. Ventilasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga efektivitasnya tidak terganggu oleh lalu-lintas orang atau kendaraan.<sup>8</sup>



Gambar 1. Faktor-faktor yang berpengaruh untuk pengendalian hazard di tempat kerja.

Dikutip dari (8).

Semua langkah-langkah di atas harus dijalankan untuk mencegah atau meminimalkan pajanan sebelum langkah pemberian PPE, khususnya RPE (*respiratory protective equipment*). Respirator, khususnya tipe *mask*, tidak mudah untuk dipakai dalam waktu lama. Selain itu, *uncontrolled airborne dust* dapat tersebar dan mempengaruhi orang-orang yang berada jauh dari sumber atau daerah kerja sehingga, lebih baik untuk mencegah timbulnya debu pada kesempatan pertama. Problem lainnya adalah bisa saja PPE tidak memberi perlindungan seperti yang diasumsikan. Selain itu PPE memang tidak memberikan perlindungan bagi lingkungan. Dan, PPE khususnya RPE, harus dibersihkan dan dirawat agar tetap efektif. Pakaian kerja tidak boleh bersifat mengumpulkan debu.

Pencucian baju kerja, apalagi yang terkontaminasi bahan beracun harus dilakukan dengan aman di tempat khusus dan bukan di rumah. Sistem pencegahan dan pengendalian harus dirancang untuk melindungi kesehatan pekerja dan lingkungan secara umum. Seperti halnya di tempat kerja, prioritas pertama adalah mencegah terjadinya debu yang kemudian menyebar di udara, dan jika ini tidak bisa dicegah, maka dilakukan *removal*. Langkah-langkah untuk meminimalkan produksi limbah harus diprioritaskan, dan pembuangan limbah yang tidak mungkin dihindari harus direncanakan dan dilakukan sebaik mungkin untuk mencegah kerusakan lingkungan.<sup>8</sup>

#### 2.4 Faktor-faktor intrinsik

Respons-respons terhadap polutan di udara, termasuk debu, adalah beragam, mulai dari gangguan/ketidakhnyamanan sampai nekrosis jaringan bahkan kematian. Dari efek sistemik menyeluruh sampai serangan spesifik ke suatu jaringan. Faktor-faktor host (intrinsik) dan faktor lingkungan berfungsi dalam memodifikasi efek inhalasi, dan respons utama adalah hasil dari interaksi ini. Faktor intrinsik utama ini adalah :<sup>25</sup>

1. Umur. Sebagai contoh, pada orang berusia tua, khususnya yang sudah mengalami penurunan fungsi kardiovaskular dan pernapasan, yang tidak sanggup menerima beban paru tambahan.
2. Status kesehatan. Sebagai contoh, adanya penyakit atau disfungsi.
3. Status gizi.
4. Status imunologi.
5. Jenis kelamin dan faktor genetik lainnya. Sebagai contoh, perbedaan-perbedaan yang berkaitan dengan enzim pada mekanisme biotransformasi, misalnya *deficient metabolic pathways*, dan ketidakmampuan untuk mensintesis enzim-enzim detoksifikasi tertentu.
6. Status psikologik. Misalnya adanya stress, kecemasan.
7. Faktor kultural, misalnya merokok, yang dapat mempengaruhi pertahanan tubuh yang normal, atau dapat berpotensi dengan efek bahan kimia lainnya.

Pada studi mengenai prevalensi penyakit paru obstruktif pada populasi umum yang dikaitkan dengan jenis pekerjaan dan pajanan terhadap beberapa *airborne agents*, Bakke

dkk menyimpulkan bahwa jenis pekerjaan dan pajanan terhadap zat-zat tertentu serta proses kerja dapat merupakan penanda independen dari penyakit paru obstruktif pada populasi umum.<sup>26</sup> Meo pada studi mengenai *Dose Responses of Years of Exposure on Lung Functions in Flour Mill Workers* menemukan terjadinya penurunan signifikan nilai KVP, VEP<sub>1</sub>, PEF (*Peak Expiratory Flow*) dan MVV (*Maximum Voluntary Ventilation*) yang bertambah sejalan dengan lamanya pajanan di pabrik terigu.<sup>27</sup> Schachter dkk yang melakukan penelitian meta analisis pada 12 studi *cross-sectional* mengenai *Gender and respiratory findings in workers occupationally exposed to organic aerosols* menemukan gejala-gejala saluran napas atas lebih banyak dijumpai pada pekerja wanita dibandingkan laki-laki pada kelompok ini. Perbedaan-perbedaan fungsi paru yang berkaitan jenis kelamin ditemukan pada industri tekstil tetapi tidak pada industri pengolahan makanan atau di antara petani. Disimpulkan bahwa pada industri-industri yang mengolah senyawa-senyawa organik terdapat perbedaan dalam aspek jenis kelamin dikaitkan dengan gejala-gejala saluran napas dan fungsi paru pada pekerja yang terpajan.<sup>28</sup> Jaén dkk meneliti tentang kaitan pekerjaan, kebiasaan merokok, dan gangguan pernapasan obstruktif kronik (suatu studi *cross sectional* di daerah industri di *Catalonia*, Spanyol) menyimpulkan bahwa gangguan fungsi paru berhubungan dengan durasi pajanan di tempat kerja, independen dari efek merokok. Weinmann dkk dalam sebuah studi *case-control* tentang PPOK pajanan di tempat kerja menemukan bahwa *occupational exposures* yang paling kuat hubungannya dengan PPOK adalah asap buangan mesin diesel, gas-gas dan uap-uap iritan, debu mineral, dan debu logam. Pada kelompok kecil yang tidak pernah merokok, pola yang sama juga nampak.<sup>29</sup>

## 2.5 Profil Perusahaan

PT X merupakan satu di antara produsen nikel terkemuka di dunia. Selama lebih dari tiga dasawarsa sejak penandatanganan Kontrak Karya dengan Pemerintah Indonesia pada tahun 1968, Perseroan ini telah menyediakan lapangan kerja dan pelatihan, mewujudkan kepedulian terhadap kebutuhan masyarakat sekitar, menghasilkan keuntungan bagi pemegang saham dan memberikan sumbangsih positif terhadap ekonomi Indonesia. PT X menghasilkan nikel dalam *matte*, yaitu produk setengah jadi yang diolah dari bijih laterit di fasilitas pertambangan dan pengolahan terpadu di Propinsi Sulawesi Selatan. Seluruh

produksi PT X dijual dalam mata uang Dolar Amerika Serikat berdasarkan kontrak-kontrak jangka panjang.<sup>1</sup>

Per 31 Desember 2006, 60,8 persen saham Perseroan yang tercatat di Bursa Efek Jakarta (BEJ), dimiliki oleh *CDX Limited* dari Kanada, salah satu produsen nikel terkemuka di dunia. Pada tahun 2006, *CDX Limited* diakuisisi oleh sebuah perusahaan multinasional dari Brazilia. Sebuah perusahaan tambang dan peleburan besar di Jepang memiliki 20,1 persen. Selain itu, 19,1 persen saham PT X dimiliki oleh publik dan pemegang saham lainnya. Jumlah karyawan per 31 Desember 2006 adalah 3.440. Perseroan memiliki beberapa program pengembangan karyawan seperti pelatihan kerja dan keterampilan, *coaching* dan manajemen kinerja.<sup>1</sup>

Daerah konsesi pertambangan nikel yang dikelola PT X ini mencakup beberapa lokasi di Propinsi Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Tenggara. Wilayah produksi inti saat ini adalah di daerah Sorowako, Wawondula, Wasuponda dan Malili yang kesemuanya berada di Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Wilayah pemrosesan utama yang disebut juga *Plant Site* terdapat di dekat daerah Sorowako, berjarak kurang lebih 620 km ke arah Utara-Timurlaut dari Makassar. Di sekitar *Plant Site* dan area tambang terdapat tiga danau dan satu pegunungan, masing-masing danau Matano, Danau Towuti, Danau Mahalona, dan Pegunungan Verbeeck. Aliran sungai dari danau-danau ini yang dimanfaatkan dengan membuat *hydroelectric power plant (HEPP/PLTA)* masing-masing PLTA Larona, PLTA Balambano, dan saat ini sedang dibangun satu PLTA tambahan yakni PLTA Karebbe. Listrik yang diproduksi dari sini dialirkan ke *Plant Site* dan seluruh kompleks perumahan PT X, sebagian lagi disumbangkan ke PLN. Di dalam area *Plant Site* sendiri terdapat berbagai kantor (mulai dari *Main Office* sampai kantor-kantor beberapa departemen dalam *core business* seperti *Process Plant*, *MGX (Mining Geology Exploration)*, *Utilities*, *MEM (Mobile Equipment Maintenance)*, *Utilities*, *SCM (Supply Chain Management)*, *Process & Technology*, dan *supporting department* seperti *EHS (Environment, Health & Safety)*, *SES (Support Engineering Services)*, *Fire & Rescue*, *Internal Audit*, *Accounting*, *HRD*, *IT (Information Technology)* serta *Plant Site Clinic* (milik *Medical Services Department*), *workshops*, *warehouses*, dan

terutama bangunan pabrik pengolahannya sendiri beserta semua struktur pendukungnya. Adapun kantor beberapa *supporting department* lainnya berada di luar area *Plant Site*, misalnya *Medical Services, Security, External Relation & Comdev, HROD & Training, Town Administration & Services* (termasuk *Transportation Services*), *Nursery* (pusat pembibitan tanaman untuk penghijauan kembali area purna tambang), bandara dan pelabuhan khusus.<sup>1</sup>

Dalam aspek komitmen terhadap lingkungan, sasaran PT X meliputi rehabilitasi daerah-daerah purna tambang untuk mengembalikan ekosistem dan karakteristik vegetasi aslinya. Setelah melalui ujicoba pada 50 hektar lahan selama tahun 2005, perseroan ini menerapkan standar tambang yang baru dengan tujuan mengembalikan lahan yang telah direhabilitasi ke kondisi alaminya. Pada tahun 2006 PT X telah merehabilitasi 100 hektar lahan. Pada akhir tahun, telah dikembalikan 150 hektar lahan ke kondisi alaminya. Dalam tahun tersebut, PT X membuka areal pembibitan bermutu tinggi seluas 2,5 hektar yang terbesar di industri pertambangan Indonesia, dengan kapasitas untuk menumbuhkan satu juta pohon dan merehabilitasi 700 hektar lahan per tahun. Untuk melindungi kualitas air danau dan udara, PT X sangat ketat mengendalikan air yang keluar dari daerah penambangan. Kualitas air danau-danau yang mengitari daerah operasi PT X diklaim lebih baik daripada yang dipersyaratkan oleh standar Indonesia untuk limbah polutan.<sup>1</sup>

### **2.5.1 FAKTOR RISIKO DI TEMPAT KERJA**

Secara umum, di lingkungan kerja terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja seperti faktor fisika, faktor kimia, faktor biologi, faktor psikologis dan faktor ergonomi. Kesemuanya dapat menimbulkan gangguan terhadap suasana kerja dan berpengaruh terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.

#### ***2.5.1.1 Physical Hazard***

Potensi bahaya faktor fisika ini ditimbulkan oleh kebisingan, vibrasi, radiasi mengion (misalnya tabung X-ray, *particle accelerators, radioisotopes*), dan radiasi tidak mengion (misalnya radiasi UV: *arc welding & cutting, UV curing, disinfection*; dan radiasi *infrared: furnaces, glassblowing*; serta *lasers: communications, surgery*,

*construction*), kebisingan, panas, radiasi infra merah dan ultraviolet (dari proses pengelasan serta pajanan *natural sunlight*), arus listrik, vibrasi, udara bertekanan, dan pajanan debu.

#### **2.5.1.2 Chemical Hazard**

Potensi bahaya faktor kimia ini masuk ke tubuh khususnya melalui inhalasi, absorpsi kulit, dan tertelan. Efek toksiknya dapat bersifat akut, kronik, atau keduanya. Efek yang terjadi dapat berupa korosi, iritasi, reaksi alergi, asfiksia, kanker, efek reproduktif, serta efek racun sistemik.

#### **2.5.1.3 Biological Hazard**

Potensi bahaya faktor biologik ini dapat berasal dari debu-debu organik yang berasal dari berbagai sumber biologik, penyakit-penyakit infeksi, *viable organisms* dan *biogenic toxins* (termasuk fungi, spora, *mycotoxins*, *biogenic toxins : endotoxins, aflatoxin, bacteria*), *biogenic allergens* (termasuk fungi, *animal-derived proteins, terpenes, storage mites, dan enzymes*).

#### **2.5.1.4 Psychological Hazard**

Ini biasanya berasal dari situasi tempat kerja (hubungan sosial, tuntutan pekerjaan) dan efek kurang istirahat akibat kerja *shift*. Di beberapa departemen contohnya jadwal kerja yang padat sehingga *work demand* tinggi yang memberikan tekanan psikologis terhadap pekerja atau adanya hubungan kurang harmonis di tempat kerja.

#### **2.5.1.5 Ergonomic Hazard**

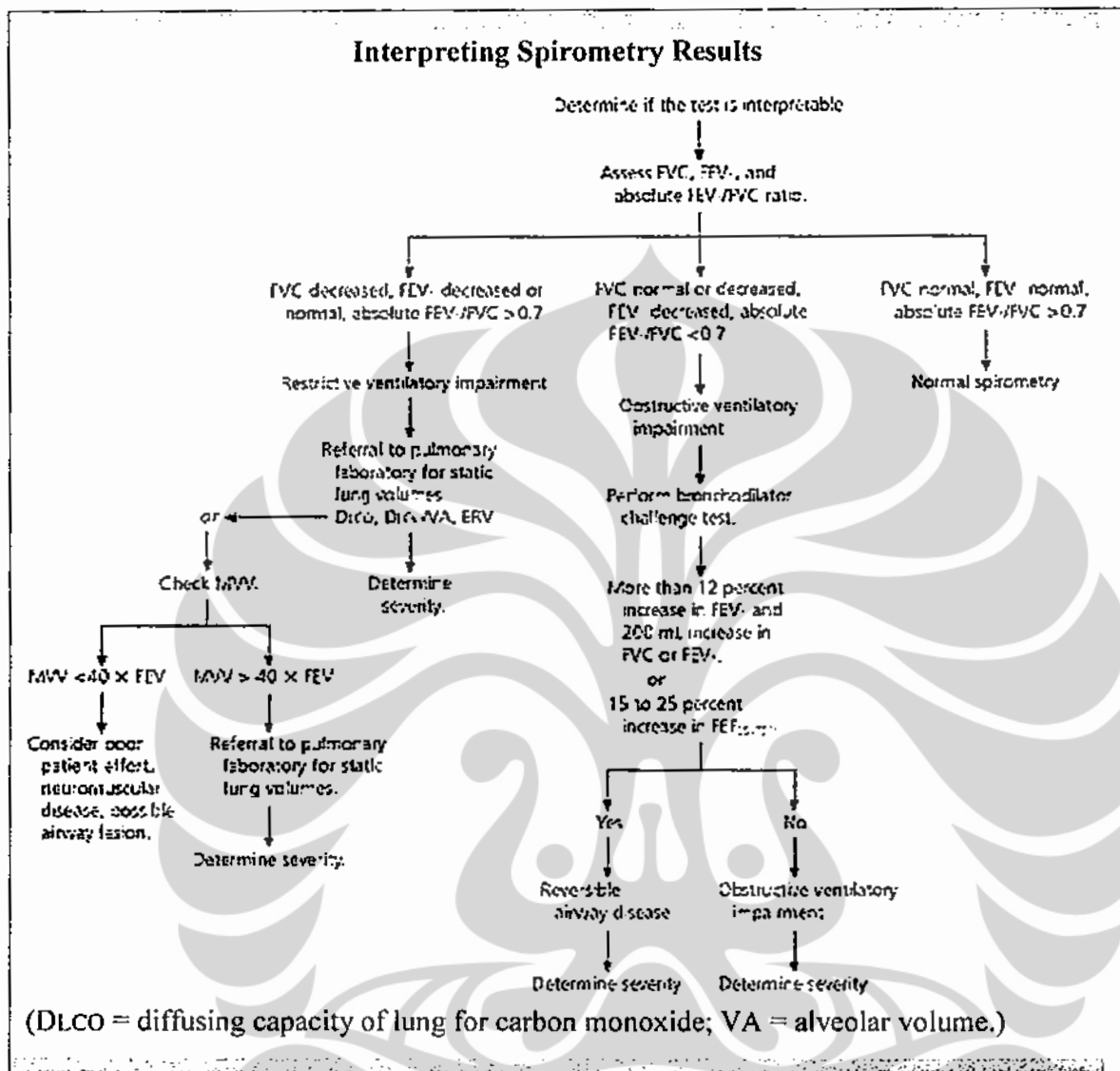
Potensi bahaya timbul dari sikap/posisi kerja yang salah, desain *workstation* dan area kerja serta alat-alat kerja, sehingga terjadi ketidaksesuaian antara kapasitas fisik dan keterbatasan-keterbatasan fisik manusia dengan beban kerjanya yang lambat laun pasti menimbulkan gangguan kesehatan. Penjadwalan rotasi kerja serta alur kerja yang kurang tepat juga berperan dalam masalah ini. Posisi kerja yang tidak ergonomik/*awkward work posture, repetitive motions*, kerja fisik yang berat, aktivitas kerja yang mempertahankan posisi tubuh tertentu, *space* yang kurang lega untuk gerakan yang leluasa, serta *housekeeping* yang kadang-kadang dapat mengganggu, misalnya ceceran oli, letak alat-alat dan onderdil yang tidak beraturan saat ada pekerjaan, atau cara memanjat/berdiri/turun yang salah saat menangani kendaraan-kendaraan besar yang diperbaiki, atau memakai pijakan yang salah (tidak mengikuti

PKS/SOP), risiko-risiko terjatuh, terpukul, terjepit juga merupakan beberapa contoh. Selain itu adanya risiko kesalahan dan *eyestrain* jika mengerjakan bagian-bagian tertentu dari kendaraan dengan penerangan yang tidak adekuat.

## 2.6 Kerangka teori

Spirometri merupakan tes fungsi paru yang paling sering dilakukan, yang mengukur fungsi paru, khususnya volume dan/atau kecepatan aliran udara yang dapat dihirup dan dibuang. Spirometri merupakan metoda pengukuran yang penting yang digunakan untuk membuat *pneumotachographs* yang berguna dalam menilai beberapa keadaan seperti asma, *pulmonary fibrosis*, *cystic fibrosis*, dan PPOK. Spirometri merupakan tes fungsi paru yang klasik, yang mengukur volume udara yang diinspirasi atau diekspirasikan dalam suatu waktu. Spirometri dapat memonitor *quiet breathing* dan dari sini mengukur *tidal volume*, dan juga melacak inspirasi dan ekspirasi dalam yang memberikan informasi mengenai *vital capacity*. Spirometri juga dapat digunakan untuk mengukur *forced expiration rates* dan *forced expiration volumes* dan menghitung rasio  $VEP_1/KVP$ . Namun, spirometri tidak dapat memberikan informasi tentang *absolute lung volumes*, karena tidak dapat mengukur jumlah udara di dalam paru tapi hanya jumlah udara yang masuk atau keluar dari paru. Kemudian, informasi tentang kapasitas residual fungsional (KRF), dan volume paru yang dihitung dari KRF, misalnya *total lung capacity* dan *residual volume*, harus dihitung dengan menggunakan cara lain, *body plethysmography* atau *gas dilution*.<sup>5,30</sup>

Dalam *setting* klinis, gambaran radiologik paru membantu menunjukkan perubahan-perubahan parenkim paru akibat pajanan debu. Di sisi lain, hanya uji fisiologik yang dapat membuktikan bahwa pajanan tersebut telah menyebabkan gangguan. Spirometri standar adalah alat yang sangat penting untuk konfirmasi adanya gangguan ventilasi diakibatkan oleh penyakit paru yang berkaitan dengan logam atau mineral serta menjelaskan tingkat keparahannya. Kriteria kompensasi untuk banyak penyakit paru akibat kerja didasarkan pada sifat kelainan aliran udara yang terjadi, dan persentasi nilai spirometri yang diprediksi. Ringkasan langkah interpretasi hasil spirometri digambarkan pada gambar di atas. Secara klasik, sebagian besar penyakit paru difus yang diakibatkan



Gambar 2. Menginterpretasi hasil-hasil spirometri

Dikutip dari (5)

oleh mineral dan logam berkaitan dengan *restrictive ventilatory defects* karena mineral dan logam-logam ini menyebabkan fibrosis parenkim dan berkurangnya *alveolar airspace* yang selanjutnya menyebabkan berkurangnya kapasitas vital. Inflamasi, fibrosis, dan distorsi saluran udara pernapasan yang selanjutnya menyebabkan obstruksi pada saluran udara tersebut dapat ditemukan pada banyak penyakit paru yang berkaitan-debu (*dust-related lung diseases*). Pada suatu *review* berskala besar yang dilakukan di Amerika dan Inggris pada pekerja tambang batubara terlihat *significant loss* pada aliran udara yang



berkaitan dengan pajanan debu meski tanpa adanya faktor merokok atau bukti-bukti pneumokoniosis secara radiologis. Defek ventilasi campuran atau obstruktif biasanya terlihat pada *metal-related lung diseases* tertentu yang menyebabkan lesi-lesi patologik yang sama pada sarkoidosis atau *hypersensitivity pneumonitis* dimana sebagian besar kerusakan terlokalisir atau berada dekat saluran pernafasan. *Reversible obstructive defects* dapat terlihat pada beberapa pneumokoniosis yang memberi gambaran mirip asma. Karena tingginya prevalensi merokok di kalangan pekerja, seringkali sulit untuk membedakan efek debu atau efek merokok yang menyebabkan penyakit paru ini, dan di sebagian besar populasi pekerja, efek asap tembakau pada fungsi paru lebih kuat dibandingkan dengan pajanan debu manapun.<sup>31</sup>

Salah satu akibat dari pajanan debu mineral dapat berupa PPOK. PPOK ini ditandai dengan inflamasi kronik di sepanjang saluran napas, parenkim, dan jaringan pembuluh darah paru. Makrofag, limfosit T (terutama CD8<sup>+</sup>), dan netrofil meningkat di berbagai tempat di paru. Sel-sel radang teraktivasi melepaskan berbagai mediator, termasuk leukotriene B4 (LTB<sub>4</sub>), interleukin-8 (IL-8), *tumor necrosis factor-α* (TNFα), dan lainnya—yang mampu merusak struktur paru atau terjadi inflamasi netrofilik yang berkelanjutan, dua proses lain yang dianggap penting dalam patogenesis PPOK adalah ketidakseimbangan antara *proteinases* dan *antiproteinases* di paru-paru, dan stress oksidatif. Inflamasi paru disebabkan oleh pajanan partikel-partikel dan gas-gas berbahaya. Merokok dapat menginduksi inflamasi dan secara langsung merusak paru. Meski data yang tersedia belum banyak, nampaknya faktor-faktor risiko PPOK yang lain mengawali proses peradangan yang sama. Dipercaya bahwa inflamasi ini selanjutnya akan menyebabkan PPOK.<sup>12,29</sup>

Perubahan-perubahan patologik yang khas pada PPOK ditemukan di *central airways*, *peripheral airways*, parenkim paru, dan jaringan pembuluh darah paru. Pada *central airways*—*trachea*, *bronchi*, dan *bronchioles* yang ukuran diameter internalnya lebih besar dari 2 sampai 4 mm—sel-sel radang menginfiltrasi permukaan epitel. Kelenjar-kelenjar produsen mukus yang membesar dan peningkatan jumlah sel-sel goblet menyebabkan hipersekresi mukus. Pada *peripheral airways*—*small bronchi* dan

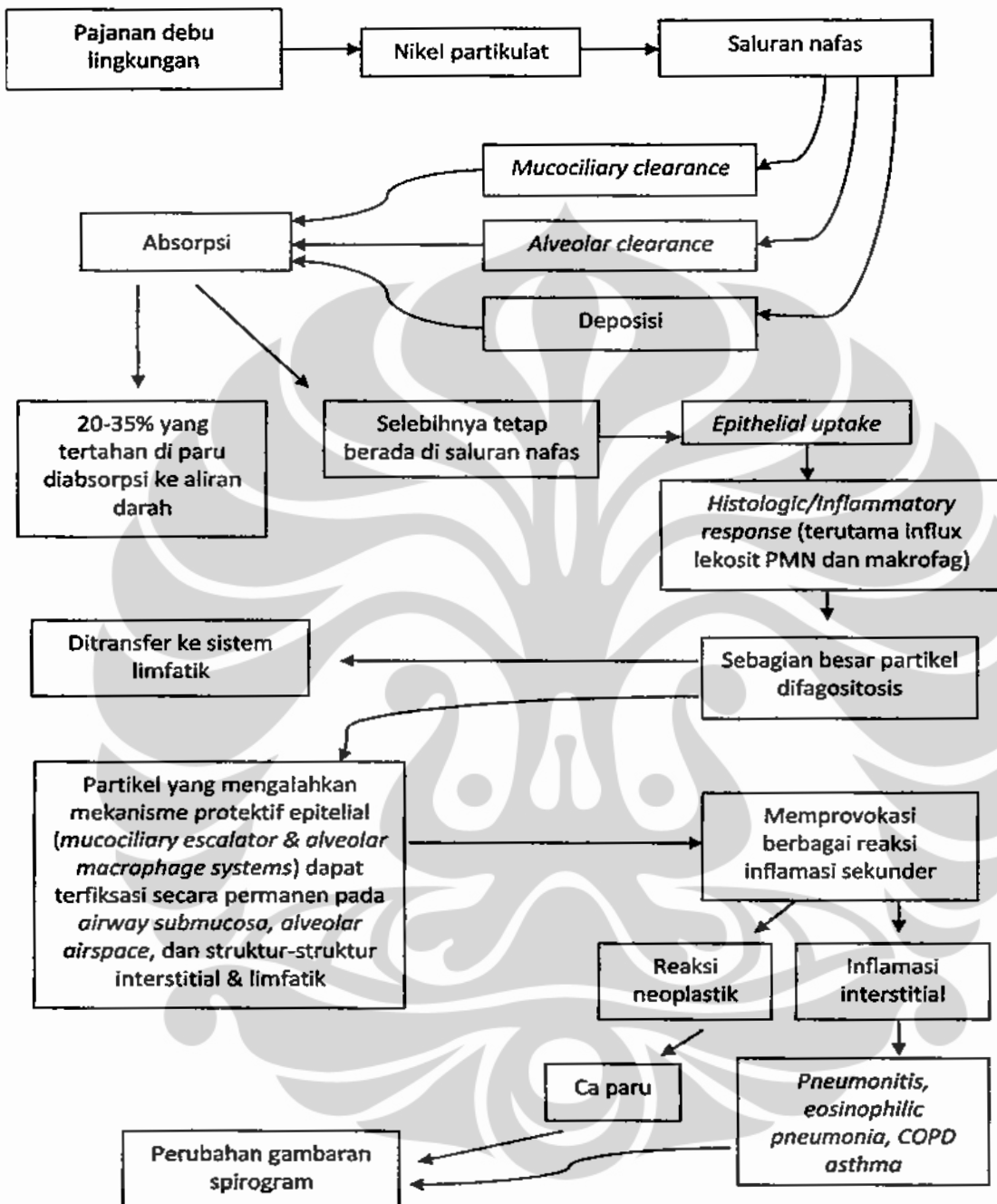
*bronchioles* yang diameter internalnya kurang dari 2 mm—inflamasi kronik menyebabkan pengulangan siklus kerusakan jaringan dan perbaikan dinding saluran napas. Proses perbaikan menyebabkan *remodelling* struktural dinding saluran napas, dengan peningkatan kandungan kolagen dan pembentukan jaringan parut, yang menyebabkan penyempitan lumen dan menghasilkan obstruksi jalan napas yang menetap. Destruksi parenkim paru pada pasien PPOK biasanya terjadi dalam bentuk *centrilobular emphysema*. Hal ini mencakup dilatasi dan destruksi *respiratory bronchioles*. Lesi ini lebih sering muncul pada daerah-daerah paru bagian atas pada kasus-kasus yang lebih ringan, tapi pada penyakit tahap lanjut dapat difus di seluruh paru dan juga menyebabkan destruksi jaringan kapiler paru. Ketidakseimbangan *endogenous proteinases* dan *antiproteinases* di paru akibat faktor-faktor genetik atau hasil kerja sel-sel radang serta mediator-mediator radang, dianggap merupakan mekanisme utama di balik kerusakan paru *emphysematous*.<sup>12,29</sup>

*Oxidative stress*, salah satu konsekuensi inflamasi yang lain, dapat juga berperan. Perubahan-perubahan vaskular paru pada PPOK ditandai dengan penebalan dinding pembuluh darah yang dimulai di awal-awal perjalanan penyakit. Penebalan lapisan *intima* merupakan perubahan struktural pertama, diikuti oleh peningkatan otot polos dan infiltrasi dinding pembuluh darah oleh sel-sel radang. Dengan makin memburuknya PPOK, otot polos, proteoglikan, dan kolagen dalam jumlah yang lebih besar selanjutnya makin mampertebal dinding pembuluh darah. Perubahan-perubahan patologik di paru akan membawa pada perubahan fisiologik yang khas bagi penyakit ini, termasuk hipersekresi mukus, *ciliary dysfunction*, keterbatasan aliran udara, hiperinflasi paru, *gas exchange abnormalities*, hipertensi paru, dan *cor pulmonale*. Perubahan-perubahan ini semakin nyata sesuai dengan perjalanan penyakit. Hipersekresi mukus dan *ciliary dysfunction* menyebabkan batuk kronis dan produksi sputum. Gejala-gejala ini dapat nampak selama bertahun-tahun sebelum gejala-gejala lainnya terjadi. Keterbatasan *expiratory airflow*, paling baik diukur dengan *spirometry*, yang merupakan *hallmark physiologic change* kasus PPOK dan kunci diagnosis penyakit ini. Hal ini terutama karena terjadinya obstruksi jalan nafas yang menetap dan selanjutnya mengakibatkan resistensi saluran nafas. Destruksi dari *alveolar attachments*, yang mengganggu

kemampuan saluran-saluran napas yang kecil untuk menjaga *patency*, memainkan peranan yang lebih kecil.<sup>12,29</sup> Sejalan dengan paparan di atas, Churg dkk melakukan studi tentang mekanisme-mekanisme emphysema yang diinduksi oleh debu mineral. Mereka mempostulasikan bahwa *dust-induced emphysema* mempunyai patogenesis yang sama dengan *cigarette smoke-induced emphysema*, dalam hal ini pelepasan berlebihan enzim-enzim proteolitik dari sel-sel radang yang dirangsang oleh debu (*dust-evoked inflammatory cells*), dan inaktivasi *alpha-1-antitrypsin* (AIAT) oleh pembentukan oksidan-oksidan yang dikatalisis oleh debu. Observasi dari studi yang dilakukan menyokong teori mereka bahwa *dust-induced emphysema* dan *smoke-induced emphysema* terjadi melalui mekanisme yang sama.<sup>32</sup>

Meski telah dilakukan upaya-upaya preventif, jumlah pasien PPOK meningkat dua kali lipat dalam dekade terakhir, dan nampaknya kecenderungan ini akan berlanjut. Bukti-bukti menunjukkan bahwa riwayat pasien dan pemeriksaan fisis tidak cukup untuk mendiagnosis gangguan-gangguan *obstructive ventilatory* ringan dan sedang. Meskipun suatu tes fungsi paru yang lengkap menghasilkan penilaian yang paling akurat dan objektif akan suatu gangguan paru, spirometri merupakan tes yang lebih disukai untuk diagnosis PPOK karena dapat memberikan informasi yang adekuat dengan biaya yang ringan.<sup>5,6</sup> Toksikologi debu-debu, uap logam, dan aerosol lainnya yang terhirup adalah cukup kompleks dan beberapa logam serta mineral mempunyai sifat yang unik. Mekanisme terjadinya berbagai reaksi inflamasi serta reaksi neoplastik yang diakibatkan oleh pajanan inhalan ini sebagian besar belum diketahui secara pasti.<sup>31</sup>

Spirometri merupakan alat yang sangat bermanfaat dalam mendeteksi, *follow-up*, dan penatalaksanaan pasien-pasien dengan gangguan paru. Kemajuan teknologi telah membuat spirometri jauh lebih dapat diandalkan dan relatif sederhana untuk dilakukan dalam kunjungan rutin di poliklinik. Penyakit Paru Obstruktif Kronik merupakan penyakit sistem pernapasan yang paling sering dijumpai dan merupakan penyebab kematian keempat terbesar di Amerika.<sup>5,6</sup> Ringkasan proses pajanan debu sampai perubahan yang tercermin pada gambaran spirometri secara skematis diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 3. Skema ringkasan proses pajanan debu – perubahan gambaran spirometri.

Banyak informasi yang dapat diperoleh dari uji spirometri; namun, hasilnya harus berkorelasi secara tepat dengan data klinis dan foto Ronsen untuk memperoleh aplikasi klinis yang optimal. *The National Health Survey* pada tahun 1988 sampai 1994 menemukan tingginya kasus-kasus PPOK yang tidak terdiagnosis dan tidak mendapatkan

penatalaksanaan pada perokok dan mantan perokok. Studi-studi yang berbasis populasi telah mengidentifikasi kapasitas vital (KV) sebagai suatu indikator prognostik yang kuat pada pasien-pasien PPOK.<sup>5,6</sup>

Adapun klasifikasi PPOK didasarkan pada hasil spirometri dan keadaan klinis sebagai berikut:<sup>12</sup>

Tabel 2. Klasifikasi PPOK

Stage	Characteristics
0: At Risk	Normal spirometry Chronic symptoms (cough, sputum production)
I: Mild COPD	FEV <sub>1</sub> /FVC < 70% FEV <sub>1</sub> ≥ 80% predicted With or without chronic symptoms (cough, sputum production)
II: Moderate COPD	FEV <sub>1</sub> /FVC < 70% 30% ≤ FEV <sub>1</sub> < 80% predicted (IIA: 50% ≤ FEV <sub>1</sub> < 80% predicted) (IIB: 30% ≤ FEV <sub>1</sub> < 50% predicted) With or without chronic symptoms (cough, sputum production, dyspnea)
III: Severe COPD	FEV <sub>1</sub> /FVC < 70% FEV <sub>1</sub> < 30% predicted, or the presence of respiratory failure,* or clinical signs of right heart failure

\* Respiratory failure: Pa<sub>O<sub>2</sub></sub> < 8.0 kPa (60 mm Hg) with or without Pa<sub>CO<sub>2</sub></sub> > 6.7 kPa (50 mm Hg) while breathing air at sea level.

Dikutip dari (12)

*The Framingham study* mengidentifikasi rendahnya kapasitas vital paksa (KVP) sebagai faktor risiko “*premature death*”. *The Third National Health and Nutritional Examination Survey* dan *multicenter Lung Health Study* memperlihatkan manfaat potensial bagi pasien dengan identifikasi dini, intervensi dini, dan penatalaksanaan PPOK. *The Lung Health Study* merupakan penelitian pertama yang memperlihatkan bahwa identifikasi dan

intervensi dini pada para perokok dapat mempengaruhi perjalanan PPOK. Survey-survey ini juga memperlihatkan bahwa spirometri sederhana dapat mendeteksi obstruksi aliran udara ringan, meski pada pasien-pasien asimtomatik.<sup>5,6</sup>

Spirometri dirancang untuk mengidentifikasi dan menilai abnormalitas fungsional system pernafasan. Dokter-dokter pada fasilitas kesehatan primer direkomendasikan oleh NLHEP (*National Lung Health and Education Programme*) untuk melakukan spirometri pada pasien-pasien berusia 45 tahun ke atas yang merokok atau mantan perokok; pada pasien-pasien yang memiliki riwayat batuk lama dan produktif; atau pada pasien-pasien yang memiliki riwayat pajanan zat-zat yang tergolong *lung irritants*. Indikasi spirometri lainnya adalah untuk menentukan kekuatan dan fungsi dada, *follow-up* progresi penyakit, menilai respons pengobatan, dan memperoleh nilai *baseline measurements* sebelum meresepkan obat-obatan yang potensial toksik terhadap paru, misalnya *amiodarone* (*Cordarone*) dan *bleomycin* (*Blenoxane*). Spirometri juga bermanfaat pada *preoperative risk assessment* dan juga sering digunakan untuk klaim kompensasi karyawan dan klaim kecacatan untuk menilai pajanan hazard inhalasi di tempat kerja. Untuk menentukan keabsahan hasil-hasil spirometri, setidaknya harus diperoleh tiga *acceptable spirograms*. Pada setiap tes, pasien harus menghembuskan napas selama setidaknya enam detik dan berhenti jika tidak ada perubahan volume dalam satu detik. Satu sesi tes berakhir jika perbedaan antara dua nilai pengukuran FVC terbesar dan dua nilai pengukuran FEV<sub>1</sub> terbesar adalah sebesar 0.2 L. Jika kedua kriteria tidak dipenuhi setelah tiga manuver, tes tersebut tidak bisa diinterpretasi. Pengulangan hanya sampai maksimal delapan kali. Selain manfaat-manfaat spirometri yang telah dikemukakan di atas, spirometri juga dapat dipakai untuk menjawab isu-isu dalam *clinical management* dan *health screening*.<sup>5,6</sup>

Pajanan hazard inhalan dapat menimbulkan respons iritan, fibrotik, alergik, infeksius, karsinogenik, dan sistemik bagi manusia. Iritan memberikan pola umum, peradangan jaringan non-spesifik, dan kerusakan dapat terjadi pada tempat kontak kontaminan. Beberapa iritan dapat saja tidak memberikan efek sistemik karena respons iritan lebih besar daripada efek sistemik manapun, sementara beberapa di antaranya dapat memberikan efek sistemik yang bermakna setelah penyerapan, misalnya hidrogen sulfida

yang diabsorpsi melalui paru. Pada konsentrasi tinggi iritan dapat menyebabkan rasa terbakar di hidung dan tenggorokan (dan biasanya juga di mata), rasa sakit pada dada dan batuk yang menyebabkan peradangan di mukosa (*tracheitis, bronchitis*), misalnya akibat gas-gas iritan seperti *chlorine, fluorine, SO<sub>2</sub>, phosgene* dan oksida-oksida nitrogen, uap asam atau alkali, uap logam *cadmium*, debu *zinc chloride* dan *vanadium pentoxide*. Iritan-iritan kimiawi berkonsentrasi tinggi juga dapat menembus sampai ke dalam paru dan menyebabkan udem paru (alveoli terisi cairan) atau inflamasi (*chemical pneumonitis*).<sup>25</sup>

Asap rokok memegang peranan sangat penting dalam proses terjadinya inflamasi dan pajanan terhadap toksin-toksin yang ada di dalam asap tembakau ini memegang peran utama dalam patogenesis PPOK. Asap rokok mengandung sekitar 4,700 senyawa kimia termasuk 60 karsinogen yang diketahui. Partikulat kimiawi dan *gaseous irritants* ini dapat menyebabkan inflamasi dan pembengkakan saluran napas. Resultan penyempitan saluran napas menyebabkan obstruksi aliran udara dan terperangkapnya udara di paru seperti balon yang hiperinflasi. Bahan kimia yang begitu banyak di dalam asap tembakau juga memicu beberapa reaksi enzimatik yang selanjutnya menyebabkan kerusakan pada jaringan paru. Penyempitan saluran napas dan kerusakan jaringan paru keduanya berlangsung progresif, khususnya jika kebiasaan merokok berlanjut. Dalam beberapa tahun, kerusakan paru yang ireversibel menyebabkan gangguan pernapasan, kegagalan pernapasan, dan *premature death*. Pada bronkitis kronik, suatu respons inflamasi jalan napas yang disebabkan oleh pajanan asap tembakau yang kronik merupakan mekanisme patogenetik utama. Pada asma, merokok dapat memperberat peradangan saluran pernapasan yang memang sudah ada, dengan terjadinya *recruitment* sel-sel radang, pelepasan *pro-inflammatory mediators* dan peningkatan beberapa fungsi-fungsi selular. Selain peradangan, merokok juga dikaitkan dengan peningkatan remodeling dinding saluran napas seperti pada asma kronik.<sup>33</sup> Rokok merupakan penginduksi kuat untuk terjadinya respons peradangan. *Inflammatory mediators*, termasuk *oxidants* dan *proteases*, dipercaya memainkan peranan penting dalam menyebabkan kerusakan paru. Rokok juga dapat merubah respons-respons perbaikan paru dalam beberapa cara. Terhambatnya perbaikan dapat menyebabkan destruksi jaringan yang selanjutnya menyebabkan *emphysema*, sementara perbaikan yang abnormal menyebabkan fibrosis

*peribronchiolar* yang selanjutnya menyebabkan terjadinya keterbatasan aliran udara pada jalan napas yang kecil.<sup>34</sup>

Berkaitan dengan respon fibrotik yang ditimbulkan oleh hazard inhalan, beberapa golongan debu dapat menyebabkan suatu kelompok gangguan paru kronik berupa *pneumoconioses*. Istilah umum ini meliputi banyak keadaan fibrotik di paru, dalam hal ini penyakit-penyakit yang ditandai oleh pembentukan jaringan parut pada jaringan ikat interstitial. *Pneumoconioses* diakibatkan oleh inhalasi dan selanjutnya retensi selektif debu-debu tertentu ke dalam alveoli, dan dari sini mengalami sekuestrasi interstitial. *Pneumoconioses* ditandai oleh lesi-lesi fibrotik spesifik, yang berbeda jenis dan polanya tergantung dari debu yang menyebabkan.<sup>25</sup>

Pajanan debu-debu mineral terkait dengan proses terjadinya obstruksi aliran udara kronik, yang mungkin juga dimediasi oleh *dust-induced fibrosis* pada saluran-saluran napas yang kecil. Mekanisme di balik terbentuknya *dust-induced airway fibrosis* masih belum pasti. Terdapat beberapa kemungkinan. Debu dapat menyebabkan fibrosis dinding jalan napas melalui inkorporasi jaringan granulasi dari proses-proses peradangan yang terjadi di lumen. Meski pembentukan fibrosis interstitial di daerah alveolar didokumentasikan dengan baik seperti pada *idiopathic interstitial fibrosis* atau *organizing diffuse alveolar damage*, tidak ada bukti bahwa debu memprovokasi respons yang sama di jalan napas. *In vivo*, debu memang menimbulkan reaksi inflamasi pada dinding jalan napas dan kemungkinan lain adalah bahwa reaksi fibrotik adalah merupakan reaksi terhadap mediator-mediator yang dikeluarkan oleh sel-sel radang eksogen ini. Namun, debu-debu ini sendiri telah terbukti menyebabkan produksi *fibrogenic cytokines* seperti *platelet-derived growth factor (PDGF) in vitro* dan juga *fibroblast growth factors* lainnya dari makrofag-makrofag alveolar dan interstitial. Kemungkinan ketiga adalah bahwa fibrosis dinding saluran napas merupakan efek langsung partikel debu yang menembus ke jaringan dan menyebabkan produksi *cytokine mediators* dan komponen-komponen matriks oleh epitel saluran napas dan sel-sel interstitial. Pada studi yang dilakukan oleh Dai dkk mengenai pajanan debu mineral yang dikaitkan dengan obstruksi jalan napas kronik, mereka menyimpulkan bahwa debu-debu mineral dapat menginduksi fibrosis



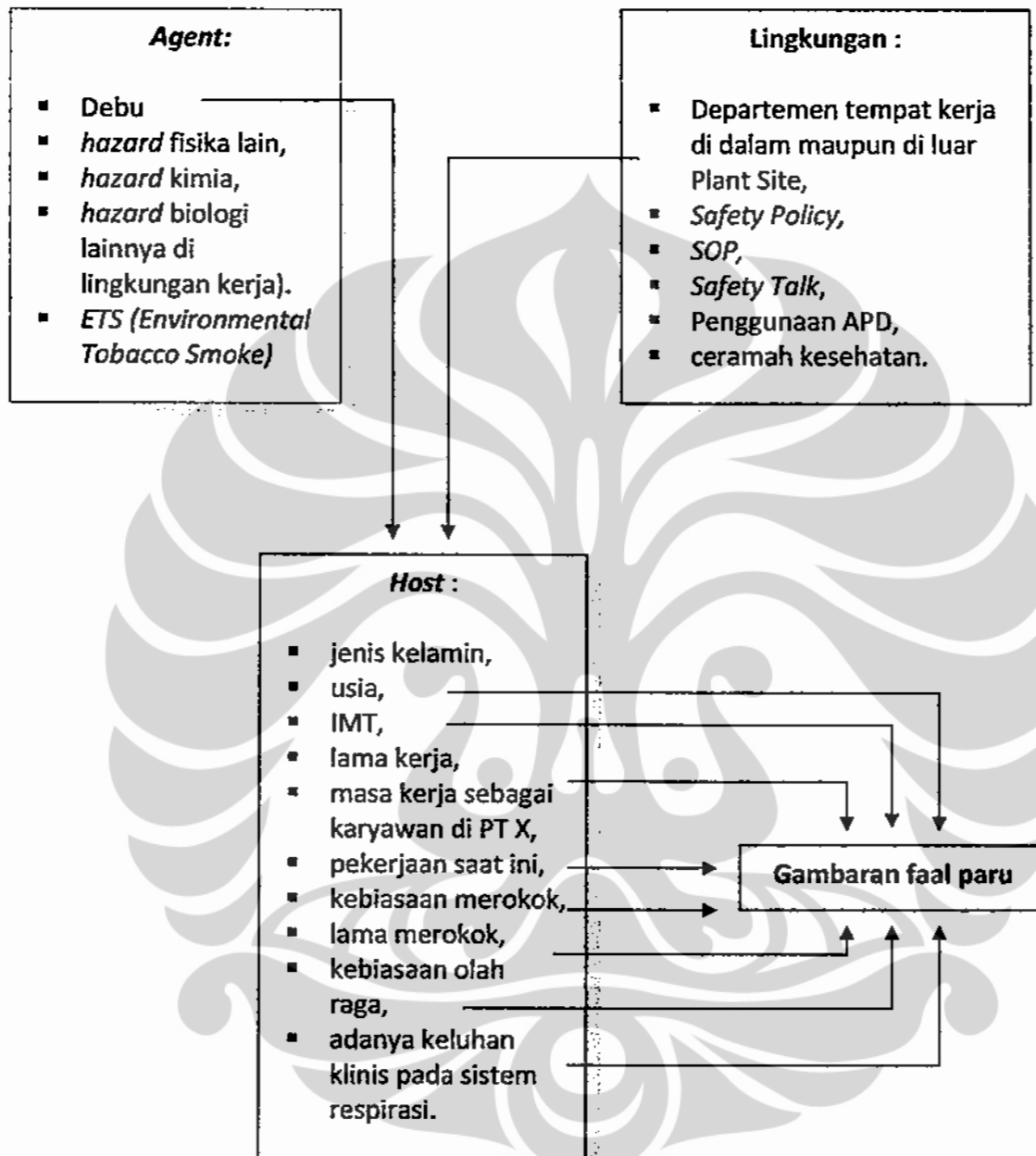
dinding jalan napas dengan secara langsung meng-*upregulating* mediator-mediator fibrogenik dan proliferasi dan juga komponen-komponen matriks di epitel saluran pernapasan dan interstitial, dan tidak diperlukan sel-sel radang dan sel-sel makrofag alveoli yang bersirkulasi untuk terjadinya efek-efek ini. Debu mineral yang berbeda menghasilkan pola-pola reaksi yang berbeda pula<sup>35</sup>

### 2.7 Kerangka konsep

Seorang karyawan sebagai *host* akan mendapat stimulasi dari lingkungan (seperti terlihat pada gambar 4 di halaman berikut), dalam hal ini *physical hazard* berupa debu, *chemical hazard* berupa berbagai uap/fumes dan asap, serta *biological hazard*, yang dapat terhirup, disamping paparan lain di luar dari itu seperti akibat inhalasi asap rokok dari diri sendiri maupun dari orang lain di lingkungannya. Hal-hal ini bisa berpengaruh pada nilai spirometri yang bersangkutan, di samping faktor lain seperti kebiasaan berolahraga. Yang dijadikan variabel penelitian dalam kerangka ini adalah departemen tempat kerja, usia, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga, IMT, dan adanya keluhan klinis yang berkaitan dengan sistem respirasi saat *check-up* terakhir. Adapun *agent* yang menjadi perhatian dalam penelitian ini adalah debu di lingkungan kerja dan asap rokok.

### 2.8 Hipotesis

Populasi karyawan yang bekerja di daerah *Plant Site* (dengan paparan debu yang diasumsikan lebih tinggi) memiliki kemungkinan lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru dibandingkan dengan kelompok karyawan yang bekerja di luar *Plant Site* (daerah dengan paparan debu yang diasumsikan lebih rendah).



Gambar 4. Kerangka konsep.

Pada gambar 4 di atas, variabel yang diberi garis solid adalah variabel yang dijadikan bahasan pada penelitian ini yang pada akhirnya dianggap memberi pengaruh pada variabel dependen berupa gambaran faal paru. Variabel lainnya tidak diteliti.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *cross sectional* dengan analisis komparatif menggunakan data rekam medik *check-up* karyawan, dengan membandingkan kelompok yang bekerja di dalam area *Plant Site* (yang diasumsikan terpajanan debu lebih tinggi) dan kelompok yang bekerja di luar daerah *Plant Site* (yang diasumsikan terpajanan debu lebih rendah).

#### 3.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan di PT X pada bulan Maret 2009, sampai pada bulan Juni 2009.

#### 3.3 Populasi

Populasi penelitian adalah karyawan laki-laki di beberapa departemen di PT X, baik dalam area *plant site*, yakni populasi di daerah yang diasumsikan terpajanan debu lebih tinggi (Departemen *Process Plant, MGX, Utilities, Process Technology, MEM, SES, SCM, HRD, Accounting, FES, SHE*), maupun di luar area *plant site*, yakni populasi dengan pajanan debu yang diasumsikan lebih rendah (*MED, Security, TAS, dan EXR*).

#### 3.4 Sampel

##### 3.4.1 Besar Sampel

Jumlah sampel yang diteliti menggunakan rumus perhitungan berikut ini :<sup>36,37</sup>

$$n = \frac{[z_{1-\alpha} \sqrt{2P(1-P)} + z_{1-\beta} \sqrt{P_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)}]^2}{(P_1 - P_2)^2}$$

n = jumlah sampel

$z_{1-\alpha}$  = adalah nilai z pada derajat kepercayaan  $1-\alpha$ , atau derajat kemaknaan  $\alpha$  pada uji 1 sisi (*one tail*).

$$P = (P_1 + P_2)/2$$

$z_{1-\beta}$  = adalah nilai z pada kekuatan uji (*power*)  $1-\beta$ .

$P_1$  = proporsi pada populasi 1

$P_2$  = proporsi pada populasi 2

$(P_1 - P_2)$  = beda proporsi pada populasi.

Pada literatur<sup>38</sup>, didapatkan angka  $P_1 = 30$ , dan  $P_2 = 17$  sehingga jika dimasukkan pada rumus di atas,  $n1 = n2 = 87,07$ . Total sampel adalah  $87,07 \times 2 = 174,14$  atau dibulatkan menjadi 175 orang. Jika memakai *judgement* untuk angka  $P_1 = 30$  dan  $P_2 = 15$  kemudian dimasukkan pada rumus di atas,  $n1 = n2 = 47,24$ , dan total sampel diperoleh sebesar  $47,24 \times 2 = 94,48$  atau dibulatkan menjadi 100 orang.

### 3.4.2 Cara Pengambilan sampel

Pengambilan *Medical Check-Up Record file* berdasarkan *proportional random sampling* yang dibagi sesuai dengan area kerja masing-masing karyawan di berbagai departemen di dalam dan luar plant site area (jumlah karyawan di masing-masing departemen berdasarkan presentasi jumlah total karyawan di PT X, misal: di departemen A ada 150 orang, total karyawan 3700, maka besarnya 4%, kali jumlah sampel  $316 = 12,8$  orang utk departemen A, dibulatkan 13 orang), yang memenuhi kriteria inklusi sampel sampai tercapai jumlah sesuai rumus perhitungan jumlah sampel. *Random numbers* digenerate dengan program EpiInfo.

### 3.4.3 Kriteria Inklusi

3.4.3.1 Sampel berjenis kelamin laki-laki dari dalam *Plant Site* sebagai kelompok yang diamati, yakni populasi yang bekerja di daerah dengan pajanan debu yang diasumsikan lebih tinggi yakni departemen *Process Plant, MGX, Utilities, Process Technology, MEM, SES, SCM, HRD, Accounting, FES, EHS*.

3.4.3.2 Sampel dari daerah di luar *Plant Site* sebagai kelompok kontrol, yakni daerah dengan pajanan debu yang diasumsikan lebih rendah yaitu departemen *MED, Security, TAS, dan EXR*.

3.4.3.3 Telah menjadi Karyawan Tetap PT X setidaknya dua tahun.

3.4.3.4 Subjek mempunyai data *medical check-up record* lengkap, dengan *check-up* terakhir paling lama bulan Mei 2008.

#### 3.4.4 Kriteria Eksklusi

3.4.4.1 Pasien ekspatriat dan keluarganya

3.4.4.2 Memiliki riwayat TB, PPOK, asma, *ascites*, penyakit jantung, penyakit sistem gastrointestinal, sistem saraf, dan penyakit sistemik lainnya yang mempengaruhi pengembangan paru dan nilai faal paru.

3.4.4.3 Memiliki deformitas fisik yang mengganggu pengembangan paru seperti *kypho-scoliosis*.

### 3.5 Cara pengumpulan data

#### 3.5.1 Persiapan peneliti

3.5.1.1 Peneliti mengunjungi pihak Manajemen PT X yang diwakili *Chief Medical Officer* untuk mengajukan dan membahas rencana penelitian, kemudian meminta persetujuan tertulis untuk penelitian ini beserta izin penggunaan data *medical record*.

3.5.1.2 Peneliti kemudian berkordinasi dengan *Occupational Health Medical Officer* dan *Medical Record Supervisor* untuk secara resmi menyampaikan rencana penelitian ini dan memulai penelitian dengan bantuan mereka.

3.5.1.3 Peneliti kemudian memulai proses pengambilan *Medical Check-up Record File* berdasarkan *systematic random sampling* dengan membagi sesuai area kerja masing-masing karyawan di berbagai departemen di dalam dan luar *plant site area*.

3.5.1.4 Setiap *file* yang diambil kemudian disalin variabel yang diperlukan dan data interpretasi spirometri *check-upnya* ke dalam Tabel Induk dan spirogramnya difotokopi untuk dilampirkan.

3.5.1.5 Data yang sudah disalin ke dalam Tabel Induk kemudian diolah dalam program SPSS ver 11,5 untuk analisis bivariat dan multivariat.

### **3.5.2 Bahan dan alat penelitian**

#### **3.5.2.1 *Medical Check-up Record File***

#### **3.5.2.2 Komputer**

#### **3.5.2.3 *Software* analisis data : SPSS ver 11,5, Stata dan OpenEpi.**

#### **3.5.2.4 Printer**

#### **3.5.2.5 ATK (kertas, pulpen)**

#### **3.5.2.6 Mesin fotokopi**

### **3.5.3 Proses pengumpulan data**

Pengumpulan data akan dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang ada di *Medical Check-up Record file* karyawan, yang dilakukan dalam jam kantor di hari-hari kerja. Data diinput ke dalam Tabel Induk kemudian dilampirkan pula fotokopi dari spirogram setiap sampel. Penggunaan data sekunder ini (*medical record check-up file*) memperoleh izin penggunaan data *Medical Check-Up* dari pihak Manajemen PT X melalui *Chief Medical Officer*.

### **3.6 Cara pengolahan data**

Data diolah berdasarkan skala ukur dan tujuan penelitian, dilakukan uji univariat, bivariat dan multivariat.

### **3.7 Cara analisis data**

#### **3.7.1 Analisis Univariat**

Analisis univariat dilakukan terhadap data : Identitas, aspek individu, aspek pekerjaan, kebiasaan, dan lingkungan responden. Analisis univariat akan dilakukan dengan metode data kualitatif sesuai dengan kategorisasi yang terdapat pada batasan operasional. Proses analisis menggunakan *software* SPSS ver 11,5 dan Stata.

#### **3.7.2 Analisis Bivariat**

Analisis bivariat dilakukan untuk mencari hubungan antara variabel independen yaitu aspek individu (*host*) serta pekerjaan dengan variabel dependen yaitu gambaran fungsi paru (spirogram).

### 3.7.3 Analisis Multivariat

Analisis multivariat dilakukan untuk melihat variabel independen yang paling berpengaruh secara bermakna terhadap *outcome* berupa penurunan fungsi paru yang tergambar dari spirogram.

### 3.8 Cara penyajian data

Data akan disajikan dalam bentuk tabel deskripsi dan tabel 2 X 2. Tabel 1 merupakan tabel karakteristik reponden yang diteliti. Tabel 2 merupakan tabel Uji Kesetaraan. Tabel 3 mengenai nilai prevalensi pengukuran deskriptif mengenai aspek individu, pekerjaan, kebiasaan dan lingkungan responden. Tabel 4 adalah hasil analisis bivariat antara masing-masing variabel independen dengan variabel dependen. Tabel 5 menggambarkan hasil analisis multivariat antara berbagai variabel.

### 3.9 Etika penelitian

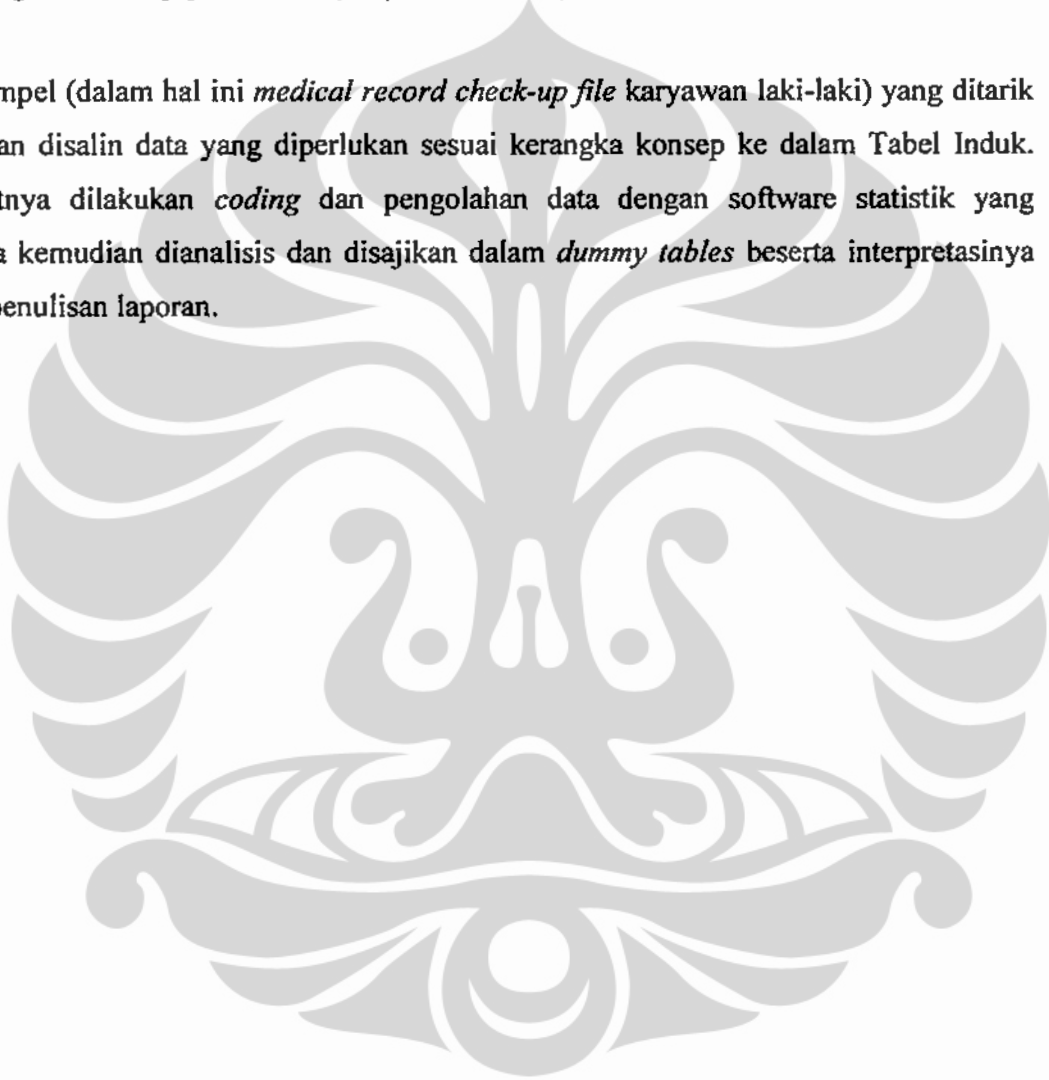
Sebelum dilakukan penelitian melalui telaah *medical check-up record file* karyawan yang ada di Bagian *Medical Record* Rumah Sakit PT X (*PT X Medical Services Department*) terlebih dahulu diminta persetujuan penelitian dan penggunaan data *medical check-up record file* karyawan PT X kepada pihak Manajemen PT X melalui *Chief Medical Officer PT X Medical Services Department* secara lisan dan tertulis. Dari institusi pendidikan, pelaksana penelitian ini meminta *Ethical Clearance* dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

### 3.10 Alur penelitian

Penelitian dirintis dengan pengajuan ide rencana penelitian kepada Ketua Program Studi Magister Kedokteran Kerja Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, bersamaan dengan pengajuan ide penelitian kepada pihak Manajemen PT X melalui *Chief Medical Officer* PT X. Setelah diperoleh persetujuan maka dirancang Konsep Penelitian yang setelah dipresentasikan kemudian dibuat Proposal Penelitian. Setelah Proposal disetujui dilakukan pengambilan data di Bagian *Medical Record* Rumah Sakit PT X (*Medical Services Department* PT X) dengan berkoordinasi dengan *Occupational Health Medical Officer* dan *Medical Record Supervisor*. Di tahap ini diambil *medical record check-up file*

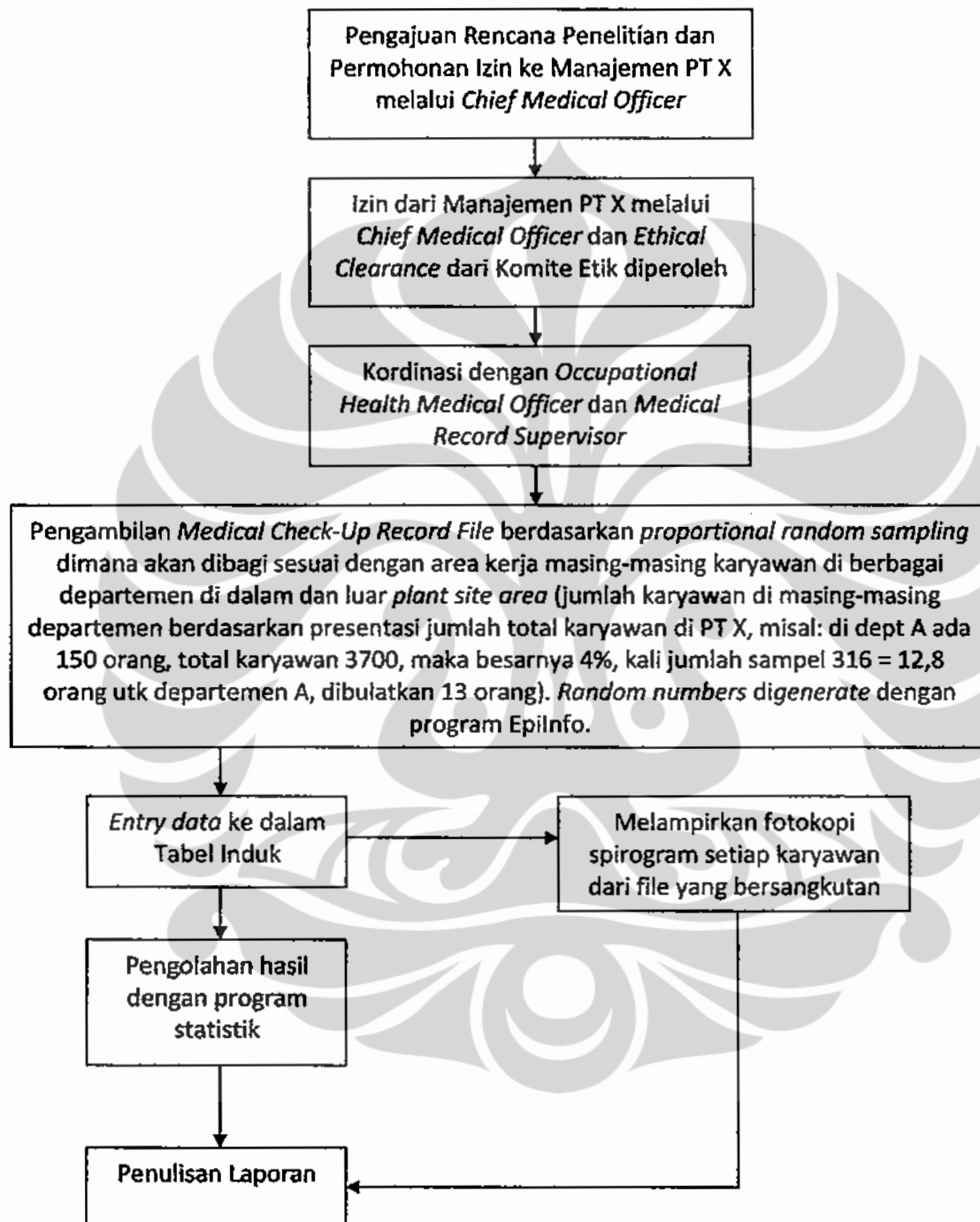
karyawan yang dipilih sebagai sampel yang memenuhi kriteria inklusi sampel sampai tercapai jumlah seperti yang didapatkan melalui rumus di atas dengan metode *proportional random sampling* dari kelompok yang bekerja di dalam *Plant Site* (dengan asumsi pajanan debu yang lebih tinggi) dan kelompok kontrol yang bekerja di luar *Plant Site* (dengan asumsi pajanan debu yang lebih rendah).

Dari sampel (dalam hal ini *medical record check-up file* karyawan laki-laki) yang ditarik kemudian disalin data yang diperlukan sesuai kerangka konsep ke dalam Tabel Induk. Selanjutnya dilakukan *coding* dan pengolahan data dengan software statistik yang hasilnya kemudian dianalisis dan disajikan dalam *dummy tables* beserta interpretasinya dalam penulisan laporan.





### 3.11 Diagram alur penelitian



Gambar 5. Diagram alur penelitian

### 3.12 Definisi Operasional

1. Spirometri : Pengukuran kapasitas dan fungsi pernapasan dengan menggunakan spirometer.
2. Spirometer : Alat yang digunakan untuk menilai fungsi pernapasan dengan mengukur volume udara inspirasi dan ekspirasi dalam batasan waktu untuk mengukur ventilasi yaitu mengukur volume statik dan volume dinamik paru, kelainan volume, aliran udara, yang dari sini dapat dikalkulasi seberapa efektif dan seberapa cepat paru-paru dapat dikosongkan dan diisi.
3. Spirogram : Suatu kurva volume-waktu yang terekam dari pemeriksaan spirometri seseorang.
4. Uji Fungsi Paru : Pemeriksaan spesifik yang bertujuan mendiagnosis berbagai gangguan fungsi paru termasuk di antaranya spirometri, penentuan volume paru, dan kapasitas difusi.
5. Volume statik meliputi Volume Tidal (VT), Volume Cadangan Inspirasi (VCI), Volume Cadangan Ekspirasi (VCE), Volume Residu (VR), Kapasitas Vital (KV), Kapasitas Vital Paksa (KVP), Kapasitas Residu Fungsional (KRF), dan Kapasitas Paru Total (KPT).
6. Volume dinamik meliputi Volume Ekspirasi Paksa detik pertama ( $VEP_1$ ), dan *Maximal Voluntary Ventilation* (MVV).
7.  $FEV_1$  : *Forced Expiratory Volume in 1 second* ( $VEP_1$ :Volume Ekspirasi Paksa dalam detik pertama) yakni volume udara yang dapat dihembuskan keluar dalam detik pertama, diukur setelah inspirasi maksimum.
8. VC : *Vital Capacity*/Kapasitas Vital, merupakan volume maksimum udara yang dapat dikeluarkan dari paru setelah inspirasi maksimal.
9. FVC : *Forced Vital Capacity*/(KVP:Kapasitas Vital Paksa), yakni Volume maksimum udara yang dapat yang dapat dikeluarkan secara paksa setelah inspirasi penuh.
10. Obstruktif : Keadaan faal paru yang ditandai dengan  $VEP_1 < 80\%$ , dan nilai prediksi  $VEP_1/KVP < 75\%$ . KVP normal atau menurun.

11. Restriktif : Keadaan faal paru yang ditandai dengan  $KV < 80\%$  nilai prediksi, dan nilai  $KVP < 80\%$  nilai prediksi. Rasio  $VEP_1/KVP$  normal atau tinggi.  $VEP_1$  menurun atau normal.
12. Normal : Keadaan faal paru yang ditandai dengan nilai  $KVP$  dan  $KV > 80\%$  nilai prediksi,  $VEP_1 > 80\%$  nilai prediksi, dan  $VEP_1/KVP > 75\%$ .
13. Campuran : Keadaan faal paru yang ditandai dengan kombinasi ciri restriktif dan obstruktif, yakni penurunan  $KVP$  dan rasio  $VEP_1/KVP$ .
14. *Plant Site* : Daerah pusat pengolahan, produksi, dan perkantoran utama, yang diasumsikan berpajanan debu lebih tinggi dibandingkan daerah di luar *Plant Site*.
15. Pekerjaan : Hal utama yang dilakukan secara reguler untuk mencari nafkah di luar rumah. Dalam hal ini pekerjaan (*job title*) seorang karyawan di suatu departemen di PT X. Di tempat dengan asumsi pajanan debu lebih tinggi (di area *Plant Site*) adalah *operator, mechanic, welder, tyerman, rigger, mason, electrician, helper, staff SCM, staff EHS, staff Fire & Rescue, dan Security*. Di tempat dengan asumsi pajanan debu lebih rendah (*office work* dan atau di luar *Plant Site*) adalah *staff admin/clerk, staff Medical Services, staff EXR, staff Town Admin Services, staff IT, staff HROD, staff Accounting, staff Internal Audit*.
16. Kategori pekerjaan : Kategorisasi pekerjaan berdasarkan jenis *blue collar* (1), *mixed* (2), dan *white collar* (3). *Blue collar* merupakan pekerjaan lapangan, *mixed* adalah pekerjaan yang mencakup pekerjaan lapangan dan pekerjaan manajerial/*clericall*/administratif, *white collar* adalah pekerjaan manajerial/*clericall*/administratif termasuk keperawatan.
17. Kebiasaan : Kegiatan yang menjadi hal yang otomatis dan atau sering berulang, dalam hal ini merokok.
18. PPOK : Penyakit Paru Obstruktif Kronik, yang ditandai dengan keterbatasan aliran udara yang tidak sepenuhnya reversibel akibat bronkitis atau emfisema. Keterbatasan ini biasanya progresif dan berkaitan dengan respons peradangan abnormal paru terhadap partikel-partikel atau gas-gas berbahaya. Nilai  $VEF_1/FVC < 70\%$ , dengan gejala batuk, produksi sputum, dan/atau sesak serta perpanjangan waktu ekspirasi paksa<sup>12</sup>

19. Nama responden : Nama sesuai dengan tanda pengenalan/*badge* atau menurut yang terdaftar di *Medical Record file*. Ditulis dalam inisial 2 huruf.
20. BN : *Badge Number*, nomor pegawai seperti terdaftar di perusahaan.
21. JK : Jenis Kelamin, jelas, sesuai jenis kelamin responden. Untuk penelitian ini semua sampel adalah laki-laki.
22. Usia : Masa hidup dalam satuan tahun yang dihitung berdasarkan tanggal lahir yang tertera di *Medical Record file*. Dikategorikan sebagai berikut :
- 20 – 30 tahun
  - 31 – 40 tahun
  - 41 – 50 tahun
  - > 50 tahun
23. Lama kerja : Jumlah jam kerja per hari, terbagi atas :
- 8 jam
  - 12 jam
24. Masa kerja sebagai karyawan PT X : Lamanya ikatan kerja dengan PT X yang dihitung dari DOH (*Date of Hire*) karyawan bersangkutan. Dikategorikan sebagai berikut :
- 2 - 7 tahun
  - 8 - 13 tahun
  - 14 - 19 tahun
  - $\geq 20$  tahun
25. *Department* : Departemen dalam PT X tempat karyawan yang bersangkutan bekerja. Ditulis dalam inisial 3 huruf :
- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| • PRO | • MEM | • MGR | • ITE |
| • MGX | • SES | • HRD | • MED |
| • UTI | • SCM | • ACC | • TAS |
| • PRT | • EHS | • IAU | • EXR |
26. Kategori departemen tempat kerja : Kategorisasi tempat kerja berdasarkan lokasi di dalam *Plant Site* yang diasumsikan berpajanan debu lebih tinggi (1) dan di luar *Plant Site* yang diasumsikan berpajanan debu lebih rendah (2). Yang termasuk

golongan 1 adalah PRO, MGX, PRT, UTI, SES, MEM, SCM, EHS. Yang termasuk golongan 2 adalah MED, ACC, MGR, HRD, IAU, ITE, TAS, EXR.

27. Lama di departemen sekarang : Masa sejak pertama ditempatkan di departemen yang bersangkutan saat ini. Dalam satuan tahun berikut :

- 2 - 7 tahun
- 8 - 13 tahun
- 14 - 19 tahun
- > 20 tahun

28. Rokok : Kebiasaan merokok, yang dikategorikan dalam Indeks Brinkman. Dibagi dalam kelompok :

- Tidak pernah merokok (*Never-smoker*)
- Perokok ringan (Index Brinkman  $\leq$  200)
- Perokok sedang (Index Brinkman 200 – 600)
- Perokok berat (index Brinkman > 600)

29. Lama merokok : Masa sejak pertama merokok sampai saat ini atau sampai berhenti. Dalam satuan tahun berikut :

- < 1 tahun
- 1-5 tahun
- 5- 10 tahun
- 10 – 15 tahun
- >15 tahun

30. Olah raga : Kebiasaan olah raga secara teratur. Dinyatakan dengan Ya atau Tidak.

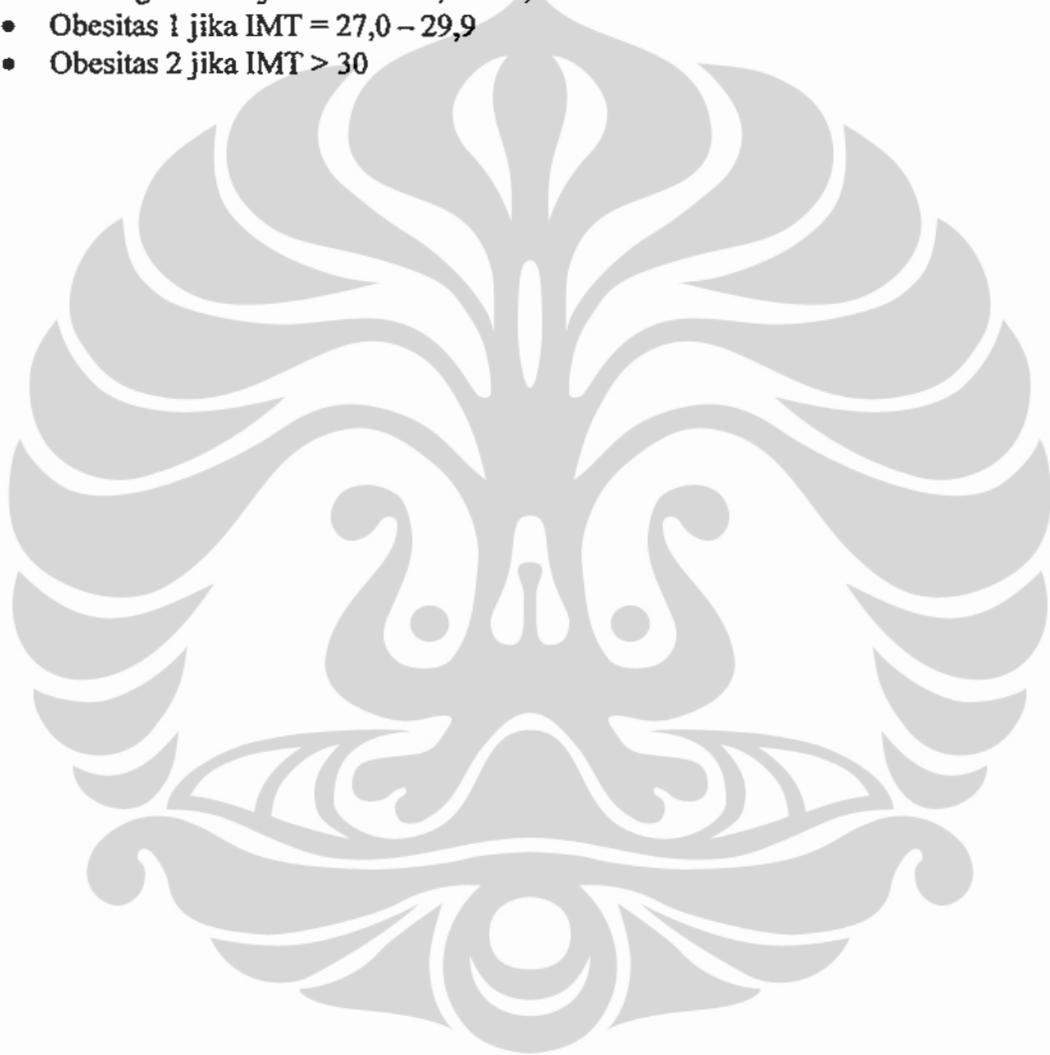
31. Masalah klinis saluran napas saat *check-up* : Gangguan kesehatan yang melibatkan saluran napas/sistem respirasi yang ditemukan pada *check-up* terakhir. Dinyatakan dengan Ya atau Tidak.

32. Hasil spirometri : Interpretasi spirogram pada *check-up* terakhir :

- Normal
- Obstruktif
- Restriktif
- Campuran

33. Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah nilai status gizi berdasarkan perhitungan berat badan (dalam satuan kilogram), dibagi kuadrat tinggi badan (dalam satuan meter) yang dikategorikan sebagai :

- Status gizi kurang jika  $IMT < 18,5$
- Status gizi normal jika  $IMT = 18,5 - 24,9$
- Status gizi lebih jika  $IMT = 25,0 - 26,9$
- Obesitas 1 jika  $IMT = 27,0 - 29,9$
- Obesitas 2 jika  $IMT > 30$



## BAB 4

### HASIL PENELITIAN

Pada bab ini diajukan data hasil penelitian berupa deskripsi demografik sampel terpilih pada dua kelompok pekerja yakni pekerja yang berada di departemen-departemen yang berada di dalam *Plant Site* atau disebut juga wilayah kerja *high risk* (dalam hal ini PRO [Process Plant], MGX [Mining Geology Exploration], PRT [Process Technology, UTI [Utilities], SES [Support Engineering Services], MEM [Mobile Equipment Maintenance], SCM [Supply Chain Management/Logistic & Procurement], EHS [Environment Health Safety]) dan departemen-departemen di luar *Plant Site* yang karyawannya diasumsikan terpajan debu lebih rendah atau disebut juga wilayah kerja *low risk* (dalam hal ini MED [Medical Services], ACC [Accounting/Comptroller], MGR [Manager], HRD [Human Resources and Organization Development], IAU [Internal Audit], ITE [Information, Technology, Electronics], TAS [Town Administration Services], EXR [External Relation]).

Sampel didapatkan berdasarkan *proportional random sampling*. Pemilihan dibagi sesuai dengan area kerja masing-masing karyawan di berbagai departemen di dalam dan luar *plant site area* (jumlah karyawan di masing-masing departemen berdasarkan presentasi jumlah total karyawan di PT X, misalnya di departemen A ada 150 orang, total karyawan 3700, maka besarnya 4%, kali jumlah sampel  $316 = 12,8$  orang utk departemen A, dibulatkan 13 orang) yang memenuhi kriteria inklusi sampel sampai tercapai jumlah sesuai rumus perhitungan jumlah sampel. Dengan jumlah karyawan PT X total sebesar 3526 orang (data 2008), Departemen PRO yang jumlah karyawannya sebesar 836 orang, proporsinya sebesar 23,7% dan jumlah sampel yang diambil sebesar 47 orang. Selanjutnya Departemen MGX yang jumlah karyawan totalnya sebesar 1251 orang, jumlah sampelnya sebesar 70 orang. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran Tabel Induk. *Random numbers digenerate* dengan program EpiInfo. Pada literatur<sup>38</sup> didapatkan angka  $P_1 = 30$ , dan  $P_2 = 17$  sehingga jika dimasukkan pada rumus penentuan jumlah sampel,  $n_1 = n_2 = 87,07$ . Total sampel adalah  $87,07 \times 2 = 174,14$  atau dibulatkan menjadi 175 orang. Dalam pelaksanaannya, ketika meng-*generate* keluaran sebesar 300

sampel dengan program EpiInfo ternyata yang dapat digunakan sesuai kriteria inklusi hanya sekitar 30 % berhubung banyaknya karyawan yang telah pensiun, *resign*, atau memiliki poin kriteria eksklusi. Akhirnya di-*generate* 900 keluaran sampel dan didapatkan sampel sebesar 334. Hasil selengkapnya adalah sebagai berikut :

#### 4.1 Karakteristik subjek penelitian.

Tabel 4.1 Karakteristik Demografi Subjek Penelitian

Variabel	n	%
<b>Usia</b>		
20-30	88	26,3
31-40	154	46,1
41-50	44	13,2
>50	48	14,4
<b>Pekerjaan</b>		
Blue collar	224	67,0
Mixed	47	14,1
White collar	63	18,9
<b>Masa kerja</b>		
2-7	203	60,8
8-13	58	17,4
14-20	20	6,0
>20	53	15,9
<b>Departemen</b>		
Pajanan debu tinggi	270	80,8
Pajanan debu rendah	64	19,2
<b>Rokok</b>		
•Tidak pernah merokok	189	56,6
•Perokok ringan	108	32,3
•Perokok sedang	34	10,2
•Perokok berat	3	0,9
<b>Hasil Spirometri</b>		
Normal	220	65,9
Restriktif	103	30,8
Obstruktif	11	3,3
Campuran	0	0
<b>Olahraga</b>		
Ya	194	58,1
Tidak	140	41,9
<b>Keluhan klinis sistem resp</b>		
Ada	41	12,3
Tidak ada	293	87,7
<b>Status Gizi (IMT)</b>		
Gizi Kurang	20	6,0
Gizi Normal	177	53,0
Gizi Lebih	66	19,8
Obese 1	57	17,0
Obese 2	14	4,2



Dari Tabel 4.1, usia terbanyak subjek penelitian ini adalah pada rentang 31-40 tahun, yakni sebanyak 46,1 %. Dari sisi pekerjaan, yang dibagi menjadi tiga golongan yakni *blue collar*, *mixed*, dan *white collar*, golongan *blue collar* adalah dominan yakni sebesar 67,0 %. Adapun golongan *white collar* dan *mixed* masing-masing sebesar 18,9 % dan 14,1 %. Karyawan dengan masa kerja 2-7 tahun menempati proporsi terbesar yakni 60,8 %, dan yang paling sedikit adalah rentang masa kerja 14-20 tahun yakni sebesar 6,0 %. Sebagian besar karyawan bekerja di lingkungan dengan pajanan debu yang diasumsikan lebih tinggi (*high risk*) yakni sebesar 80,8 %. Sisanya bekerja di lingkungan pajanan debu yang diasumsikan lebih rendah (*low risk*).

Dalam hal merokok, 56,6 % karyawan yang menjadi sampel pada penelitian ini tergolong dalam kelompok *never smoker*. Adapun presentasi karyawan yang tergolong perokok berat adalah sebesar 0,9 %. Yang terbanyak pada kelompok perokok adalah perokok ringan yakni sebesar 32,3 %, disusul perokok sedang sebesar 10,2 %. Hasil spirometri karyawan sebagian besar adalah normal yakni sebesar 65,9 %. Hasil spirometri abnormal terbanyak adalah restriktif (30,8 %), kemudian obstruktif (3,3 %). Tidak ditemukan kelainan fungsi paru bersifat campuran. Pada aspek kebiasaan olah raga, 58,1 % mempunyai kegiatan berolah raga secara teratur, dan sisanya tidak berolah raga. Pada *check-up* terakhir, 12,3 % karyawan mempunyai keluhan klinis yang berkaitan dengan sistem pernapasannya. Dalam aspek status gizi yang diukur dengan indeks massa tubuh (IMT), 53,0 % berstatus gizi normal. Sisanya abnormal, dan terbanyak dalam kelompok ini adalah status gizi lebih yakni 19,8 % yang hanya beda sedikit dengan status gizi obese I yakni sebesar 17,0 %.

#### 4.2 Kesetaraan kelompok.

Untuk menganalisis faktor-faktor yang berkaitan dengan *outcome* spirometri pada pekerja-pekerja di tempat yang diasumsikan berpajanan debu lebih tinggi, maupun di tempat kerja yang berpajanan debu lebih rendah, maka sebelumnya dilakukan uji kesetaraan untuk mencari faktor-faktor setara dan dapat dibandingkan yakni dengan nilai  $p > 0,05$ . Tabel uji kesetaraan disajikan pada Tabel 4.2 di halaman berikut. Dari uji

kesetaraan pada tabel tersebut, terdapat variabel yang tidak setara dan tidak dapat dibandingkan ( $p < 0,05$ ) yakni Pekerjaan. Untuk analisis selanjutnya, variabel pekerjaan akan dibahas tersendiri. Variabel-variabel lainnya akan dianalisis lebih jauh dengan uji bivariat dan selanjutnya multivariat.

Tabel 4.2. Uji Kesetaraan

Variabel	High risk	Low risk	p
<b>Usia</b>			
20-30	72	16	0,342
31-40	130	24	0,829
41-50	34	10	0,956
>50	34	14	0,675
<b>Pekerjaan</b>			
Blue collar	216	8	0,000
Mixed	47	0	0,000
White collar	7	56	0,000
<b>Masa kerja</b>			
2-7	165	38	0,189
8-13	51	7	0,189
14-20	16	4	0,189
>20	38	15	0,189
<b>Rokok</b>			
•Tidak pernah merokok	1	0	-
•Perokok ringan	98	12	0,736
•Perokok sedang	26	8	0,807
•Perokok berat	2	1	0,568
<b>Spirometri</b>			
Normal	180	40	0,793
Restriktif	81	22	0,793
Obstruktif	9	2	0,793
Campuran	0	0	0,793
<b>Olahraga</b>			
Ya	156	38	0,816
Tidak	114	26	
<b>Keluhan klinis sistem respirasi</b>			
Ada	33	8	0,951
Tidak ada	237	56	
<b>Status Gizi (IMT)</b>			
Gizi kurang	16	4	0,388
Gizi normal	146	31	
Gizi lebih	48	18	
Obese 1	49	8	
Obese 2	11	3	

### 4.3 Prevalensi pada lingkungan kerja *high risk* dan *low risk*

Pada halaman berikut disajikan tabulasi silang antara variabel dependen dan golongan tempat kerja yang dibagi dalam kategori *high risk* dan *low risk*.

Tabel 4.3. Tabel Nilai Prevalensi Hasil Spirometri berdasarkan tempat kerja

	Normal		Abnormal						Total	
			Restriktif		Obstruktif		Campuran			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
High risk	180	66,7	81	30,0	9	3,3	0	0	270	100
Low risk	40	62,5	22	34,4	2	3,1	0	0	64	100
Total	220	65,86	103	30,83	11	3,29	0	0	334	100

Secara keseluruhan, prevalensi hasil spirometri abnormal (restriktif + obstruktif) sebesar 34,12 %. Untuk daerah *high risk*, proporsi yang mengalami kelainan pada hasil spirometri adalah 33,3 % berbanding 66,7 % hasil normal. Adapun pada daerah *low risk*, hasil abnormal sebesar 37,5 % berbanding 62,5 % hasil normal. Prevalensi gangguan paru restriktif pada kelompok *high risk* sebesar 0,3. Prevalensi gangguan paru obstruktif pada kelompok *high risk* sebesar 0,033. Prevalensi gangguan paru restriktif pada kelompok *low risk* sebesar 0,34. Prevalensi gangguan paru obstruktif pada kelompok *low risk* sebesar 0,031. Dari sini diperoleh nilai prevalensi untuk gangguan paru pada kelompok *high risk* =  $0,3+0,033=0,333$  (33,3%), dan prevalensi untuk gangguan paru pada kelompok *low risk* sebesar  $0,344+0,031=0,375$  (37,5%). Hasil ini menunjukkan daerah *low risk* mempunyai nilai prevalensi yang lebih tinggi, dengan perbedaan  $37,5\% - 33,3\% = 4,2\%$ .

Berkaitan dengan jenis tempat kerja yang dibagi atas tempat kerja dengan pajanan debu tinggi (*high risk*, yang dalam hal ini adalah area kerja di dalam *plant site* PT X) dengan tempat kerja dengan pajanan debu rendah (*low risk*, dalam hal ini area kerja di departemen-departemen yang berlokasi di luar *plant site* PT X), *Workroom Health Hazard Monitoring* yang dilakukan oleh Balai Besar K3 tahun 2008 yang dilakukan di PT X, didapatkan bahwa debu Nikel pada 139 titik sampling secara keseluruhan masih di bawah NAB dengan kadar terendah  $0,0016 \text{ mg/m}^3$  (pada *Screening Station 8 Mine Operation*) dan kadar tertinggi  $0,8536 \text{ mg/m}^3$  (pada *Burner Dryer #3 Process Plant*). Demikian pula untuk debu Silika yang diukur pada 101 titik sampling secara keseluruhan masih di bawah NAB dengan hasil menunjukkan beberapa titik sampling tidak terdeteksi dan tertinggi sebesar  $0,0817 \text{ mg/m}^3$  pada *CO/Skimming Area Lt. 2 Converter 3 Calcine*

*Handling Process Plant*. Debu *Cobalt* (tertinggi  $0.0015 \text{ mg/m}^3$ ), *Chromium* (tertinggi  $0,4015 \text{ mg/m}^3$ ), dan *Mangan* (tertinggi  $0,0770 \text{ mg/m}^3$ ), secara keseluruhan juga masih di bawah NAB. NAB bahan-bahan tersebut berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor : SE-01/MEN/1997 tentang Nilai Ambang Batas Bahan Kimia masing-masing adalah: Nikel  $1 \text{ mg/m}^3$ , Silika  $0,1 \text{ mg/m}^3$ , *Cobalt*  $\text{mg/m}^3$   $0,002 \text{ mg/m}^3$ , *Chromium*  $0,5 \text{ mg/m}^3$ , dan *Mangan*  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . *Hazard monitoring* ini dilakukan dengan melakukan *grab sampling* satu kali pada siang hari, di lokasi lingkungan kerja dimana tenaga kerja terpajan, yang keseluruhan prosesnya berlangsung sejak 2 Januari - 6 Maret 2008.<sup>3</sup>

#### 4.4 Analisis hubungan antara hasil spirometri dengan karakteristik demografik.

Pada analisis bivariat antara hasil spirometri dan golongan umur, nampak golongan umur 41-50 dan >50 tahun memiliki kemaknaan hubungan ( $p < 0,05$ ) untuk *outcome* obstruktif. Untuk kelompok umur >50 tahun, bila dibandingkan dengan kelompok referens, memiliki risiko hampir 3 kali lipat (2,79) untuk terjadinya gangguan fungsi paru restriktif (CI 95% = 1,306-5,974).

Bila ditinjau hubungan antara hasil spirometri dan kebiasaan merokok, maka kelompok perokok sedang memiliki hubungan kemaknaan dengan *outcome* obstruktif ( $p = 0,013$ , CI 95% = 1,714-23,998) dengan risiko 6,4 kali lebih besar dibanding kelompok referens. Untuk variabel ada tidaknya kebiasaan olah raga yang dihubungkan dengan hasil spirometri, kelompok yang tidak ada kebiasaan olah raga memiliki risiko 0,72 kali lebih besar untuk terjadinya gangguan restriktif dibanding kelompok yang memiliki kebiasaan olah raga sebagai referens ( $p = 0,184$ , CI 95% = 0,450-1,158), dan risiko sebesar 0,36 kali untuk terjadinya gangguan obstruktif ( $p = 0,120$ , CI 95% = 0,102-1,266). Namun, dengan nilai CI yang melampaui angka 1, maka kecenderungan ini tidak dapat dijadikan patokan untuk risiko gangguan faal paru, dan nilai OR tersebut akan diuji lebih lanjut pada analisis multivariat.

Pada analisis bivariat antara hasil spirometri dengan ada tidaknya keluhan klinis yang berkaitan dengan saluran napas pada saat *check-up*, terdapat hubungan kemaknaan dengan  $p = 0,009$  (CI 95% = 1,331-17,998) dan risiko hampir lima kali untuk terjadinya

Tabel 4.4. Tabel Uji Bivariat karakteristik demografik

	Normal		Abnormal				Restriktif			Obstruktif		
	n	%	n	%	n	%	OR	CI 95	p	OR	CI 95	p
<b>Usia</b>												
20-30	64	29,1	24	23,3	0	0		referens				
31-40	106	48,2	45	43,7	3	27,3	1,132	0,631-2,031	0,677	Tbd	-	0,248
41-50	29	13,2	12	11,7	3	27,3	1,103	0,486-2,506	0,813	Tbd	-	0,035
>50	21	9,5	22	21,4	5	45,5	2,794	1,306-5,974	0,814	Tbd	-	0,001
<b>Rokok</b>												
Tidak pernah merokok	132	60,0	52	50,5	5	45,5		referens				
Perokok ringan	70	31,8	36	35,0	2	18,2	1,430	0,889-2,299	0,139	1,821	0,359-6,150	0,251
Perokok sedang	17	7,7	13	12,6	4	36,4	1,913	0,922-3,967	0,078	6,413	1,714-23,998	0,013
Perokok berat	1	0,5	2	1,9	0	0	4,591	0,411-51,293	0,224	1,132	0,631-2,0310	0,677
<b>Olah raga</b>												
Ya	135	61,4	55	53,4	4	36,4		referens				
Tidak	85	38,6	48	46,6	7	63,6	0,721	0,450-1,158	0,184	0,360	0,102-1,266	0,120
<b>Keluhan Klinis</b>												
Tidak ada	197	89,5	89	86,4	7	63,6		referens				
Ada	23	10,5	14	13,6	4	36,4	1,347	0,662-2,740	0,409	4,894	1,331-17,998	0,009
<b>Status Gizi</b>												
Gizi normal	113	51,4	56	54,4	8	72,7		referens				
Gizi kurang	15	6,8	5	4,9	0	0	0,6726	0,2327-1,944	0,2417	Tbd		0,1912
Gizi lebih	45	20,5	20	19,4	1	9,1	0,8968	0,4774-1,656	0,3689	0,3155	0,0137-2,053	0,1431
Obese 1	40	18,2	16	15,5	1	9,1	0,8079	0,408-1,557	0,2677	0,3549	0,0154-2,318	0,1761
Obese 2	7	3,2	6	5,8	1	9,1	1,724	0,5214-5,564	0,1796	2,004	0,0793-15,46	0,2731

Tbd = tidak bisa dihitung

gangguan obstruktif dibandingkan kelompok referens. Untuk *outcome* restriktif ( $p = 0,409$ , CI 95% = 0,662-2,740) terdapat risiko sebesar 1,3 kali dibandingkan kelompok referens. Namun karena nilai CI yang melebar melampaui angka 1, maka kecenderungan ini juga tidak dapat dijadikan patokan untuk risiko gangguan faal paru. Adapun pada analisis bivariat antara hasil spirometri dengan indeks massa tubuh (IMT), kesemua

kelompok IMT tidak memiliki kemaknaan hubungan ( $p > 0,05$ ). Kelompok Obese 2 (IMT  $> 30,0$ ) memiliki risiko kurang lebih 2 kali untuk terjadinya gangguan fungsi paru restriktif ( $p = 0,1796$ , CI 95% = 0,5214-5,564) maupun obstruktif ( $p = 0,2731$ , CI 95% = 0,0793-15,46). Akan tetapi dengan nilai CI yang melampaui angka 1, maka kecenderungan ini juga tidak dapat dijadikan patokan untuk risiko gangguan faal paru.

#### 4.5 Analisis hubungan antara hasil spirometri dengan variabel pekerjaan.

Tabel 4.5. Tabel hubungan antara hasil spirometri dengan variabel pekerjaan.

	Normal		Abnormal				Restriktif			Obstruktif		
	n	%	n	%	n	%	OR	CI 95	p	OR	CI 95	p
<b>Masa kerja</b>												
2-7	141	64,1	59	57,3	3	27,3		referens				
8-13	41	18,6	16	15,5	1	9,1	0,933	0,486-1,791	0,834	1,146	0,116-11,317	0,644
14-20	14	6,4	4	3,9	2	18,2	0,683	0,216-2,161	0,514	6,714	1,033-43,634	0,079
>20	24	10,9	24	23,3	5	45,5	2,390	1,257-4,542	0,007	9,792	2,195-43,680	0,004
<b>Departemen</b>												
Pajanan debu rendah	40	18,2	22	21,4	2	18,2		referens				
Pajanan debu tinggi	180	81,8	81	78,6	9	81,8	0,818	0,457-1,465	0,499	1,00	0,208-4,807	0,4741

Untuk variabel masa kerja yang dihubungkan dengan nilai spirometri, hanya kelompok masa kerja lebih dari 20 tahun yang memiliki kemaknaan hubungan ( $p = 0,004$  untuk *outcome* obstruktif dan  $p = 0,007$  untuk *outcome* restriktif) dengan CI 95% = 2,195-43,680 (untuk *outcome* obstruktif) dan CI 95% = 1,257-4,542 (untuk *outcome* restriktif). Kelompok masa kerja lebih dari 20 tahun ini berisiko 2,3 kali untuk terjadinya *outcome* restriktif, dan risiko sebesar 9,7 kali untuk terjadinya *outcome* obstruktif. Kelompok masa kerja 14-20 tahun berisiko 6,7 kali untuk terjadinya *outcome* obstruktif (CI 95% = 1,033-43,634,  $p = 0,079$ ). Kelompok referens adalah sampel yang memiliki masa kerja 2-7 tahun.

Analisis bivariat antara tempat kerja yang terbagi dalam kelompok *high risk* (paparan debu tinggi) dan *low risk* (paparan debu rendah) memperlihatkan tidak adanya kemaknaan hubungan (CI 95% = 0,457-1,465,  $p = 0,499$  untuk *outcome* restriktif, dan CI 95% = 0,457-1,465,  $p = 0,474$  untuk *outcome* obstruktif). Tidak ada perbedaan risiko antara kelompok dengan paparan debu yang diasumsikan lebih tinggi dan kelompok dengan paparan debu yang diasumsikan lebih rendah.

Jika kelainan fungsi paru disatukan dalam satu kategori menjadi variabel dependen “abnormal” maka analisis bivariatnya akan tampak seperti pada tabel 5.6. Pada tabel ini nampak bahwa yang bisa dimasukkan dalam analisis multivariat (faktor risiko dengan nilai  $p < 0,25$ ) adalah variabel kelompok usia  $>50$  tahun, perokok (baik Brinkman 1, 2, maupun 3), tidak berolah raga, memiliki keluhan klinis yang berkaitan dengan sistem pernapasan saat check-up terakhir, kelompok obese II, dan masa kerja  $>20$  tahun.

Dari variabel-variabel tersebut di atas, yang mempunyai kemaknaan hubungan adalah variabel kelompok usia  $>50$  tahun (CI 95% = 1,638-7,175; OR = 3,429), perokok sedang (CI 95% = 1,127-4,471; OR = 2,244), dan kelompok masa kerja  $>20$  tahun (CI 95% = 1,211-3,622; OR = 2,095). Variabel yang lain tidak memiliki kemaknaan hubungan. Khusus variabel rokok, OR meningkat dengan meningkatnya kategori Brinkman. Pada Brinkman 1, OR = 1,464, Pada Brinkman 2, OR = 2,244. Brinkman 3, OR = 4,253.

Jika variabel-variabel faktor risiko dengan nilai  $p < 0,25$  yang berasal dari analisis bivariat dengan variabel abnormalitas spirometri yang dipisahkan menjadi “restriktif”, “obstruktif”, dan “campuran”, dalam hal ini variabel usia  $> 50$  tahun, perokok sedang, tidak punya kebiasaan olah raga, adanya keluhan klinis, status gizi kurang, status gizi lebih, status gizi obese 1, masa kerja 14-20 tahun, dan masa kerja 20 tahun ke atas, digabungkan dengan variabel-variabel dari analisis bivariat dengan variabel abnormalitas spirometri yang digabungkan (variabel dependen “abnormal”) maka akan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.7 di halaman 69.

Berikut ini disajikan tabel bivariat antara hasil spirometri normal dan abnormal dengan variabel independen, dalam hal ini usia, rokok, olah raga, keluhan klinis, status gizi, masa kerja, dan departemen tempat kerja.

Tabel 4.6. Analisis bivariat antara hasil spirometri normal dan abnormal dengan variabel independen

	Spirometri				OR	CI 95%	p
	Normal		Abnormal				
	n	%	n	%			
<b>Usia</b>							
20-30	64	72,7	24	27,7	referens		
31-40	106	68,8	48	31,2	1,208	0,676-2,157	0,524
41-50	29	65,9	15	34,1	1,379	0,632-3,009	0,418
>50	21	43,8	27	56,3	3,429	1,638-7,175	0,001
<b>Rokok</b>							
Tidak pernah merokok	132	69,8	57	30,1	referens		
Perokok ringan	70	64,8	38	35,2	1,464	0,925-2,316	0,103
Perokok sedang	17	50,0	17	50,0	2,244	1,127-4,471	0,019
Perokok berat	1	33,3	2	66,7	4,257	0,381-47,482	0,201
<b>Olah raga</b>							
Ya	135	69,6	59	30,4	referens		
Tidak	85	60,7	55	39,3	0,675	0,428-1,066	0,091
<b>Keluhan Klinis</b>							
Tidak ada	197	67,2	96	32,8	referens		
Ada	23	56,1	18	43,9	1,606	0,827-3,117	0,159
<b>Status Gizi</b>							
Gizi normal	113	63,8	64	36,1	referens		
Gizi kurang	15	75,0	5	25,0	1,050	0,243-4,539	0,948
Gizi lebih	45	68,2	21	31,8	0,817	0,447-1,491	0,509
Obese 1	40	70,2	17	29,8	0,750	0,394-1,430	0,382
Obese 2	7	50,0	7	50,0	1,991	0,681-5,821	0,201
<b>Masa kerja</b>							
2-7	141	69,5	62	30,5	referens		
8-13	41	70,7	17	29,3	0,943	0,498-1,787	0,857
14-20	14	70,0	6	30,0	0,975	0,354-2,654	0,960
>20	24	45,3	29	54,7	2,095	1,211-3,622	0,008
<b>Departemen</b>							
Pajanan debu rendah	40	62,5	24	37,5	referens		
Pajanan debu tinggi	180	66,7	90	33,3	0,833	0,473-1,467	0,527



#### 4.6 Analisis multivariat faktor-faktor risiko terjadinya gangguan faal paru

Untuk melihat interaksi beberapa variabel yang merupakan faktor risiko terjadinya gangguan faal paru maka dilakukan analisis multivariat yang disajikan sebagai berikut :

Tabel 4.7. Uji multivariat faktor-faktor risiko terjadinya gangguan faal paru.

Variabel	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% CI Exp(B)	
							Lower	Upper
Umur (>50)	0,969	0,531	3,328	1	0,068	2,634	0,930	7,459
Perokok sedang	0,417	0,413	1,020	1	0,312	1,518	0,675	3,412
Tidak berolah raga	0,193	0,266	0,528	1	0,467	1,213	0,721	2,041
Ada gejala klinis	0,344	0,407	0,715	1	0,398	1,410	0,636	3,129
IMT > 30,0	0,383	0,567	0,456	1	0,500	1,467	0,483	4,458
Masa kerja >20tahun	0,088	0,429	0,042	1	0,837	1,092	0,471	2,532
Constant	-3,438	1,558	5,533	1	0,019	0,026		

Dari pengujian bivariat diambil faktor risiko dengan nilai  $p < 0,25$ , dalam hal ini variabel kelompok usia > 50 tahun, perokok sedang, tidak punya kebiasaan olah raga, adanya keluhan klinis, status gizi kurang, status gizi lebih, status gizi obese 1, masa kerja 14-20 tahun, dan masa kerja 20 tahun ke atas.

Pada tabel *variables in the equation* dari regresi logistik yang memberikan urutan kepentingan paling besar adalah variabel umur kemudian IMT, merokok, tidak berolahraga, adanya gejala klinis serta masa kerja yang lebih 14 tahun. Variabel yang di-*recode* menjadi dikotomik, ternyata keseluruhannya tidak signifikan ( $p > 0,05$ ). Bila diurutkan, faktor risiko yang diperkirakan berperan terhadap gangguan faal paru adalah :

1. Umur > 50 tahun
2. Kebiasaan merokok
3. IMT > 30,0
4. Ada gejala klinis saat *check-up*
5. Tidak berolah raga
6. Masa kerja > 20 tahun

#### 4.7 Analisis hubungan antara hasil spirometri dengan variabel rokok.

Hubungan antara hasil spirometri dengan variabel rokok dapat kita lihat pada tabel 4.4 dan 4.6. Dari 220 orang karyawan yang memiliki hasil spirometri normal, 88 orang di antaranya (40 %) adalah perokok. Kemudian, dari 103 orang karyawan dengan kelainan paru restriktif, terdapat 52 orang dari kelompok *never smoker*, 36 orang perokok ringan, 13 perokok sedang, dan 2 perokok berat. Untuk kelompok perokok sedang, memiliki kemaknaan hubungan dengan  $p = 0,019$ , CI 95% = 1,127-4,471, dan OR sebesar 2,244 (jika kita menggabungkan *outcome* spirometri abnormal). Pada uji bivariat yang memisahkan *outcome* abnormal menjadi restriktif, obstruktif dan campuran, kelompok variabel perokok sedang ini memiliki kemaknaan hubungan dengan  $p = 0,013$ , CI 95% = 1,714-23,998, dan OR sebesar 6,413 untuk *outcome* obstruktif. Adapun untuk *outcome* restriktif tidak memiliki kemaknaan hubungan dimana  $p = 0,078$ , CI 95% = 0,922-3,967, dan OR = 1,913. Hal ini selanjutnya akan dibahas pada bab Pembahasan berikut ini.

## BAB 5

### PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian *cross sectional* dengan metode *comparative study* dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara latar belakang pekerjaan (dalam hal ini lama kerja, masa kerja, jenis pekerjaan, departemen tempatnya bekerja) dengan nilai spirometri karyawan. Selain itu ingin juga diketahui hubungan antara kebiasaan merokok dengan nilai spirometri karyawan. Jumlah total sampel adalah sebesar 334.

#### 5.1 Keterbatasan penelitian

Terdapat banyak keterbatasan pada penelitian ini. Dengan pertimbangan waktu, tenaga dan dana, penelitian ini menggunakan desain *cross sectional* dengan metode analisis *comparative* dengan menggunakan data sekunder dari *medical check-up record* karyawan. Jadi pelaksanaan dan penilaian spirometri tidak dilakukan atau diawasi sendiri oleh peneliti. Dalam pengambilan sampel, dari rencana awal menggunakan dua kelompok dengan jumlah yang sama (150 orang karyawan dari daerah kerja *high risk* dan 150 orang karyawan dari daerah kerja), pada prakteknya hal ini menemui kesulitan karena dengan proporsi pekerja *blue collar* (ditambah *mixed*) dan *white collar* atau proporsi pekerja di daerah *high risk* dan *low risk* memang sangat jauh selisihnya (81,2 % pekerja *blue collar+mixed*, dan 18,9 % pekerja *white collar*, atau 80,8 % pekerja yang bekerja di daerah berpajanan debu tinggi dan 19,2 % pekerja yang bekerja di daerah berpajanan debu rendah) sehingga pada saat dilakukan *random sampling* sangat besar peluang untuk mendapatkan sampel karyawan dari golongan *blue collar*/pekerja dari daerah berpajanan debu tinggi dibandingkan karyawan dari golongan *white collar*/pekerja dari daerah berpajanan debu rendah. Selain itu, pada penelitian ini sampel yang diambil hanya dari jenis kelamin laki-laki yang ada pada populasi sehingga tidak mencerminkan keseluruhan populasi karyawan PT X secara lebih lengkap. Hal lain yang menjadi faktor keterbatasan penelitian adalah nilai spirometri pada penelitian ini tidak dikonfirmasi dengan hasil foto toraks karyawan pada kesempatan yang sama saat dilakukan pemeriksaan uji faal paru.

## 5.2 Prevalensi hasil spirometri obstruktif dan restriktif pada pekerja *blue collar*, *mixed*, dan *white collar*

Dari tabel 5.3. (Nilai Prevalensi Pengukuran), didapatkan prevalensi gangguan paru restriktif pada kelompok *high risk* sebesar 30% dan prevalensi gangguan paru obstruktif 0,3% . Prevalensi gangguan paru restriktif pada kelompok *low risk* sebesar 34 %, dan prevalensi gangguan paru obstruktif pada kelompok ini sebesar 0,31 %. Nilai prevalensi untuk gangguan paru pada kelompok *high risk* = 30,3%, dan prevalensi untuk gangguan paru pada kelompok *low risk* sebesar 34,31% sehingga *prevalence differencenya* sebesar 4,01%. Selisih prevalensi yang begitu kecil ini menunjukkan keserupaan efek berdasarkan wilayah tempat kerja atau dengan kata lain tempat kerja bukan merupakan faktor risiko atau faktor risiko tetapi diatasi oleh faktor lain yang bersifat protektif (misalnya pengendalian debu lingkungan dan penggunaan APD). *Prevalence ratio* adalah sebesar  $30,3/34,31=0,888$ . *Nilai prevalence ratio* ini memperkuat penjelasan sebelumnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Setyakusuma dkk mengenai pengaruh besi terhadap kesehatan paru pekerja di sebuah pabrik besi baja, diperoleh nilai prevalensi kelainan fungsi paru restriktif sebesar 11,9 % dan obstruktif sebesar 3,4 % pada kelompok *exposed*. Adapun pada kelompok *non-exposed* diperoleh nilai prevalensi kelainan fungsi paru restriktif sebesar 8,5 % dan untuk obstruktif sebesar 5,1 %.<sup>39</sup>

Jika kita melihat tabulasi silang antara jenis pekerjaan (*blue collar*, *mixed*, dan *white collar*) dengan hasil spirometri, maka prevalensi gangguan paru obstruktif pada kelompok pekerja *blue collar* adalah sebesar 3,1 %, pada pekerja *white collar* sebesar 3,2 %, dan pada kelompok *mixed* sebesar 4,3 %. Adapun prevalensi gangguan paru restriktif pada kelompok pekerja *blue collar* adalah sebesar 29,5 %, pada pekerja *white collar* sebesar 36,5 %, dan pada kelompok *mixed* sebesar 29,8 %. Jika kita melihat sebaran proporsi spirometri normal – restriktif – obstruktif pada kelompok *blue collar*, *white collar*, dan *mixed*, ketiga hasil spirometri ini mempunyai komposisi yang kurang lebih sama yakni masing-masing rata-rata 64,5 : 31,9 : 3,5 untuk hasil normal, restriktif, dan obstruktif.

### 5.3 Hubungan hasil spirometri obstruktif dan restriktif dengan karakteristik demografi

Gambaran demografik memperlihatkan usia terbanyak subjek penelitian ini adalah pada golongan rentang 31-40 tahun, yakni sebanyak 46,1 %. Dari sisi pekerjaan, yang dibagi menjadi tiga golongan yakni *blue collar*, *mixed*, dan *white collar*, golongan *blue collar* adalah dominan yakni sebesar 67,0 %. Adapun golongan *white collar* dan *mixed* masing-masing sebesar 18,9 % dan 14,1 %. Karyawan dengan masa kerja 2-7 tahun menempati proporsi terbesar yakni 60,8 %, dan yang paling sedikit adalah rentang masa kerja 14-20 tahun yakni sebesar 6,0 %. Sebagian besar karyawan bekerja di dalam area Plant Site yakni lingkungan yang diasumsikan terpajanan debu lebih tinggi (*high risk*) yakni sebesar 80,8 %. Sisanya bekerja di lingkungan luar Plant Site yang pajanan debunya diasumsikan lebih rendah (*low risk*).

Dalam hal merokok, 56,6 % karyawan yang menjadi sampel pada penelitian ini tergolong dalam kelompok *never smoker*. Adapun presentasi karyawan yang tergolong perokok berat adalah sebesar 0,9 %. Yang terbanyak pada kelompok perokok adalah perokok ringan yakni sebesar 32,3 %, disusul perokok sedang sebesar 10,2 %. Hasil spirometri karyawan sebagian besar adalah normal yakni sebesar 65,9 %. Hasil spirometri abnormal terbanyak adalah restriktif (30,8 %), kemudian obstruktif (3,3 %). Tidak ditemukan kelainan fungsi paru bersifat campuran. Pada aspek kebiasaan olah raga, 58,1 % mempunyai kegiatan berolah raga secara teratur, dan sisanya tidak berolah raga. Pada *check-up* terakhir, 12,3 % karyawan mempunyai keluhan klinis yang berkaitan dengan sistem pernapasannya. Dalam aspek status gizi yang diukur dengan indeks massa tubuh (IMT), 53,0 % berstatus gizi normal. Sisanya abnormal, dan terbanyak dalam kelompok ini adalah status gizi lebih yakni 19,8 % yang hanya beda sedikit dengan status gizi obese I yakni sebesar 17,1 %.

Dari gambaran di atas terlihat bahwa karyawan yang menjadi sampel dalam penelitian ini dominan dari kelompok usia produktif (dalam hal ini golongan rentang usia 31-40 tahun),

dari jenis pekerjaan *blue collar*, dengan masa kerja 2-7 tahun, dan bekerja di wilayah kerja *high risk*, dalam hal ini daerah berpaparan debu tinggi. Lebih dari setengah sampel ini (58,1 %) mempunyai kegiatan berolah raga secara teratur. Pada *check-up* terakhir, 12,3 % karyawan mempunyai keluhan klinis yang berkaitan dengan sistem pernapasannya. Dalam aspek status gizi yang diukur dengan indeks massa tubuh (IMT), 53,0 % berstatus gizi normal. Sisanya abnormal, dan terbanyak dalam kelompok ini adalah status gizi lebih yakni 19,8 % yang hanya beda sedikit dengan status gizi obese I yakni sebesar 17,1 %.

Dalam aspek merokok, 56,6 % karyawan yang menjadi sampel pada penelitian ini tergolong dalam kelompok *never smoker*. Pada tabulasi silang variabel indeks Brinkman dan variabel dependen yakni hasil spirometri, dari 334 sampel, terdapat 220 karyawan yang spirometrinya normal (65,9 % dari total sampel), 103 yang restriktif, dan 11 obstruktif. Tidak ditemukan kelainan pada spirometri bersifat campuran. Dari 220 karyawan tergolong normal tadi, 132 dari golongan *never smoker*, 70 dari Brinkman 1, 17 dari Brinkman 2, dan 1 orang dari Brinkman 3. Dari 220 sampel dengan spirometri normal ini, 40 % adalah perokok, yang didominasi oleh perokok ringan (31,8 %). Adapun hasil spirometri restriktif adalah sejumlah 103 karyawan (30,8 % dari total sampel) dimana 49,5 % dari golongan restriktif ini adalah perokok, terutama perokok ringan (35,0 %). *Outcome* obstruktif berjumlah 11 dari 334 orang sampel atau sebesar 3,3 %. Bagian terbesarnya adalah dari kalangan *never smoker* yakni 5 orang (45,5 %), kemudian perokok sedang 4 orang (36,4 %), dan perokok ringan 2 orang (18,2 %).

Hal yang menarik nampak pada tabulasi silang antara kebiasaan merokok (indeks Brinkman) dengan gangguan fungsi paru. Pada kelompok *never smoker*, proporsi normal – restriktif – obstruktif berturut-turut adalah 69,8 %, 27,5 %, dan 2,6 %. Pada kelompok perokok ringan proporsinya berturut-turut adalah 64,8 %, 33,3 %, dan 1,9 %. Pada kelompok perokok sedang, proporsinya berturut-turut adalah 50,0 %, 38,2 %, dan 11,8 %. Pada kelompok perokok berat, proporsinya berturut-turut adalah 33,3 %, 66,7 %, dan 0 % untuk obstruktif ( $p = 0,037$ ). Pola yang terlihat di sini adalah pada gradasi dari kelompok *never smoker* ke perokok berat, proporsi hasil spirometri normal menurun secara bertahap, dan proporsi kelainan restriktif meningkat secara bertahap. Adapun kelainan

obstruktif tidak menunjukkan suatu pola tertentu. Sepintas ada kesan bahwa semakin lama dan semakin banyak rokok yang dihisap (semakin besar indeks Brinkman) maka semakin besar peluang terjadinya kelainan paru restriktif. Lederer DJ dkk. pada penelitian mengenai keterkaitan antara merokok dan penyakit paru parenkimal subklinis (The MESA-Lung Study 2008) menyimpulkan bahwa merokok dapat menyebabkan penyakit paru parenkimal subklinis yang dapat dideteksi melalui spirometri dan pencitraan CT bahkan di kalangan populasi yang nampak sehat.<sup>40</sup> Selain itu, analisis bivariat pada tabel 5.7 masih memasukkan unsur pajanan lain ke dalam tabulasi silang tersebut.

Pada tabulasi silang antara kebiasaan merokok (indeks Brinkman) dengan daerah tempat kerja, dari 189 orang *never smoker*, 77,2 % bekerja di wilayah kerja *high risk* (diasumsikan berpajanan debu tinggi), dan sisanya, 22,8 % bekerja di wilayah kerja *low risk* (di luar *Plant Site*, diasumsikan berpajanan debu lebih rendah). Dari 334 karyawan yang menjadi sampel, 270 orang di antaranya (80,8 %) bekerja di wilayah kerja *high risk* (di dalam *Plant Site*). Sisanya, 19,2 %, bekerja di wilayah kerja *low risk*. Pada daerah *high risk*, 45,9 % karyawan adalah perokok, dengan dominasi kelompok perokok ringan (35,6 %). Pada daerah *low risk*, 32,8 % karyawan adalah perokok, dan sebagian besar juga adalah perokok ringan yakni 32,3 %. Jika dilihat prevalensinya, nilai prevalensi untuk gangguan paru pada kelompok *high risk* = 30,3%, dan prevalensi untuk gangguan paru pada kelompok *low risk* sebesar 34,31%, sehingga *prevalence differencenya* sebesar 4,01%. Selisih prevalensi yang begitu kecil ini menunjukkan keserupaan efek berdasarkan wilayah tempat kerja atau dengan kata lain tempat kerja bukan merupakan faktor risiko atau faktor risiko tetapi diatasi oleh faktor lain yang bersifat protektif (misalnya pengendalian debu lingkungan dan penggunaan APD). *Prevalence ratio* adalah sebesar  $30,3/34,31=0,888$ . Nilai *prevalence ratio* ini memperkuat penjelasan sebelumnya.

Pada tabulasi silang nilai spirometri dengan kelompok umur, yang terbanyak mengalami kelainan paru restriktif adalah kelompok umur 31-40 tahun yakni sebanyak 45 orang dan yang terbanyak mengalami kelainan fungsi paru obstruktif adalah kelompok umur > 50 tahun yakni sebanyak 5 orang. Jika ditabulasi silang antara nilai spirometri dengan ada tidaknya kebiasaan olahraga, maka hasil spirometri normal adalah sebanyak 69,6 % (135

orang) pada kelompok yang berolah raga dan 60,7 % (85 orang) pada kelompok yang tidak berolah raga. Kelainan paru restriktif proporsinya lebih besar pada kelompok yang tidak berolah raga (34,3 %) dibandingkan pada kelompok yang berolah raga (28,4 %). Demikian pula kelainan paru obstruktif proporsinya lebih besar pada kelompok yang tidak berolah raga (5,0 %) dibandingkan pada kelompok yang berolah raga (2,1 %). Jika dilakukan tabulasi silang nilai spirometri dengan kelompok umur pada dua golongan, yakni golongan yang berolah raga dan golongan tidak berolah raga, maka proporsi spirometri normal, restriktif, obstruktif pada golongan yang berolah raga berturut-turut adalah 69,6 %, 28,4 %, dan 2,1 %. Adapun pada kelompok yang tidak berolah raga, dengan urutan yang sama berturut-turut sebesar 60,7 %, 34,3 %, dan 5,0 %. Terlihat bahwa lebih banyak hasil spirometri normal pada kelompok yang berolah raga ( $p = 0,006$ ), dan lebih banyak kelainan fungsi paru (hasil spirometri restriktif dan obstruktif) pada kelompok yang tidak berolah raga ( $p = 0,009$ ). Pada studi potong lintang mengenai *physical exercise*, olah raga, dan fungsi paru pada kelompok remaja perokok dan non perokok, Holmen dkk (2001) menemukan bahwa frekuensi aktivitas fisik/*physical exercise* berasosiasi terbalik dengan merokok, tetapi partisipan pada *individual sports* seperti *body-building* dan olahraga bela diri cenderung merupakan *daily smokers* dibandingkan nonpartisipan. Pada penelitian tersebut, baik *daily smokers* maupun *occasional smokers* lebih cenderung berhenti berolah raga dibandingkan dengan *never-smokers*. Di sisi lain, beberapa studi potong lintang telah melaporkan bahwa remaja-remaja yang secara fisik aktif dan yang berpartisipasi pada aktivitas olah raga cenderung untuk tidak menjadi *regular smokers* dibandingkan dengan pemuda-pemuda yang tidak aktif secara fisik.<sup>41</sup> Hal ini menjadi salah satu dasar untuk tetap mempromosikan dan menggiatkan kegiatan olah raga secara reguler. Kembali ke penelitian ini, jika dilakukan tabulasi silang antara variabel merokok dan kebiasaan olah raga, terlihat bahwa proporsi orang yang berolah raga pada golongan *never smoker* lebih besar (60,3 %) dibandingkan golongan orang yang tidak berolah raga (51,4 %). Selanjutnya, proporsi perokok (Brinkman 1, 2, dan 3) lebih besar pada golongan yang tidak berolah raga dibandingkan dengan golongan yang berolah raga.



Tabulasi silang antara nilai spirometri dengan ada tidaknya keluhan klinis yang berkaitan dengan saluran pernapasan saat *check-up* terakhir jelas memperlihatkan proporsi terbesar spirometri normal pada kelompok yang tidak memiliki keluhan klinis yakni sebesar 67,2 % (197 orang) berbanding 56,1 % (23 orang) pada golongan yang memiliki keluhan klinis. Kelainan restriktif dan obstruktif juga lebih besar proporsinya pada golongan yang mempunyai keluhan klinis tersebut. Untuk kelainan restriktif, perbandingan proporsi yang memiliki keluhan klinis dan yang tidak memiliki keluhan klinis saat *check-up* masing-masing adalah 34,1 % berbanding 30,4 %. Untuk kelainan obstruktif, 9,8 % berbanding 2,4 %. Di sisi lain, Lederer dkk pada studi tentang keterkaitan rokok dengan penyakit parenkim paru subklinis menyatakan bahwa kelainan yang ditemukan pada spirometri tidak selalu bermanifestasi pada keadaan klinis.<sup>40</sup>

Berkaitan dengan status gizi, jika dihubungkan dengan nilai spirometri nampak bahwa hasil spirometri normal terbanyak juga berasal dari golongan dengan status gizi normal (51,4 %) disusui dari kelompok gizi lebih, obese 1, gizi kurang, dan obese 2. Namun, kelainan paru restriktif dan obstruktif terbanyak juga dari kelompok gizi normal. Dapat dilihat pada tabel 5.1. (Karakteristik Demografi Subyek Penelitian), bahwa dari seluruh jumlah sampel, golongan berstatus gizi normal proporsinya terbesar yakni 53,0 %. Selebihnya adalah status gizi lebih (19,8 %), status gizi obese 1 (17,1 %), status gizi kurang (6,0 %), dan status gizi obese 2 (4,2 %). Kelompok dengan status gizi normal ini sebagian terbesar berjenis pekerjaan *blue collar* (129 orang) dan bekerja di daerah *high risk* (146 orang).

#### 5.4 Hubungan prevalensi restriktif dan obstruktif dengan karakteristik pekerjaan

Dari tabulasi silang antara jenis pekerjaan (*blue collar*, *mixed*, dan *white collar*) dengan hasil spirometri, diperoleh prevalensi gangguan paru kelompok obstruktif pada pekerja *blue collar* adalah sebesar 63,6 %, pada pekerja *white collar* sebesar 18,2 %, dan pada pekerja *mixed* sebesar 18,2 %. Adapun prevalensi gangguan paru kelompok restriktif pada pekerja *blue collar* adalah sebesar 64,1 %, pada pekerja *white collar* sebesar 22,3 %, dan pada pekerja *mixed* sebesar 22,3 %.

dan pada kelompok *mixed* sebesar 13,6 %. Proporsi ini kurang lebih sesuai dengan komposisi *judgement* untuk  $P_1$  dan  $P_2$  pada rancangan penelitian yakni 30 dan 15.

Untuk variabel masa kerja yang dihubungkan dengan nilai spirometri, hanya kelompok masa kerja lebih dari 20 tahun yang memiliki kemaknaan hubungan ( $p = 0,004$  untuk *outcome* obstruktif dan  $p = 0,007$  untuk *outcome* restriktif) dengan CI 95% = 2,195-43,680 (untuk *outcome* obstruktif) dan CI 95% = 1,257-4,542 (untuk *outcome* restriktif). Kelompok masa kerja lebih dari 20 tahun ini berisiko 2,3 kali untuk terjadinya *outcome* restriktif, dan risiko sebesar 9,7 kali untuk terjadinya *outcome* obstruktif. Kelompok masa kerja 14-20 tahun berisiko 6,7 kali untuk terjadinya *outcome* obstruktif (CI 95% = 1,033-43,634,  $p = 0,079$ ). Kelompok referens adalah sampel yang memiliki masa kerja 2-7 tahun. Temuan ini sesuai dengan kenyataan bahwa semakin lama bekerja di suatu tempat maka akan lebih banyak pajanan hazard yang diterima oleh karyawan, di luar dari upaya-upaya kontrol lingkungan dan kesehatan serta keselamatan kerja yang dilakukan. Analisis bivariat antara tempat kerja yang terbagi dalam kelompok *high risk* (pajanan debu tinggi) dan *low risk* (pajanan debu rendah) memperlihatkan tidak adanya kemaknaan hubungan (CI 95% = 0,457-1,465,  $p = 0,499$  untuk *outcome* restriktif, dan CI 95% = 0,457-1,465,  $p = 0,474$  untuk *outcome* obstruktif).

Seperti dikemukakan sebelumnya, dari uji kesetaraan diperoleh variabel usia, masa kerja, rokok (indeks Brinkman), hasil spirometri, kebiasaan olah raga, keluhan klinis saat *check-up*, dan indeks massa tubuh sebagai variabel variabel setara ( $p > 0,05$ ) untuk dianalisis selanjutnya secara bivariat. Dari uji bivariat ini nampak bahwa variabel-variabel yang memiliki kemaknaan hubungan ( $p < 0,05$ ) dengan kelainan fungsi paru adalah golongan umur 41-50 (baik untuk *outcome* restriktif maupun obstruktif), golongan umur  $> 50$  tahun (untuk *outcome* obstruktif), perokok sedang (untuk *outcome* obstruktif), adanya keluhan klinis saat *check-up* terakhir (untuk *outcome* obstruktif), dan masa kerja lebih dari 20 tahun (baik untuk *outcome* restriktif maupun obstruktif). Setelah dilakukan uji multivariat dengan menyertakan variabel-variabel dengan nilai  $p < 0,25$ , dalam hal ini variabel kelompok usia  $> 50$  tahun, perokok sedang, tidak punya kebiasaan olah raga, adanya keluhan klinis, status gizi kurang, status gizi lebih, status gizi obese I, masa kerja

14-20 tahun, dan masa kerja 20 tahun ke atas, diperoleh hasil dari regresi logistik yang memberikan urutan kepentingan paling besar adalah variabel umur kemudian IMT, merokok, tidak berolahraga, adanya gejala klinis serta masa kerja yang lebih 14 tahun. Variabel yang di-*recode* menjadi dikotomik, ternyata keseluruhannya tidak signifikan ( $p > 0,05$ ).

Selanjutnya, dalam menganalisis faktor yang paling berperan terhadap gangguan fungsi paru, kami juga membandingkan *crude odds ratio* dengan OR yang diperoleh dari uji multivariat dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.1. Perbandingan antara hasil COR (*Crude OR*) dengan OR dari uji multivariat.

	OR dari uji multivariat	Crude OR
Umur	2,634	2,797
Rokok	1,518	1,430
IMT	1,467	1,724
Adanya gejala klinis saat <i>check-up</i>	1,410	1,347
Tidak olah raga	1,213	0,721
Masa kerja	1,092	0,683

Perbandingan besar risiko berdasar perhitungan multivariat tidak jauh berbeda dengan perhitungan *Crude OR*, hanya untuk variabel tidak berolahraga, nilai COR bersifat protektif atas gangguan fungsi paru dan analisis regresinya menunjukkan nilai OR yang lebih besar dari 1 (OR 1,213). Variabel lain yang pada perhitungan COR menunjukkan nilai protektif, berubah menjadi faktor risiko adalah masa kerja. Perubahan risiko ini menunjukkan tertutupnya kerja dari faktor risiko olah raga dan lama kerja pada analisis bivariat. Kontrol kerja variabel lain terhadap kedua faktor risiko ini menghasilkan risiko sebenarnya yang berada di atas 1. Faktor lainnya seperti umur, rokok, IMT, adanya keluhan berkaitan dengan sistem pernapasan saat *check-up* terakhir, ternyata merupakan faktor risiko terhadap gangguan fungsi paru. Bila kita mengacu pada komponen kebenaran ilmiah yang terdiri atas komponen empirik dan rasional, maka hasil analisis multivariat menunjukkan sifat yang nalar dibandingkan dengan hasil analisis bivariatnya.

Pengaruh variabel bebas yang diharapkan signifikan terhadap gangguan fungsi paru adalah variabel tempat kerja (*high risk* dan *low risk*). Hasil hitung menunjukkan nilai  $p$  lebih besar dari  $p$  alfa, yang menunjukkan variabel bebas tempat kerja bukan faktor risiko terhadap gangguan fungsi paru. Berdasar jenis pekerjaan (*blue collar*, *white collar*, dan *mixed*), nilai hitung pada uji hipotesis juga menunjukkan  $p$  lebih besar dari nilai alfa. Hal ini menunjukkan jenis pekerjaan bukan risiko atas gangguan fungsi paru. Ada beberapa hal yang dapat menjelaskan hal ini. Pertama, keterbatasan atas pilihan jenis penelitian *cross sectional*. Gangguan fungsi paru merupakan gangguan yang bersifat kronik dan dinamik berdasar waktu sehingga disain yang lebih sesuai adalah disain longitudinal. Faktor lain yang dapat menjelaskan hal ini adalah adanya variabel lain yang bersifat protektif terhadap kejadian gangguan faal paru atas jalur faktor risiko tersebut (seperti yang telah diajukan dalam bahasan sebelum ini). Faktor lain yang bisa menutupi peran variabel tersebut adalah sifat spesifitas dari kriterium faktor risiko yang dipilih, misalnya jenis pekerjaan yang tidak secara khas berada pada kondisi saling asing (*mutually exclusive*).

Pada penelitian ini tidak ditemukan satu variabel penyebab tunggal yang memberikan efek gangguan fungsi paru. Yang ada adalah keseimbangan dinamik dari berbagai faktor risiko dan faktor protektif menghasilkan gangguan fungsi paru seperti yang ada pada fakta penelitian ini. Jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian lain, beberapa hasil penelitian memperlihatkan adanya hubungan antara pajanan debu, rokok, serta jenis pekerjaan dengan gangguan fungsi paru<sup>14,26,29,42,43,44,45,46</sup>. Gomes dkk<sup>14</sup> menyatakan bahwa jenis pekerjaan dan pajanan debu merupakan *significant predictors* bagi fungsi paru. Adapun Bakke dkk. yang meneliti prevalensi penyakit paru obstruktif pada populasi umum dengan mengaitkan jenis pekerjaan dan pajanan terhadap beberapa *airborne agents* menyatakan bahwa jenis pekerjaan dan pajanan terhadap *specific agents* serta proses-proses kerja dapat merupakan penanda independen dari penyakit paru obstruktif pada populasi umum.<sup>26</sup> Ángeles Jaén dkk yang melakukan studi potong lintang pada daerah industry di Spanyol mengenai pekerjaan, merokok, dan gangguan pemapasan obstruktif kronik menemukan bahwa gangguan fungsi paru berkaitan dengan lamanya pajanan di tempat kerja, terlepas dari efek rokok.<sup>29</sup> Berkaitan dengan rokok, Chen dkk pada the Scottish MONICA study tentang *Environmental Tobacco Smoke* dan fungsi paru

pada karyawan yang tidak pernah merokok menyimpulkan bahwa hubungan *exposure-response* memperlihatkan penurunan fungsi paru pada pekerja-pekerja yang menjadi perokok pasif terutama di tempat kerja.<sup>43</sup> Adapun Mhase dan Reddy yang meneliti efek merokok terhadap fungsi paru pada pekerja yang terpajan debu dan *fumes* berkesimpulan bahwa gangguan system pernapasan secara bermakna lebih tinggi di kalangan perokok dan juga berkaitan dengan kebiasaan merokok mereka. Para perokok ini mengalami lebih banyak gangguan ventilator restriktif dibandingkan dengan karyawan yang tidak pernah merokok dan ini juga mengisyaratkan efek kombinasi asap dan debu atau uap logam.<sup>45</sup>

Berkaitan dengan IMT, pada analisis fungsi paru pekerja pabrik baja dari penelitian longitudinal dan potong lintang, Wang dkk<sup>45</sup> menemukan suatu hubungan yang kuat antara penambahan berat badan dan penurunan FEV1 dan FVC secara longitudinal. Hal ini mengisyaratkan bahwa penambahan berat badan merupakan determinan penting bagi penurunan fungsi paru secara longitudinal. Bottai dkk yang melakukan penelitian tentang perubahan-perubahan longitudinal pada *body mass index*, spirometri dan difusi dalam populasi umum menemukan bahwa sebagian besar orang yang mengalami penurunan berat badan mengalami perbaikan fungsi paru dan yang mengalami penambahan berat badan mengalami penurunan pada fungsi paru.<sup>47</sup>

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat dijelaskan dari aspek keterbatasan analisis yang tidak dapat memilah secara murni variabel bebas X berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru (paham *probabilistic/multi causation concept*) untuk menjelaskan hubungan sebab akibat lebih umum dan lebih dapat menjelaskan hasil penelitian ini dibandingkan paham deterministik. Ini juga ditunjang dengan hasil *workroom health hazard monitoring* yang memperlihatkan hasil pengukuran debu terutama debu nikel dan silika semuanya masih dalam ambang batas yang aman. Untuk pajanan hazard di lingkungan kerja pada penelitian ini, baik pada lingkungan kerja *high risk* maupun *low risk*, baik pada pekerja *blue collar*, *white collar*, maupun *mixed*, terdapat hazard potensial yang sama yang dapat mempengaruhi fungsi paru yakni rokok. Orang yang tidak merokokpun juga dapat mengalami gangguan fungsi paru akibat *environment tobacco smoke* (ETS) atau dengan kata lain menjadi perokok pasif akibat menghirup asap rokok dari perokok yang ada di

lingkungannya. Dalam jangka panjang, ETS ini tidak hanya memberikan efek buruk pada sistem pernapasan tetapi pada berbagai organ dan sistem dalam tubuh perokok pasif seperti yang potensial dialami oleh perokok itu sendiri.



## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan :

- 6.1.1 Tidak ada hubungan signifikan antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru.
- 6.1.2 Tidak ada hubungan signifikan antara jenis pekerjaan dengan nilai spirometri.
- 6.1.3 Tidak ada hubungan yang signifikan antara kategori tempat kerja dengan nilai spirometri.
- 6.1.4 Pada uji multivariat, tidak ada hubungan yang signifikan antara faktor risiko kebiasaan merokok (indeks Brinkman) dengan nilai spirometri. Namun, pada uji bivariat, merokok bermakna untuk menimbulkan risiko gangguan paru obstruktif. Demikian pula untuk variabel golongan umur >50 tahun, masa kerja >20 tahun, dan adanya keluhan klinis saat *check-up*.
- 6.1.5 Hipotesis penelitian yakni bahwa populasi karyawan yang bekerja di daerah *Plant Site* (dengan pajanan debu yang diasumsikan lebih tinggi) memiliki kemungkinan lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru dibandingkan dengan kelompok karyawan yang bekerja di luar *Plant Site* (daerah dengan pajanan debu yang diasumsikan lebih rendah) pada penelitian ini tidak terbukti.
- 6.1.6 Ditemukan kondisi empirik untuk penjelasan tidak signifikannya hubungan antara jenis pekerjaan serta tempat kerja dengan gangguan fungsi paru oleh efek protektif faktor lain yang tidak termasuk dalam variabel dalam penelitian, dalam hal ini penerapan aturan pemakaian APD yang ketat dan kontrol hazard pada lingkungan yang berjalan baik.

Dalam kegiatan sehari-hari di PT X, kedua hal tersebut adalah nyata antara lain dengan penerapan aturan pemakaian APD yang ketat dan pengoperasian *electrostatic precipitator* (ESP) sebanyak 3 buah di *process plant* PT X yang menangkap debu hasil pengolahan pabrik di udara. Hasil yang diperoleh dari *Workroom Health Hazard Monitoring* yang dilakukan oleh Balai Besar K3 tahun 2008 di PT X juga mendukung fakta ini.

## 6.2 Saran

6.2.1 Berkaitan dengan pengaruh umur dan masa kerja pada *outcome* gangguan faal paru, perlu dilakukan upaya-upaya preventif yang berkesinambungan berupa program-program kegiatan olah raga yang terprogram secara baik dan reguler pada setiap karyawan.

6.2.2 Perlu digalang komitmen semua pihak dalam hal ini manajemen, karyawan, keluarga karyawan untuk menekan pajanan asap rokok di tempat kerja dan di luar tempat kerja dengan menerapkan langkah-langkah konkrit berupa :

6.2.2.1 Pemberlakuan peraturan pembatasan merokok yakni merokok hanya boleh dilakukan di tempat-tempat tertentu, dan pelarangan yang tegas untuk merokok di tempat-tempat selain itu terutama di kantor-kantor dan fasilitas umum lainnya. Langkah kebijakan ini diawasi langsung oleh departemen EHS (*Environmental Health and Safety*) dan diberlakukan sebagaimana standar keselamatan lainnya. Secara internal perusahaan, peraturan ini dirancang dan digodok secara multi departemental kemudian diratifikasi oleh pihak Manajemen dengan melibatkan pihak Serikat Pekerja yang selanjutnya diintegrasikan dalam Kesepakatan Kerja Bersama.

6.2.2.2 Untuk mendukung langkah pada poin sebelumnya (6.2.2.1), perlu dilakukan upaya promotif yang lebih gencar berupa penyuluhan kesehatan (termasuk ke sekolah-sekolah dan kelompok istri karyawan) tentang bahaya rokok dan isu-isu seputar rokok termasuk kiat-kiat berhenti merokok. Perlu ditekankan bahwa asap rokok merugikan tidak saja bagi perokok yang bersangkutan tetapi



juga bagi orang lain yang menghirup asap rokok tersebut bahkan bagi janin di dalam kandungan, baik dari *mainstream cigarette smoke* maupun dari *sidestream cigarette smoke (ETS: Environmental Tobacco Smoke)*.

**6.2.3** Perlu dipertahankan upaya-upaya penanggulangan pajanan debu yang telah dilakukan di PT X selama ini seperti pengoperasian *electrostatic precipitators (ESP)*, *safety audit*, pemantauan kadar debu lingkungan, dan peninjauan lapangan baik secara regular maupun secara random/ireguler untuk memantau kondisi keselamatan dan kesehatan kerja karyawan termasuk kepatuhan memakai APD.

**6.2.4** Perlu dilakukan evaluasi jangka panjang untuk hasil-hasil spirometri karyawan beserta tindak lanjutnya oleh *Medical Services Department* PT X. Evaluasi ini meliputi pengambilan riwayat yang lebih teliti dan terperinci terutama yang berkaitan dengan pajanan di tempat kerja, *review* foto toraks, evaluasi klinis dan laboratorium. Keseluruhan langkah ini dimulai dan berdasar pada *baseline data* yang lengkap dan akurat.

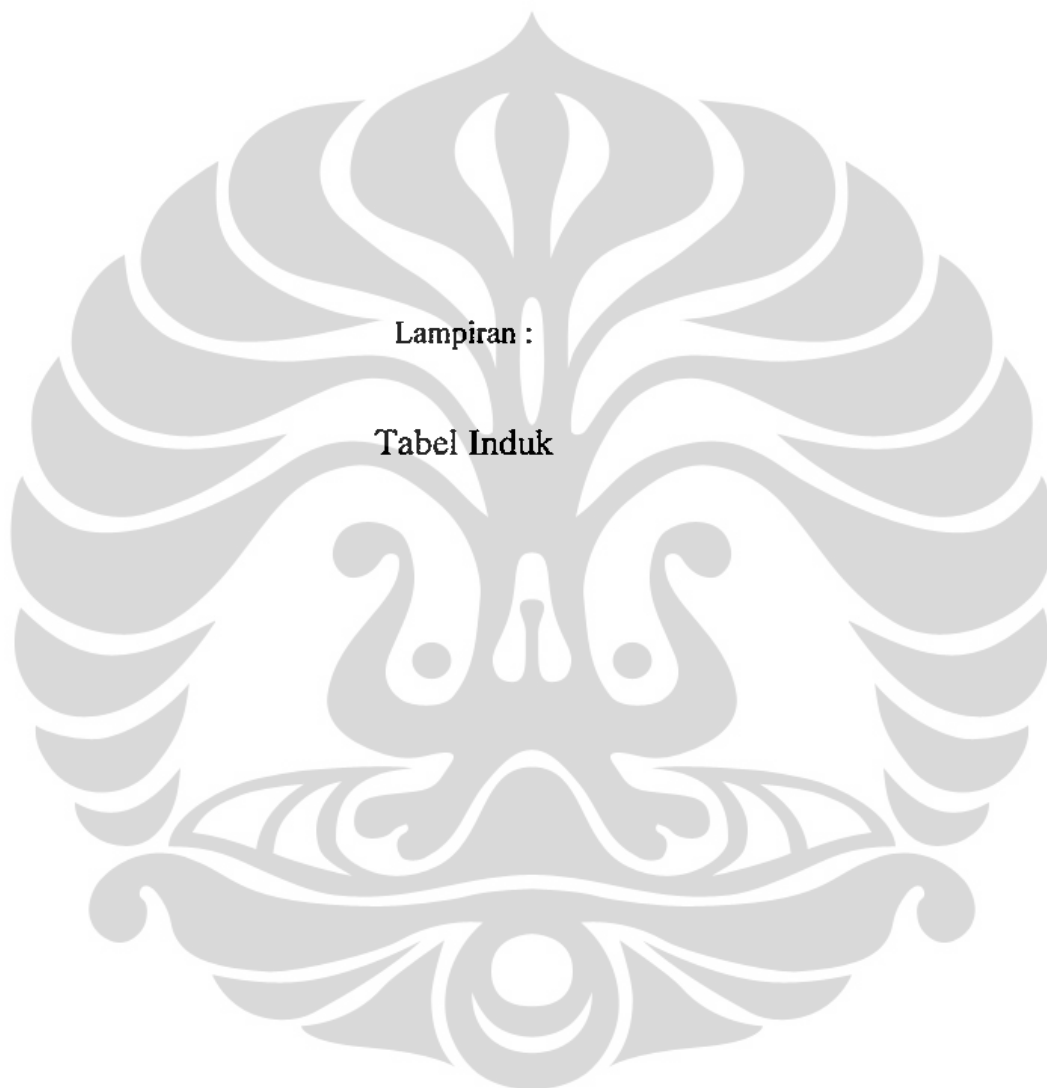
**6.2.5** Studi-studi prospektif diperlukan untuk memahami dengan lebih baik hubungan dari variabel-variabel yang berperan pada gangguan faal paru ini.

## Daftar Pustaka

1. PT X, Tbk. Reach our potential. 2006 Annual Report.
2. TOXICOLOGICAL PROFILE FOR NICKEL. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2005;p.1-7.
3. Laporan workroom hazard monitoring pt x. Makassar: Balai Besar K3. 2008.
4. Sunderman FW. Nickel. In: Encyclopaedia of occupational health and safety. Fourth edition. Geneva: International Labour Organization; 1998. vol III.p.63.32-4.
5. Barreiro TJ, Perillo I. An approach to interpreting spirometry. [updated 2004 March 1, cited 2008 Nov 18]. Available from : <http://www.aafp.org.html>
6. CDC NIOSH. Unit one: overview of pulmonary anatomy and physiology. NIOSH SPIROMETRY TRAINING GUIDE 1-1.
7. Sherwood L. The respiratory system. In: Adams P, editor. Human physiology from cells to system. International student edition. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2007; p.451-2.
8. WHO. Hazard prevention and control in the work environment: Airborne dust. 1999.
9. Wikipedia. Mineral dust [homepage on the internet] no date [updated 2009 Feb 17; cited 2009 Apr 27]. Available from [http://en.wikipedia.org/wiki/Mineral\\_dust](http://en.wikipedia.org/wiki/Mineral_dust)
10. OSHA. Dust and its control. In: Dust control handbook for minerals processing. Baltimore: Bureau of Mines U.S. Department of the Interior, 1987. p.4-12.
11. International Labour Office Geneva. Occupational exposure to airborne substances harmful to health. ILO Codes of Practice. 1980. p.10-9.
12. Pauwels RA, Buist AS, Calverley PM, Jenkins CR, Hurd SS. NHLBI/WHO Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Workshop Summary. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Am J Respir Crit Care Med 2001; 163. 1257-9.
13. Oxman AD, Muir DC, Shannon HS, Stock SR, Hnizdo E, Lange HJ. Occupational dust exposure and chronic obstructive pulmonary disease. A systematic overview of the evidence. Am Rev Respir Dis. 1993;148(1):38-48.
14. Gomes J, Lloyd OL, Norman NJ, Pahwa P. Dust exposure and impairment of lung function at a small iron foundry in a rapidly developing country. Occup Environ Med 2001;58:656-62.
15. Particulate matter and its health effects. Central Pollution Control Board Ministry of Environment & Forests Government of India [homepage on the internet]. No date [cited 2009 Apr 20]. Available from <http://cpcbenvvis.nic.in/newsletter/airpollution-sep2001/sept2001air2.htm>
16. Nickel chemistry. [homepage on the internet]. 2007 [cited 2009 Feb 20]. Available from <http://wwwchem.uwimona.edu.jm/courses/nickel.html>
17. Nickel. Mineral Information Institute[homepage on the internet].No date [cited 2009 Apr 20]. Available from <http://www.mii.org/Minerals>
18. Nickel introduction. [homepage on the internet].No date [cited 2009 Apr 20]. Available from <http://www.nickelinstitute.org>
19. Nickel and modern life. [homepage on the internet].No date [cited 2009 Apr 20]. Available from

- [http://www.nickelinstitute.org/multimedia/human\\_health\\_and\\_the\\_environment/EU\\_Risk\\_Assessment/Uses\\_of\\_Nickel](http://www.nickelinstitute.org/multimedia/human_health_and_the_environment/EU_Risk_Assessment/Uses_of_Nickel)
20. Nickel smelting and refining. Pollution Prevention and Abatement Handbook. WORLD BANK GROUP. 1998; p.349-50.
  21. Proses penambangan. [homepage on the internet]. 1991 [cited 2009 Apr 20]. Available from <http://pt-inco.co.id/new/penambangan.php>
  22. Pengolahan nikel [homepage on the internet]. 1991 [cited 2009 Apr 20]. Available from <http://pt-inco.co.id/new/pengolahan.php>
  23. IPCS INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Nickel, nickel carbonyl, and some nickel compounds health and safety guide. Health and Safety Guide No. 62. p.4-15.
  24. Nieboer E, Fletcher GG. Toxicological profile and related health issues: nickel. McMaster University Department of Biochemistry Health Sciences Centre.2001; p.4-6.
  25. Lippmann M. Structure and function. In: Encyclopaedia of occupational health and safety. Fourth edition. Geneva: International Labour Organization; 1998. vol I.p.10.5-7.
  26. Bakke PS, Baste V, Hanao R, Gulsvik A. Prevalence of obstructive lung disease in a general population: relation to occupational title and exposure to some airborne agents. *Am J Respir Crit Care Med* 1991;167:787-97.
  27. Meo SA. Dose Responses of Years of Exposure on Lung Functions in Flour Mill Workers. *Occup Health* 2004;46(3):187-8.
  28. Schachter EN, Zuskin E, Moshier EL, Godbold J, Mustajbegovic J, Pucarin-Cvetkovic J, Chiarelli A. Gender and respiratory findings in workers occupationally exposed to organic aerosols: A meta analysis of 12 cross-sectional studies. *Env Health* 2009.8(1):1-5.
  29. Jaén A, Zock JP, Kogevinas M, Ferrer A, Marín A. Occupation, smoking, and chronic obstructive respiratory disorders: a cross sectional study in an industrial area of Catalonia, Spain. *A Global Access Science Source* 2006; 5(2):2-5.
  30. Johns DP, Pierce R. Spirometry : The measurement and interpretation of ventilatory function in clinical practice. Melbourne: McGraw-Hill, 2007; p.10-17.
  31. Mapel D, Coultas D. Disorders due to minerals other than silica, coal, and asbestos, and to metals. In: Hendrick DJ, Burge PS, Beckett WS, Churg A, editors. Occupational disorders of the lung: recognition, management, and prevention. London:BWS, 2002; p.165-80.
  32. Churg A, Zay K, Li K. Mechanisms of mineral dust-induced emphysema. *Env Health Perspective*. 1997; 105(5):1-3.
  33. WHO India. Report on tobacco control in India.[Online]. 2000 [cited 2009 May 15]; available from URL: <http://www.whoindia.org/SCN/Tobacco/Report/03-Chapter-04.4.pdf>
  34. Spurzem JR, Rennard SI. Pathogenesis of COPD. *Semin Respir Crit Care Med*. 2005;26(2):142-5.
  35. Dai J, Gilks B, Price K, Churg A. Mineral dusts directly induce epithelial and interstitial fibrogenic mediators and matrix components in the airway wall. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 158(6): 1907-13

36. Ariawan I. Besar sampel untuk beda proporsi. Besar dan metode sampel pada penelitian kesehatan. Depok: Jurusan Biostatistik dan Kependudukan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, 1998;p.29-32.
37. Basuki B. Besar sampel. Dalam: Tjokronegoro A, Sudarsono S, editor. Metodologi penelitian bidang kedokteran. Cetakan kelima. Jakarta: Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 1999;p.139-40.
38. Sunyer J, Kogevinas M, Kromhout H, Anto JM, Roca J et.al. Pulmonary ventilatory defects and occupational exposures in a population-based study in Spain. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 157(2):514-9.
39. Setyakusuma D, Aditama TY, Yunus F, Mangunegoro H, pengaruh debu besi terhadap kesehatan paru para pekerja pabrik besi baja pt. Krakatau steel cilegon, *J Respir Indo* 1997; 17: 16 – 24.
40. Lederer DJ, Enright PL, Kawut SM, Hoffman EA, Hunninghake G, Beek GJR, et.al. Cigarette Smoking is Associated with Subclinical Parenchymal Lung Disease: The MESA-Lung Study. *Am J Respir Crit Care Med* [Online]. 2009 [cited 2009 May 15]; available from URL: <http://ajrccm.atsjournals.org/cgi/content/abstract/200812-1966OCv1>
41. Holmen TL, Barrett-Connor E, Clausen J, Holmen J, Bjerner L. Physical exercise, sports, and lung function in smoking versus nonsmoking adolescents. *Eur Respir J*. 2002; 19: 8–9.
42. Sunyer J, Zock JP, Kromhout H, Garcia-Esteban R, Radon K, Jarvis D, et.al. Lung function decline, chronic bronchitis, and occupational exposures in young adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005. 172:1139-40.
43. Chen R, Tunstall-Pedoe H, Tavendale R. Environmental tobacco smoke and lung function in employees who never smoked: the Scottish MONICA study. *Occup Environ Med* 2001;58:563-4.
44. Wang ML, McCabe L, Hankinson JL, Shamsain MH, Gunel E, Lapp NL, Banks DE. Longitudinal and cross-sectional analyses of lung function in steelworkers. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996. 153 (6):1907-8.
45. Mhase VT, Reddy PSN. Effect of smoking on lung functions of workers exposed to dust and fumes. *Ind J Comm Med* [Online] 2002 [cited 2009 May 15]; 27(1):[1 screen]. Available from: URL: <http://www.indmedica.com/journals.php?journalid=7&issueid=43&articleid=538&action=article>
46. Mwaiselage J, Bråtveit M, Moen B, Mashalla Y. Dust exposure and respiratory health effects in the cement industry. IOHA 2005 Pilanesberg: Paper R3-2.
47. Bottai M, Pistelli F, Di Pede F, Carrozzi L, Baldacci S, Matteelli G, et.al. Longitudinal changes of body mass index, spirometry and diffusion in a general population. *Eur Respir J* 2002; 20: 665–6.



Lampiran :

Tabel Induk

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Masa kerja di	Pkrjn	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama merokok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Hasil Spirometri		
																	Nor	Res	Ob s m
1				42	8	8	20	Supv	PP	20	16	21	-	65	166	-	-	2	
2				53	8	8	33	Tool Store	MEM	30	-	-	-	52	158	-	-	2	
3				31	8	8	9	Opt	M	9	-	-	-	69	169	-	-	1	
4				31	8	8	3	Geologist	M	3	10	1	-	64	169	-	-	1	
5				52	8	8	32	Spv blast	M	20	-	-	-	64	169	-	-	1	
6				35	8	8	11	Opt	PP	11	15	12	-	56	160	-	-	2	
7				28	8	8	3	Fire	EHS	3	-	-	-	75	169	-	-	1	
8				31	8	8	8	Tech	PP	8	16	7	-	68	167	-	-	2	
9				32	8	8	6	Opt	M	6	16	3	-	80	165	Obst nasal malam hari	-	2	
10				53	8	8	32	Supv	MED	32	-	-	Y	106	173	-	-	1	
11				45	8	8	19	Opt	PP	19	16	30	-	56	160	-	-	-	
12				35	8	8	9	Opt	M	9	-	-	Y	66	161	-	-	-	
13				46	8	8	18	Analist	ACC	18	16	26	Y	74	177	-	-	-	
14				40	8	8	4	Opt	M	4	-	-	-	98	162	-	-	2	
15				33	8	8	10	Opt	PP	10	-	-	-	54	160	-	-	1	
16				39	8	8	6	Opt	M	6	16	16	Y	63	165	Batuk pilek 7 hari	-	1	
17				42	8	8	5	Opt	M	5	16	3	-	80	165	Obst nasal malam hari	-	-	
18				43	8	8	4	Opt	M	4	5-8	3	Y	70	157	-	-	1	
19				30	8	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	57	155	-	-	1	
20				28	8	8	3	Civ Eng	PP	3	-	-	-	81	175	nasofaringitis	-	1	
21				32	8	8	4	SupvLab	MED	4	-	-	-	68	162	-	-	3	
22				51	8	8	20	Opt	SCM	20	12	9	-	85	165	Nasofaringitis	-	1	
23				38	8	8	13	Supv	PM	13	16	5	-	65	159	-	-	1	
24				53	8	8	28	Mech	M	28	-	-	-	76	169	-	-	2	
25				40	8	8	19	IT	IT	19	16	20	Y	72	169	-	-	2	
26				30	8	8	4	Nurse	MED	4	-	-	Y	62	165	-	-	1	
27				39	8	8	8	Sec	Sec	8	5	17	Y	76	167	-	-	1	
28				31	8	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	63	160	-	-	1	
29				32	8	8	6	Opt	M	6	16	12	-	59	163	-	-	1	
30				43	8	8	18	Opt	PP	18	6	11	-	78	174	-	-	2	
31				54	8	8	32	Opt	M	32	-	-	Y	66	158	-	-	1	
32				30	8	8	5	Fire	EHS	5	5	4	Y	58	169	-	-	1	
33				33	8	8	5	Opt	M	5	5	12	Y	61	164	-	-	1	
34				34	8	8	4	EXR	EXR	4	-	-	Y	84	161	-	-	2	
35				30	8	8	3	Nur	MED	3	-	-	-	57	162	-	-	-	
36				33	8	8	4	GCT	SES	4	16	13	-	76	164	-	-	1	
37				32	8	8	9	Mech	SES	9	-	-	Y	80	170	-	-	1	

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Masa kerja di PTX	Pkrjn	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Nor	Res	Ob	Ca	m
38				35	8	3	3	Fire	EHS	3	-	-	-	Y	77	173	-	1			
39				42	8	5	5	Tech	MED	5	16	24	24	Y	80	175	-	2			
40				26	8	4	4	Mech	SES	4	-	-	-	Y	50	163	-	1			
41				53	8	29	29	Acc	Acc	29	20	35	35	-	58	161	Nafas agak pendek	2			
42				26	8	4	4	CRO	UTI	4	-	-	-	-	49	161	-	2			
43				32	8	3	3	Fire	EHS	3	16	14	14	Y	69	165	-	2			
44				31	8	8	8	Sec	Sec	8	16	9	9	Y	78	170	-	2			
45				38	8	5	5	Coord	SES	5	-	-	-	Y	63	159	-	1			
46				40	8	12	12	Fore	M	12	16	10	10	Y	61	172	-	1			
47				31	8	3	3	Fire	EHS	3	-	-	-	Y	70	158	-	2			
48				41	8	4	4	Trainer	HROD	4	-	-	-	Y	64	166	Common cold	1			
49				34	8	4	4	Mech	SES	4	16	7	7	-	65	163	-	1			
50				48	8	16	16	Supv	Acc	16	16	16	16	Y	59	159	-	3			
51				30	8	3	3	Driver	TAS	3	16	9	9	-	88	175	-	1			
52				29	8	3	3	Fire	EHS	3	-	-	-	Y	69	172	-	2			
53				54	8	28	28	Mech	SES	28	-	-	-	-	62	154	-	2			
54				39	8	13	13	Planner	PM	13	-	-	-	-	81	163	Tenggorokan berlendir, sering mendengkur	1			
55				40	8	18	18	Sampler	MGX	18	-	-	-	Y	75	171	-	1			
56				42	8	12	12	Elect eng	SES	12	-	-	-	Y	75	170	-	1			
57				34	8	4	4	Opt	M	4	7	4	4	Y	54	159	-	2			
58				38	8	3	3	Fire	EHS	3	8	12	12	Y	76	168	-	1			
59				37	8	11	11	Supv	PP	11	-	-	-	-	85	165	-	1			
60				41	8	5	5	Tech	MED	5	-	-	-	Y	75	162	-	1			
61				35	8	11	11	Opt	PP	11	15	12	12	-	56	160	-	2			
62				25	8	4	4	NurTech	M	4	10	6	6	-	64	162	-	2			
63				38	8	3	3	FireLead	EHS	3	2	7	7	Y	71	171	-	1			
64				52	8	31	31	Mech	SES	31	-	-	-	-	54	159	Batuk sdh lama	2			
65				43	8	7	7	Miner	M	7	16	13	13	Y	72	163	-	2			
66				54	8	33	33	Supv	MED	33	-	-	-	Y	60	159	-	1			
67				28	8	4	4	ProjCont	SES	4	-	-	-	Y	75	172	-	1			
68				30	8	3	3	Fire	EHS	3	-	-	-	Y	75	178	-	1			
69				27	8	2	2	Nurse	MED	2	-	-	-	Y	74	168	-	1			
70				34	8	10	10	MineReh	M	10	-	-	-	Y	62	160	-	1			
71				43	8	6	6	SuptGFS	GFS	6	-	-	-	Y	72	171	-	2			
72				32	8	6	6	Miner	M	6	-	-	-	Y	55	165	Nyeri dada	2			
73				31	8	5	5	Suptd	EHS	5	-	-	-	Y	54	160	-	2			
74				40	8	18	18	Supv	PP	18	10	20	20	Y	63	172	-	2			

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Pkrjn	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Nor	Res	Ob	Ca
75				34	8	4	Nurse	MED	4	4	3	Y	65	158	-	1			
76				31	8	4	Fire	EHS	3	-	-	Y	65	175	-	1			
77				40	8	10	Foreman	M	10	8	26	-	77	162	-	1			
78				52	8	33	Admin	EHS	33	-	-	Y	76	160	-	2			
79				53	8	31	OA/QC	Eng	31	10	31	-	73	175	-				3
80				34	8	8	Mech	MEM	8	-	-	Y	68	165	-	1			
81				28	8	4	Opt	M	4	-	-	-	53	154	-	1			
82				26	8	3	Fire	EHS	3	6	5	Y	60	163	-	2			
83				30	8	4	Unstr	UTI	4	-	-	-	55	164	-	1			
84				36	8	11	EnvCon	EHS	11	-	-	Y	71	158	-	1			
85				32	8	6	Electric	PM	6	-	-	-	62	155	-	1			
86				37	8	11	OPT	M	11	-	-	Y	75	163	-	1			
87				28	8	4	Acc	Acc	4	20	9	Y	61	164	-	1			
88				33	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	70	165	-	1			
89				27	8	5	Surv	ME	5	16	5	-	51	167	-	1			
90				28	8	3	Mech	SES	3	-	-	-	56	166	-	1			
91				36	8	4	Snr Spv	M	4	-	-	Y	75	163	-	1			
92				32	8	9	Technicl	SES	9	6	11	Y	51	151	-	1			
93																			
94				38	8	12	Miner	M	12	-	-	Y	54	160	Tenggorokan sering berlendir dan batuk	1			
95				29	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	58	168	-	1			
96				45	8	18	Supv	UTI	18	15	11	-	68	165	-	1			
97				31	8	12	Opt	PP	12	5	9	-	61	158	-				2
98				55	8	32	Storem	SCM	32	-	-	-	54	150	Sering sesak napas				3
99				31	8	4	Sampler	M	4	16	7	Y	67	163	-	1			
100				53	8	32	Radiogr	MED	32	16	33	-	63	159	-	1			
101				27	8	3	Fire	EHS	3	3	3	-	56	160	-	2			
102				23	8	3	Opt	M	3	-	-	-	58	160	Batuk lender 1 minggu				2
103				33	8	7	Opt	M	7	10	12	-	70	177	-	1			
104				54	8	32	Planner	SES	32	-	-	Y	66	167	Kadang sakit dada				2
105				40	8	5	FireCh	EHS	5	-	-	Y	81	170	-	1			
106				26	8	5	Lab	PP	5	16	4	-	66	167	-				2
107				28	8	4	Technic	PP	4	12	6	-	48	158	-	1			
108				25	8	2	Nurse	MED	2	-	-	-	62	165	-	1			
109				40	8	8	Sec	Sec	8	8	17	Y	76	167	-	1			
110				46	8	21	Planner	SES	21	16	21	Y	68	167	-	1			
111				52	8	31	Driver	TAS	31	16	16	-	65	159	-				2



No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Pkrjn	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Nor Res	Ob s	Ca m	Hasil Spirometri
112				25	8	3	Fire	EHS	3	-	-	-	63	170	-	2			
113				39	8	6	GrdCnt	M	6	16	12	-	60	165	-	1			
114				46	8	17	ContEng	SCM	17	-	-	Y	62	159	-	1			
115				40	8	4	MED	MED	4	-	-	Y	82	175	-	1			
116				38	8	4	Opt	M	4	16	6	Y	64	170	-	1			2
117				35	8	5	Opt	PP	5	16	7	-	54	160	-	1			
118				29	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	60	164	-	1			
119				30	8	4	Opt	M	4	16	8	-	46	163	-	1			
120				36	8	4	GrdCon	PP	4	-	-	-	62	161	-	1			
121				39	8	6	Weld	SES	6	10	21	Y	66	160	-	1			
122				34	8	3	Fire	EHS	3	-	-	-	68	164	-	1			
123				37	8	13	Planner	UTI	13	5	12	Y	75	163	Sering tsumbat hidung	1			
124				35	8	3	PCH	MED	3	-	-	-	63	164	-	2			
125				30	8	4	Sampler	M	4	16	8	Y	66	165	-	1			
126				41	8	9	Opt	M	9	-	-	Y	53	160	-	1			2
127				27	8	3	ElcEng	SES	3	-	-	-	56	166	-	1			
128				35	8	4	Fire	EHS	4	-	-	Y	67	165	-	1			
129				26	8	3	Opt	M	3	-	-	Y	67	161	-	1			
130				36	8	3	Nurse	MED	3	-	-	Y	56	162	-	2			
131				32	8	3	Miech	UTI	3	-	-	-	80	167	-	1			
132				35	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	77	173	-	1			
133				51	8	32	Tech	PP	32	-	-	-	77	167	-	1			2
134				44	8	3	Fire	EHS	3	6	12	Y	65	165	-	1			
135				35	8	9	Anallist	UTI	9	16	7	-	59	169	-	1			
136				45	8	14	Mng	M	14	-	-	Y	69	165	-	1			
137				37	8	6	MED	MED	6	-	-	-	67	165	-	1			
138				36	8	12	Opt	PP	12	-	-	-	83	175	-	1			
139				37	8	12	Opt	PP	12	-	-	-	79	171	-	1			
140				35	8	6	Fore	M	6	8	10	Y	79	164	-	1			
141				30	8	3	Fire	EHS	3	10	1	Y	74	162	-	1			
142				30	8	10	Transp	PP	10	-	-	-	69	166	-	1			
143				36	8	4	Instr	SES	4	-	-	Y	73	162	-	1			
144				26	8	2	Nurse	MED	2	-	-	Y	74	168	-	1			
145				30	8	2	Fire	EHS	2	-	-	Y	75	178	-	1			
146				34	8	10	Trainer	M	10	-	-	-	71	165	-	2			
147				35	8	4	Opt	SES	4	2	6	-	70	164	-	1			
148				28	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	56	159	-	1			
149				24	8	4	Anallist	PP	4	8	5	-	70	170	-	1			

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Pkrjn	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Nor	Res	Ob s	Ca m
150				35	8	3	Nurse	MED	3	-	-	-	60	153	-	1			
151				38	8	4	Driver	TAS	4	5	2	Y	59	162	-	1			
152				25	8	4	Tech	M	4	-	-	-	63	163	-	2			
153				32	8	4	PartCard	SES	4	8	5	-	68	169	-	1			
154				37	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	74	169	-	2			
155				32	8	10	Opt	PP	10	20	10	-	69	159	-	2			
156				51	8	35	Coord	SES	35	16	31	Y	69	163	-	1			
157				53	8	32	SupvMR	MED	32	-	-	Y	63	165	Batuk pilek 3 hari	2			
158				41	8	16	Supv	M	16	7	21	Y	71	160	-	1			
159				35	8	5	Driver	JKT	5	-	-	-	59	160	-	1			
160				30	8	5	Opt	M	5	12	9	Y	75	163	-	2			
161				39	8	17	Electric	SES	17	12	17	Y	64	169	-	1			
162				27	8	3	Fire	EHS	3	8	8	Y	84	171	-	1			
163				30	8	4	Clerk	SCM	4	-	-	Y	62	165	-	1			
164				37	8	4	Opt	M	4	16	14	-	74	162	Batuk berlendir 1 minggu	1			
165				41	8	13	Opt	PP	13	-	-	Y	73	170	-	1			
166				39	8	3	NurseExp	MED	3	-	-	Y	68	165	-	2			
167				44	8	6	Opt	M	6	5	14	-	71	164	-	2			
168				25	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	68	166	-	2			
169				29	8	2	Welder	SES	2	-	-	Y	51	175	-	1			
170				31	8	2	Mech	SES	2	16	7	-	45	152	Pilek batuk lender 1 minggu	2			
171				35	8	4	Opt	M	4	-	-	Y	75	167	-	1			
172				29	8	4	Storem	SCM	4	-	-	Y	65	166	-	1			
173				25	8	5	Opt	PP	5	20	11	Y	70	175	-	1			
174				29	8	2	Welder	SES	2	16	2	-	59	165	-	1			
175				40	8	4	MED	MED	4	-	-	Y	82	175	-	1			
176				51	8	30	Opt	PP	30	-	-	-	65	164	-	3			
177				30	8	3	Fire	EHS	3	2	2	Y	62	160	-	1			
178				30	8	4	Mech	SES	4	-	-	Y	59	157	-	1			
179				48	8	9	Opt	M	9	16	11	Y	51	158	Pilek batuk berlendir 2 hr	3			
180				40	8	4	Opt	M	4	16	11	-	77	168	-	3			
181				54	8	32	Sec	Sec	32	-	-	-	93	167	-	2			
182				26	8	3	Fire	EHS	3	10	4	Y	71	170	-	1			
183				31	8	4	Opt	M	4	-	-	Y	58	160	-	1			
184				55	8	13	Nurse	MED	13	-	-	Y	60	162	-	1			
185				33	8	5	Opt	M	5	20	11	Y	55	169	-	1			
186				53	8	33	Opt	PP	33	-	-	-	68	162	-	1			

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa Kerja di PTX	Masa Kerja	Dept	Pkrjrn	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Hasil Spirometri		
																	Nor	Res	Ob s m
187				42	8	8	11	SES	Supv	11	32	18	Y	79	172	-	2	■	
188				31	8	8	8	SES	Technic	8	16	7	-	68	167	-	2	■	
189				45	8	8	8	UTI	Mgr	8	-	-	-	69	163	-	1		
190				27	8	2	2	MED	Nurse	2	-	-	Y	70	163	-	1		
191				27	8	3	3	EHS	Flre	3	-	-	Y	62	161	-	1		
192				38	8	4	4	SES	Welder	4	16	12	Y	67	166	-	1		
193				53	8	33	33	UTI	Anallst	33	8	5	Y	70	162	-	2	■	
194				34	8	4	4	SCM	Storem	4	20	5	-	55	165	-	2	■	
195				31	8	5	5	EHS	Flre	5	-	-	Y	65	170	-	1		
196				55	8	31	31	PP	Opt	31	-	-	Y	78	164	Pilek 2 hari	1		
197				35	8	4	4	M	Opt	4	8	8	Y	69	173	-	1		
198				29	8	3	3	MED	Clerk	3	4	7	Y	68	158	-	1		
199				39	8	6	6	SES	Mech	6	16	8	Y	72	164	Sesak malam hari sdh 2 bin	2		
200				30	8	2	2	SES	Lab	2	-	-	-	56	165	Batuk 3 minggu	2		
201				35	8	10	10	Acc	Anallst	10	-	-	Y	75	165	-	2	■	
202				25	8	3	3	MED	Nurse	3	-	-	Y	74	173	-	2	■	
203				40	8	6	6	M	Mech	6	-	-	-	56	154	-	2	■	
204				37	8	4	4	SCM	Transp	4	12	7	Y	73	168	-	1		
205				55	8	28	28	PP	Opt	28	16	23	-	51	158	-	1		
206				28	8	4	4	EHS	Flre	4	-	-	Y	75	172	-	2	■	
207				51	8	33	33	MED	Cook	33	6	35	-	40	145	Batuk	2	■	
208				44	8	6	6	M	Welder	6	16	3	-	74	165	-	2	■	
209				36	8	10	10	EHS	Supt	10	-	-	Y	77	173	-	1		
210				33	8	4	4	M	Survey	4	-	-	Y	57	155	-	2	■	
211				27	8	3	3	MED	Nurse	3	3	3	-	71	165	-	1		
212				32	8	12	12	PP	Opt	12	3	10	Y	50	164	Batuk pilek	1		
213				39	8	6	6	M	Mgr	6	-	-	-	71	170	-	2	■	
214				37	8	5	5	UTI	ProcCont	5	-	-	Y	64	158	-	1		
215				34	8	10	10	PP	Opt	10	-	-	-	62	168	-	1		
216				54	8	32	32	MED	OMT Ofc	32	-	-	Y	82	173	-	1		
217				41	8	10	10	EHS	Supt	10	-	-	-	60	155	Serfng bersin & pilek	1		
218				43	8	10	10	SCM	Supt	10	12	15	-	79	161	-	1		
219				41	8	3	3	EHS	Flre	3	-	-	Y	73	168	-	1		
220				40	8	12	12	M	ShiftCord	12	-	-	Y	52	162	Batuk Pilek 2 hari	1		
221				31	8	4	4	Acc	Acc	4	-	-	-	78	168	-	1		
222				55	8	33	33	MED	Admin	33	10	30	-	63	168	Pilek	1		
223				42	8	14	14	EHS	Flre	14	6	21	Y	72	157	-	1		

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Pkrjn	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Hasil Spirometri		
																Nor	Res	Ob s m
224				46	8	14	Acc	Acc	14	8	5	Y	75	163	-	1		
225				27	8	4	Toolskepr	M	4	6	6	Y	75	161	-	2		
226				34	8	4	Suptd	EHS	4	3	3	Y	65	174	-	1		
227				55	8	32	Opt	TAS	32	-	-	Y	61	157	Pilek	1		
228				53	8	32	Coord	EXR	32	-	-	Y	59	167	-	2		
229				35	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	67	165	-	1		
230				46	8	20	Schedule	SES	20	-	-	Y	71	164	Batuk pilek 1 minggu	1		
231				55	8	33	Supv	MED	33	-	-	Y	64	158	-	1		
232				33	8	10	Acc	Acc	10	10	15	-	60	157	-	1		
233				24	8	3	IHTech	EHS	3	16	8	Y	72	165	-	2		
234				28	8	3	CvEng	SES	3	-	-	Y	80	185	-	1		
235				33	8	3	Suptd	EHS	3	-	-	Y	70	171	-	2		
236				30	8	3	LabTech	SES	3	10	7	Y	64	167	-	1		
237				53	8	12	Opt	M	12	-	-	-	60	164	-	1		
238				36	8	9	Opt	M	9	20	11	Y	62	167	-	1		
239				26	8	4	Nurse	MED	4	-	-	-	65	162	-	1		
240				39	8	4	Fire	EHS	4	2	9	Y	64	170	-	1		
241				32	8	5	MED	MED	5	-	-	Y	67	167	-	1		
242				33	8	4	Suptd	EHS	4	-	-	Y	60	168	-	1		
243				28	8	5	Opt	M	5	-	-	Y	78	172	-	1		
244				26	8	3	Fire	EHS	3	5	3	Y	56	167	-	1		
245				27	8	3	Insuran	Acc	3	-	-	Y	58	169	-	2		
246				31	8	4	Clerk	MED	4	6	13	Y	68	167	-	2		
247				37	8	10	Opt	M	10	16	11	-	76	173	-	2		
248				28	8	3	Opt	SES	3	-	-	Y	54	158	-	1		
249				45	8	18	Supv	UTI	18	15	11	-	68	165	-	1		
250				34	8	4	Training	EHS	4	10	11	Y	44	157	-	2		
251				28	8	4	ProjCon	SES	4	-	-	Y	75	172	-	1		
252				32	8	2	Suptd	EHS	2	-	-	Y	84	168	-	1		
253				30	8	5	MED	MED	5	-	-	-	66	167	-	1		
254				54	8	32	Forem	M	32	-	-	-	52	155	-	2		
255				31	8	4	Acc	Acc	4	-	-	-	46	161	-	1		
256				27	8	4	Fire	EHS	4	-	-	Y	65	165	-	1		
257				46	8	27	Admin	MED	27	-	-	-	64	155	-	1		
258				37	8	4	Driller	M	4	5	14	-	54	159	-	2		
259				31	8	3	EnvTech	EHS	3	10	8	Y	86	180	-	1		
260				42	8	6	Opt	M	6	4	6	-	79	162	-	1		
261				37	8	4	Mech	M	4	24	3	-	52	155	-	1		

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa Kerja di PTX	Masa Kerja di PTX	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Hasil Spirometri		
																Nor	Res	Ob s m
262				40	8	4	4	Fire	EHS	4	-	-	76	167	-	1		
263				34	8	2	2	Nurse	MED	2	-	-	44	160	-	1		
264				26	8	5	5	Opt	M	5	-	-	54	165	-	2		
265				54	8	31	31	Forem	SCM	31	16	31	54	159	Terasa berlendir tenggorok	1		
266				49	8	18	18	Opt	M	18	6	12	61	160	-	1		
267				36	8	10	10	AsstAcc	Acc	10	16	12	66	169	-	1		
268				52	8	33	33	EnvCon	EHS	33	-	-	78	163	-	1		
269				28	8	4	4	Driver	TAS	4	-	-	71	166	-	1		
270				33	8	5	5	Sec	Sec	5	32	16	65	171	-	1		
271				25	8	2	2	Nurse	MED	2	-	-	63	165	-	2		
272				25	8	3	3	Opt	M	3	16	5	55	165	-	1		
273				43	8	18	18	OptRad	SCM	18	16	21	107	172	Batuk blendir	3		
274				54	8	30	30	Leader	M	30	30	37	64	155	-	2		
275				51	8	33	33	SupvOPD	MED	33	-	-	63	165	-	2		
276				32	8	4	4	Opt	SES	4	5	6	48	163	-	2		
277				54	8	34	34	Fire	EHS	34	8	5	60	160	Batuk pilek 1 hari	2		
278				33	8	5	5	Mech	SES	5	-	-	80	168	Tggorokan berlendir	2		
279				28	8	9	9	Opt	M	9	16	6	96	169	-	2		
280				54	8	33	33	Safety	EHS	33	10	35	49	164	Sering sesak	2		
281				35	8	7	7	Suptd	M	7	16	9	59	163	-	2		
282				37	8	16	16	Opt	PP	16	3	2	63	169	-	1		
283				31	8	4	4	Fire	EHS	4	-	-	56	161	-	3		
284				25	8	4	4	Tech	M	4	10	6	64	162	-	2		
285				34	8	4	4	Fire	EHS	4	-	-	51	166	-	1		
286				42	8	3	3	Migr	M	3	-	-	83	168	-	2		
287				36	8	3	3	Instr	SES	3	-	-	73	162	-	1		
288				52	8	28	28	Sec	Sec	28	16	14	55	158	-	1		
289				36	8	4	4	Fire	EHS	4	-	-	60	171	-	1		
290				52	8	34	34	Technl	PP	34	-	-	71	162	-	2		
291				38	8	8	8	MED	MED	8	-	-	66	162	-	1		
292				31	8	13	13	Opt	PP	13	-	-	61	158	-	2		
293				28	8	3	3	IH	EHS	3	10	10	89	175	Pilek	1		
294				35	8	16	16	Opt	M	16	-	-	62	163	-	1		
295				38	8	5	5	Supv	M	5	10	13	75	174	-	1		
296				37	8	10	10	Forem	M	10	16	11	83	168	-	1		
297				55	8	31	31	Fire	EHS	31	-	-	70	169	-	2		
298				52	8	32	32	Supv	MED	32	-	-	53	152	-	1		

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Pkrijn	Dept	Lama di dept skrg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Nor	Res	Ob	Ca
299				46	8	20	Mgr	EHS	20	-	-	-	81	166	-	1			
300				39	8	19	Instr	PP	19	-	-	-	58	160	-	1			
301				41	8	9	Proj/acc	Acc	9	-	-	-	75	177	-	1			
302				44	8	20	Suptd	HR	20	6	15	Y	66	162	-	2			
303				25	8	4	Anallist	PP	4	8	5	-	63	165	-	2			
304				44	8	15	SupvRad	MED	15	6	6	Y	59	153	-	2			
305				54	8	34	Sec	Sec	34	-	-	Y	62	165	-	1			
306				30	8	4	Fire	EHS	4	-	-	Y	64	171	-	1			
307				32	8	6	Opt	M	6	-	-	Y	60	161	-	1			
308				26	8	4	Nurse	MED	4	-	-	-	56	162	-	2			
309				50	8	22	Coord	M	22	-	-	-	75	156	-	1			
310				34	8	8	Mech	M	8	-	-	Y	68	165	-	1			
311				39	8	6	Mgr	SCM	6	20	16	-	92	175	-	2			
312				39	8	3	MedFin	MED	3	-	-	Y	77	166	-	2			
313				31	8	4	Mech	UTI	4	7	6	Y	62	168	Batuk pilek	1			
314				54	8	31	Opt	SCM	31	16	30	-	71	162	-	1			
315				51	8	28	Opt	M	28	16	24	-	48	152	-	3			
316				28	8	4	Fire	EHS	4	-	-	Y	89	170	-	1			
317				34	8	2	Fire	EHS	2	-	-	Y	68	164	-	1			
318				32	8	6	ProjCon	SES	6	-	-	Y	78	168	-	2			
319				34	8	7	Trainer	M	7	16	7	Y	68	165	-	1			
320				37	8	13	Sec	Sec	13	-	-	Y	65	170	-	1			
321				25	8	4	Electr	UTI	4	-	-	-	71	160	-	1			
322				26	8	3	Technic	PP	3	10	11	Y	57	166	-	1			
323				53	8	33	Nurse	MED	33	8	31	Y	82	162	-	2			
324				28	8	4	Electric	SES	4	-	-	-	66	170	-	1			
325				36	8	4	Opt	PP	4	-	-	-	61	164	Batuk berlendir 1 mnggu	1			
326				43	8	3	Suptd	EHS	3	-	-	Y	71	165	-	1			
327				30	8	5	Sampler	M	5	-	-	Y	57	162	-	1			
328				54	8	29	Supv	M	29	24	32	-	65	167	Batuk pilek	1			
329				31	8	3	Fire	EHS	3	-	-	Y	66	164	-	2			
330				29	8	5	Opt	M	5	10	5	-	76	167	-	1			
331				29	8	4	Sampler	M	4	16	7	-	49	158	-	1			
332				30	8	5	Fire	EHS	5	-	-	Y	71	178	-	1			
333				29	8	3	BAnallist	SCM	3	-	-	-	78	168	-	1			
334				41	8	8	TrdHelp	UTI	8	-	-	Y	52	149	-	1			
335				31	8	3	Nurse	MED	3	-	-	-	75	169	Batuk pilek 2 hari	1			
336				43	8	4	Opt	M	4	12	8	Y	76	163	Batuk berlendir 1 mggu	1			

No	Nama	BN	JK	Usia	Lama Kerja	Masa kerja di PTX	Pkrjn	Dept	Lama di dept srg	Rokok (jika ya, jml/hr)	Lama mero kok	Olah raga	BB	TB	Keluhan klinis saat check-up berkaitan sistem pernafasan	Hasil Spirometri		
															Nor	Res	Ob s	Ca m

337				42	8	14	Fire	EHS	14	6	21	Y	72	157	-	1		
338				53	8	28	Refract	MED	28	10	30	-	72	170	-			
339				33	8	5	Technic	SES	5	-	-	-	72	170	-	1		
340				38	8	18	Cook	MED	18	20	32	Y	55	162	-			
341				32	8	13	Sec	Sec	13	-	-	-	67	166	-	2	■	
342				30	8	3	Suptd	EHS	3	-	-	-	83	172	-	2	■	
343				43	8	6	Electric	SES	6	-	-	-	49	161	-	1		
344				34	8	10	Opt	M	10	12	8	Y	72	165	Batuk	2	■	
345				54	8	32	Coord	PP	32	-	-	Y	71	170	-	2	■	
346				37	8	11	Acc	Acc	11	-	-	-	71	167	Batuk pilek 2 hari	1	■	
347				53	8	33	Fire	EHS	33	-	-	Y	56	164	-	2	■	

**Keterangan :**

1. Nama dan BN dihapus untuk kerahasiaan.
2. Jenis kelamin hanya Pria, jadi dikosongkan saja.
3. Lama kerja semua 8 jam sehari.
4. Pekerjaan pada pengolahan data dibagi ke dalam tiga kategori : 1 (blue collar); 2 (mixed); 3 (white collar) seperti dijelaskan pada DO.
5. Departemen/tempat kerja pada pengolahan data dibagi dalam dua kategori yakni 1 (high exposure to dust) dan 2 (lower exposure to dust) seperti dijelaskan pada DO.
6. Rokok pada pengolahan data dibagi dalam 4 kategori dengan indeks Brinkman seperti dijelaskan pada DO.
7. Hasil spirometri dalam pengolahan data diberi kode 1 (Normal), 2 (Restriktif), 3 (Obstruktif), 4 (Campuran).