



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**HUBUNGAN KONSENTRASI DEBU TOTAL  
DENGAN GANGGUAN FUNGSI PARU  
PADA PEKERJA DI PT. KS  
TAHUN 2010**

**TESIS**

**ANTONIUS SARDJANTO SETYO NUGROHO  
NPM. 0906592981**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA  
UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPOK  
JANUARI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**HUBUNGAN KONSENTRASI DEBU TOTAL  
DENGAN GANGGUAN FUNGSI PARU  
PADA PEKERJA DI PT. KS  
TAHUN 2010**

**TESIS**

**ANTONIUS SARDJANTO SETYO NUGROHO  
0906592981**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA  
UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPOK  
JANUARI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Antonius Sardjanto SN**

**NPM : 0906592981**

**Tanda tangan : .....**

**Tanggal : 16 Januari 2011**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Antonius Sardjanto Setyo Nugroho

NPM : 0906592981

Mahasiswa Program : S2 Reguler K3

Tahun Akademik : 2009

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul:

**Hubungan Konsentrasi Debu Total dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Di PT. KS Tahun 2010**

Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 16 Januari 2012

Materai

(Antonius Sardjanto SN)

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN**

**Tesis ini telah diperiksa dan dipertahankan dihadapan Panitia siding ujian  
Tesis Program Studi Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Universitas Indonesia**

**Depok, 16 Januari 2011**

**Pembimbing Utama**

**(Dr. Robiana Modjo, SKM, MKes)**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Antonius Sardjanto Setyo Nugroho  
NPM : 0906592981  
Program Studi : Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Judul Tesis : Hubungan Konsentrasi Debu Total dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja di PT. KS Tahun 2010

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada program studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Robiana Modjo, SKM. MKes ( )  
Penguji : Dr. Sjahrul M Nasri, M.Sc in Hyg ( )  
Penguji : DR. Dr. L. Meily Kurniawidjaja, M.Sc., Sp.Ok ( )  
Penguji : Ir. H. Zaidin, M.Eng ( )  
Penguji : Farida Tusafariah, M.Kes ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 16 Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memperindah kehidupan dengan melimpahkan kasih sayang, kenikmatan, dan kemudahan tiada berujung. Atas terjadinya kehendakMU sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai salah satu tugas akhir untuk memperoleh gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja (M.KKK)

Keberhasilan seseorang tidak terlepas dari budi baik dan bimbingan orang lain. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya pada pihak yang telah membantu dalam memberikan bimbingan, dukungan moriil dan bantuan penyusunan tesis ini. Hingga akhirnya penulisan tesis ini telah selesai tepat pada waktunya. Ucapan terima kasih dan penghargaan, penulis sampaikan kepada :

1. Alm. Ibunda tercinta Venantia Sri Suparni yang dahulu selalu memberikan doa, dukungan dan semangat.
2. Istri dan anak-anakku yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
3. Bapak Ridwan Z. Sjaaf. M.Psi, Selaku Ketua Departemen Keselematan dan Kesehatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat.
4. Ibu Dr. Robiana Modjo, SKM, M.Kes, Selaku Pembimbing dalam penulisan tesis, yang dengan sabar memberikan arahan, masukan, bimbingan dan motivasi kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
5. Bapak Dr. Sjahrul M Nasri, M.Sc in Hyg, selaku penguji pada seminar proposal, seminar hasil dan ujian tesis, terima kasih atas masukan dan sarannya.
6. Ibu DR. Dr. L. Meily Kurniawidjaja, M.Sc., Sp.Ok. Selaku penguji pada ujian tesis, terima kasih atas masukan dan sarannya.
7. Bapak Ir. H. Zaidin, M.Eng, Kepala dan Staf Departemen K3LH PT. Krakatau Steel, selaku penguji luar pada ujian tesis, terima kasih atas masukan dan sarannya.

8. Ibu Farida Tusafariah, M.Kes, selaku penguji luar pada ujian tesis, terima kasih atas masukan dan sarannya.
9. Seluruh Dosen-dosen Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis.
10. Departemen K3LH PT. Krakatau Steel, yang telah membantu penulis untuk menggunakan data dan bersedia meluangkan waktu untuk diwawancarai.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan MK3 angkatan 2009 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga penulis dapat memperbaiki tesis ini. Dan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang mempergunakannya terutama untuk proses kemajuan pendidikan selanjutnya.

Depok, 16 Januari 2012

Antonius Sardjanto SN



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

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Antonius Sardjanto Setyo Nugroho  
NPM : 090652981  
Program Studi : S2 Reguler  
Departemen : Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Fakultas : Kesehatan Masyarakat  
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:

**Hubungan Konsentrasi Parameter Debu Total dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja di PT. KS Tahun 2010**

beserta 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 memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 16 Januari 2012

Yang menyatakan

(Antonius Sardjanto Setyo N )

## ABSTRAK

Nama : Antonius Sardjanto Setyo Nugroho  
Program Studi : S2 Reguler K3  
Judul : **Hubungan Konsentrasi Parameter Debu Total dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja di PT. KS Tahun 2010**

Gangguan fungsi Paru Obstruktif, Restriktif dan Campuran Obstruktif dan Restriktif adalah penurunan kapasitas paru yang salah satu penyebab adalah pajanan debu dan bahan kimia di tempat kerja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan konsentrasi debu (TSP) di dalam ruangan kerja dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di PT. KS tahun 2010. Penelitian ini menggunakan metode survei (*survey research method*) yang dilakukan tanpa intervensi atau noneksperimental, analitik dan bertujuan untuk menjelaskan suatu keadaan atau situasi dengan rancangan survei potong silang (*cross sectional*). Variabel yang diamati adalah Konsentrasi Debu (TSP) ruangan, umur, lama bekerja, kebiasaan merokok, riwayat penyakit paru, kebiasaan olah raga dan kebiasaan pemakaian APD. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan sekunder, dan pengumpulan data menggunakan kuesioner dan wawancara. Analisis data yang digunakan adalah analisis univariat, bivariat dan multivariat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara Kebiasaan merokok dan pemakaian APD, gangguan fungsi paru dengan nilai p masing masing  $p=0.000$  dan  $p=0.003$ . Sedangkan konsentrasi debu, umur, lama bekerja, riwayat penyakit dan kebiasaan olah raga tidak menunjukkan hubungan yang signifikan. Hasil analisis regresi logistik dari 2(dua) variabel kebiasaan merokok dan tidak memakai APD yaitu kebiasaan merokok beresiko 5 kali mendapatkan gangguan fungsi paru dan tidak menggunakan APD beresiko 3.71 kali mendapatkan gangguan fungsi paru dibandingkan dengan yang menggunakan APD. Saran, dimasa datang sebaiknya dibuat sistem yang terintegrasi dapat menyatukan antara data pemeriksaan kesehatan pekerja, data kualitas udara di dalam lingkungan kerja setiap unit kerja sehingga analisis serta evaluasi terhadap kondisi kesehatan pekerja dapat menghasilkan kesimpulan yang lebih akurat dan pemilihan serta pemakaian APD yang tepat.

Kata kunci

Gangguan Fungsi Paru, Pekerja

## ABSTRACT

Name : Antonius Sardjanto Setyo Nugroho  
Study Program : Regular S2 K3  
Title : The Relationship Between Total Dust Concentration (And Pulmonary Function Disturbances Of The Workers Of PT. KS Year 2010

Obstructive, Restrictive and Mixed Obstructive-Restrictive Pulmonary function disturbances is a lung decreased capacity due to the accumulation of dust which causing the decline and airway blockage and the narrowing of pulmonary tract that interfere with the respiratory tract and lung tissue damage. This disease can occur to the workers in an environment polluted by chemical fumes or dust which may increase the risk of Obstructive, Restrictive and Mixed Obstructive-Restrictive pulmonary disease. The purpose of this study is to determine the relationship of dust concentration (TSP) in the working room with the Pulmonary function disturbances of the workers of PT. KS in year 2010. This study is using survey research methods which is a research carried out without an intervention to the research subjects or non experimental. This study is an analytic study that aims to explain a condition or a situation with a cross sectional survey design. The observed variables are the Dust Concentration (TSP)of the rooms, Age, length of work, smoking habits, history of pulmonary disease, exercise habits and customs of the use of PPE (Personal Protection Equipment). The type of data used are primary and secondary data, and the data collection is using questionnaires and interviews. The analysis of the data used is by univariate, bivariate and multivariate analysis. The results showed that there was a significant relationship between smoking habits and the use of PPE with lung function disturbances with a value of p respectively  $p = 0.000$  and  $p = 0.003$ . While the dust concentration, age, length of work, medical history and exercise habits showed no significant relationship. The results of logistic regression analysis of 2 (two) variables i.e smoking and not using PPE, that is smoking habits have 5 times the risk of having lung function disturbances and do not use PPE have 3.71 times the risk of getting lung function impairment compared with ones who use PPE. Suggestion, in the future there should be an integrated system that can unify the workers' health examination data, air quality data in the working environment of each unit of work, ambient air quality data and data quality of air emissions so that the analysis and evaluation of health conditions of workers can produce more accurate conclusions for the selection and the use of proper PPE.

Key word:

Impaired Lung Function

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
PENYATAAN PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan.....	5
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	6
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.4.1 Tujuan Umum .....	6
1.4.2 Tujuan Khusus .....	7
1.4.3 Manfaat Penelitian .....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Pencemaran Udara .....	9
2.2 Pengertian Udara.....	9
2.3 Karakteristik Partikel Debu Di Udara .....	10
2.3.1 Klasifikasi Partikulat.....	11
2.3.2 Partikulat .....	11
2.3.3 Toksisitas Partikulat .....	14
2.3.4 Klasifikasi Debu.....	16
2.4 Nilai Ambang Batas .....	16
2.5 Lokasi Partikulat Terdeposit .....	17
2.6 Penyakit Paru Kerja.....	18
2.7 Macam Penyakit Akibat Pencemaran Partikel Debu .....	19
2.8 Gangguan Fungsi Paru .....	23

2.9	Keluhan Respirasi Pada Pekerja Pabrik Peleburan .....	26
2.10	Faktor Yang Mempengaruhi Kelainan Fungsi Paru.....	27
2.11	Anatomi dan Fisiologi Paru .....	29
2.12	Pengendalian Pencemaran Udara.....	32
2.12.1	Pengendalian Teknis .....	33
2.12.2	Ventilasi .....	38
2.12.3	Pengendalian Secara Administrasi.....	40
2.12.4	Alat Pelindung Diri (APD).....	40
<b>BAB III</b>	<b>KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL .....</b>	<b>42</b>
3.1	Kerangka Teori.....	42
3.2	Kerangka Konsep .....	43
3.3	Hipotesis .....	44
3.4	Definisi Operasional.....	45
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>47</b>
4.1	Rancangan Penelitian.....	47
4.2	Populasi dan Sampel Penelitian .....	47
4.2.1	Populasi .....	47
4.2.2	Besar Sampel.....	48
4.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	48
4.4	Jenis Data.....	49
4.5	Metode dan Instrumen Data.....	49
4.6	Prosedur Pengukuran dengan Spirometer.....	50
4.7	Prosedur Pengukuran Debu Ruang Kerja .....	53
4.8	Pengolahan Data.....	56
4.9	Analisa Data .....	58
4.9.1	Analisis Univariat.....	58
4.9.2	Analisis Bivariat.....	59
4.9.3	Analisis Multivariat.....	59
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>60</b>
5.1	Gambaran Umum Perusahaan .....	60
5.1.1	Informasi Umum.....	60
5.1.2	Bahan Baku dan Proses Produksi .....	60
5.1.3	Ketenagakerjaan.....	62
5.1.4	Karakteristik Lingkungan Kerja .....	62
5.1.5	Hasil Penelitian .....	64
5.2	Analisis Univariat.....	66
5.2	Analisis Bivariat.....	72
5.2	Analisis Multivariat.....	73

<b>BAB VI PEMBAHASAN</b> .....	75
6.1 Keterbatasan Penelitian .....	75
6.2 Gangguan Fungsi Paru Pekerja Di PT. KS tahun 2010 .....	76
6.3 Konsentrasi Debu (TSP) .....	76
6.4 Umur Responden .....	78
6.5 Lama Bekerja.....	79
6.6 Kebiasaan Merokok .....	80
6.7 Riwayat Penyakit Paru.....	81
6.8 Kebiasaan Olahraga .....	82
6.9 Kebiasaan Pemakaian APD .....	83
6.10 Hubungan Antara Kebiasaan Merokok dan Pemakaian APD dengan Gangguan Fungsi Paru.....	84
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	86
7.1 Kesimpulan.....	86
7.2 Saran .....	87
<b>DAFTAR REFERENSI</b> .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Hasil Spirometri Tahun 2010.....	5
Tabel 2.1	Toksisitas Relatif Polutan .....	14
Tabel 2.2	Kandungan Debu EAF .....	15
Tabel 2.4	Interpretasi Spirometri .....	25
Tabel 3.1	Defini Operasional .....	45
Tabel 4.1	Jumlah Pekerja Di Unit SSP1 .....	47
Tabel 5.1	Data Series Hasil Pengukuran Debu Dalam Ruang .....	65
Tabel 5.2	Distribusi responden Menurut Gangguan Fungsi Paru .....	66
Tabel 5.3	Distribusi Total Debu Ruang .....	66
Tabel 5.4	Distribusi Responden Menurut Paparan Debu .....	67
Tabel 5.5	Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Olahraga .....	68
Tabel 5.6	Distribusi Responden Menurut Durasi Olahraga .....	68
Tabel 5.7	Distribusi Responden Menurut Umur .....	69
Tabel 5.8	Distribusi Responden Menurut Masa Kerja.....	69
Tabel 5.9	Distribusi Responden Menurut Pemakaian APD.....	70
Tabel 5.10	Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Merokok.....	70
Tabel 5.11	Distribusi Responden Menurut Riwayat Penyakit Paru.....	70
Tabel 5.12	Distribusi Responden Menurut Lokasi Kerja.....	71
Tabel 5.13	Analisis Bivariat Faktor-faktor yang Berhubungan Dengan gangguan Fungsi paru Pekerja di PT. KS Tahun 2010 .....	72
Tabel 5.14	Analisis Regresi Logistik Faktor-faktor yang Berhubungan Dengan gangguan Fungsi paru Pekerja di PT. KS Tahun 2010.....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar1.1.	Hasil Pengukuran Kualitas Udara Di Ruang Kerja Untuk Parameter Total Partikulat Pada Unit Produksi Billet Steel Plant.....	3
Gambar1.2.	Hasil Pengukuran Kualitas Udara Di Ruang Kerja Untuk Parameter Total Partikulat Pada Unit Produksi Slab Steel Plant.....	3
Gambar1.3.	Hasil Pengukuran Kualitas Udara Di Ruang Kerja Untuk Parameter Total Partikulat Pada Unit Produksi Slab Steel Plant1.....	4
Gambar 2.1.	Klasifikasi Partikulat.....	11
Gambar 2.2.	Klasifikasi Debu.....	16
Gambar 2.3.	Deposisi Partikel Pada Saluran Pernafasan.....	18
Gambar 2.4.	Lokasi Partikulat Terdeposit.....	18
Gambar 3.1.	Diagram KerangkaTeoriPencemaranDebuDalamRuangan.....	42
Gambar 3.2.	Diagram KerangkaKonsepPencemaranDebuDalamRuangan.....	43
Gambar 5.1	Diagram Alir Proses Produksi Integrated Slab Steel Plant PT. KS.....	60
Gambar 5.2.	Aliran Produksi Slab Steel Plant 1.....	61
Gambar 5.3.	Denah Luas Bangunan Produksi Slab Steel Plant 1.....	62
Gambar 5.4.	Lokasi Titik Pengukuran Kadar Debu Di Dalam Area SSP1.....	63
Gambar 5.5.	Ruang Peleburan Slab Steel Plant 1.....	64
Gambar 5.6.	Peleburan Tanur Busur Listril.....	65
Gambar 5.7.	Histogram Pajanan Debu.....	67



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1      Sertifikat Hasil Analisa Debu EAF
- Lampiran 2      Contoh Grafik Pemeriksaan Spirometri
- Lampiran 3      Data Lokasi Responden dan Gangguan Fungsi paru
- Lampiran 4      Kuesioner



## DAFTAR SINGKATAN

<b>ILO</b>	: <i>International Labour Organization</i>
<b>MCU</b>	: <i>Medical Check Up</i>
<b>OSHA</b>	: <i>Occupational Safety and Health Administration</i>
<b>PAK</b>	: Penyakit Akibat Kerja
<b>PKDTK</b>	: Promosi Kesehatan Di Tempat Kerja
<b>SSP</b>	: Slab Steel Plant
<b>EAF</b>	: Electric Arc Furnace
<b>WHO</b>	: <i>World Health Organisation</i>
<b>KVP</b>	: Kapasitas Vital Paksa
<b>VEP</b>	: Volume Ekspirasi Paksa

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) merupakan salah satu dari kelompok penyakit tidak menular yang telah menjadi masalah kesehatan masyarakat di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya usia harapan hidup dan semakin tingginya paparan faktor risiko, seperti faktor pejamu yang diduga berhubungan dengan kejadian PPOK, semakin banyaknya jumlah perokok khususnya pada kelompok usia muda, serta pencemaran udara di dalam ruangan maupun di luar ruangan dan di tempat kerja. Data Badan Kesehatan Dunia (WHO), menunjukkan bahwa pada tahun 1990 PPOK menempati urutan ke-6 sebagai penyebab utama kematian di dunia, sedangkan pada tahun 2002 telah menempati urutan ke-3 setelah penyakit kardiovaskuler dan kanker (WHO,2002). Di Amerika Serikat dibutuhkan dana sekitar 32 juta US\$ dalam setahun untuk menanggulangi penyakit ini, dengan jumlah pasien sebanyak 16 juta orang dan lebih dari 100 ribu orang meninggal. Hasil survei penyakit tidak menular oleh Direktorat Jenderal PPM & PL di 5 rumah sakit propinsi di Indonesia (Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Lampung, dan Sumatera Selatan) pada tahun 2004, menunjukkan PPOK menempati urutan pertama penyumbang angka kesakitan (35%), diikuti asma bronkial bronkial (33%), kanker paru (30%) dan lainnya (2%) (Depkes RI, 2004).

Penyebab Kematian yang berhubungan dengan pekerjaan (ILO, 1999) penyakit kanker 34%, kecelakaan 25%, penyakit saluran pernafasan kronis 21%, penyakit kardiovaskuler 15% dan lain-lain 5%

Payung hukum yang melindungi tenaga kerja yang saat ini masih berlaku yaitu Undang-undang No. 1 Tahun 70 tentang Keselamatan Kerja yang meletakkan dasar-dasar pelaksanaan kesehatan kerja seperti yang tercantum pada pasal 3 dan pasal 8. Pada pasal 3 diatur tentang pemberian pertolongan pada kecelakaan, mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja, memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban, serta memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerja. Sedangkan pada

pasal 8 diatur tentang kewajiban pemberi kerja untuk memeriksakan kesehatan pekerja yang akan diterima maupun akan dipindahkan, serta pemeriksaan kesehatan secara berkala pada dokter yang ditunjuk oleh pengusaha dan dibenarkan oleh direktur (Kurniawijaya, 2010). Hal ini juga diperkuat dengan adanya Undang-Undang Nomor 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan yang di dalam pasal 86 menyebutkan setiap pekerja/buruh mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas keselamatan dan kesehatan kerja, moral kesusilaan dan perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama dan pada pasal 87 menyebutkan bahwa setiap perusahaan wajib menerapkan sistem manajemen K3 yang terintegrasi dengan sistem manajemen perusahaan. Secara umum pada pasal 164 Undang-undang no. 36 Tahun 2009 menyebutkan bahwa setiap orang berhak atas kesehatan.

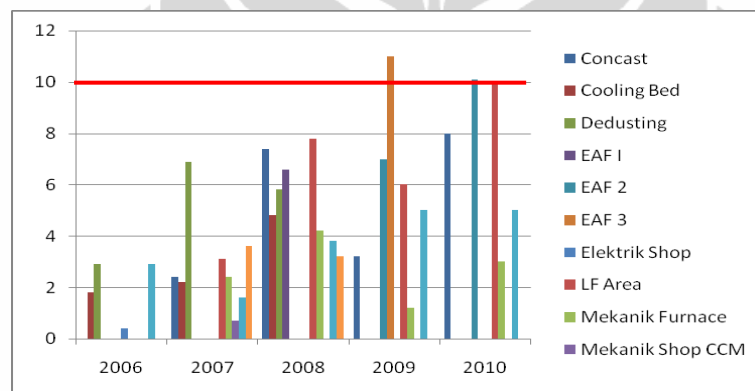
Pertumbuhan sektor industri telah memberikan kontribusi yang sangat besar dalam pertumbuhan ekonomi, walaupun hasilnya saat ini masih belum optimal dan masih dapat terus ditingkatkan. Dalam struktur perekonomian nasional sektor industri diharapkan dapat menjadi penggerak (*prime mover*) pembangunan ekonomi dan merupakan andalan untuk meningkatkan daya saing global melalui keunggulan kompetitif berbasis keunggulan komparatif sumber daya alam dan sumber daya manusia.

Salah satu jenis industri yang berkembang adalah industri baja yang terintegrasi (*integrated Steel Plant*). Dampak dari proses peleburan baja adalah dihasilkannya debu TSP (*Total Suspended Particulate*) yang cukup dominan yang dikeluarkan sebagai emisi ke udara bebas maupun *fugitive* debu yang tidak terhisap oleh *dust collector*. Debu (*Total Suspended Particulate*) dihasilkan dari proses peleburan terutama pada saat proses pemasukan *scrap* besi (*charging*) ke dalam Tanur Busur Listrik atau *Electric Arc Furnace* (EAF) dan proses pemasukan karbon (*penetration*) ke dalam EAF serta proses penuangan (*ladle*) masih ada debu yang tidak terhisap oleh peralatan *dust collector*.

Berdasarkan PP No. 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, debu yang berasal dari proses peleburan yang tertangkap di *bag house filter* di kategorikan sebagai limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) dengan kode limbah D208 dan kode kegiatan 2701 yang berasal atau

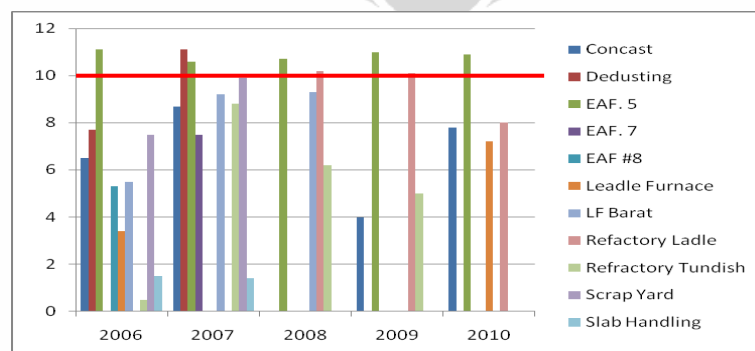
uraian limbah berupa ash, *dross*, slag dari furnace fasilitas pengendalian pencemaran udara dengan pencemar utama Logam Berat (terutama As, Cr, Pb, Ni, Cd, Th dan Zn) yang bila keluar ke lingkungan dapat mencemari lingkungan, baik melalui komponen udara, air maupun tanah dan gangguan kesehatan terhadap para pekerja atau karyawan yang menangani secara langsung proses peleburan ini.

Sebagai gambaran kualitas udara khususnya untuk parameter total partikulat yang pernah dilakukan pengujian sejak tahun 2006 sampai dengan tahun 2010 di beberapa ruang proses produksi Pabrik Slab Baja I (*Slab Steel Plant I*), Pabrik Slab Baja II (*Slab Steel Plant II*) dan Pabrik Billet Baja (*Billet Steel Plant/BSP*) sebagai berikut:



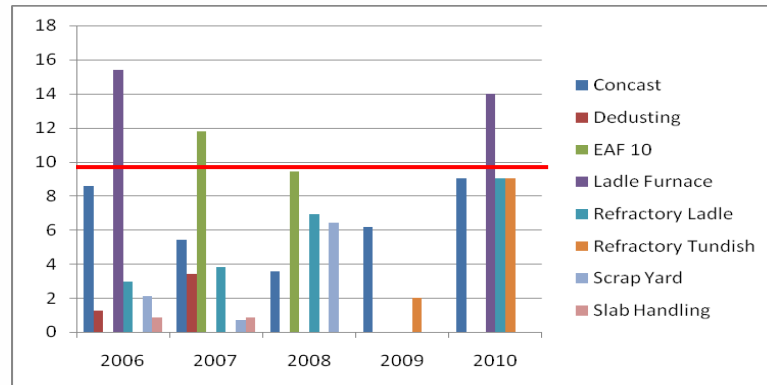
**Gambar 1.1.**

**Hasil Pengukuran Kualitas Udara di Ruang Kerja untuk Parameter Total Partikulat Pada Unit Produksi Billet Steel Plant**



**Gambar 1.2.**

**Hasil Pengukuran Kualitas Udara di Ruang Kerja untuk Parameter Total Partikulat Pada Unit Produksi Slab Steel Plant 1**



**Gambar 1.3.**  
**Hasil Pengukuran Kualitas Udara di Ruang Kerja untuk**  
**Parameter Total Partikulat Pada Unit Produksi Slab Steel Plant 2**

Berdasarkan data hasil pengukuran di atas, ada beberapa lokasi pada proses produksi yang mempunyai kadar parameter total partikulat di atas Nilai Ambang Batas (NAB) yang dipersyaratkan yaitu  $10 \text{ mg/m}^3$  sesuai Surat Edaran Menteri tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia (SE-01/MEN/1997) tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja dan Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2008 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri. Pada Unit *Slab Steel Plant 1* (SSP I) hampir setiap dilakukan pemantauan hasilnya selalu di atas NAB. Para pekerja yang berada dilingkungan kerja dengan kadar debu di atas nilai ambang batas (NAB) dalam waktu yang lama (bertahun) disertai dengan perilaku yang tidak disiplin dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) akan menurunkan kualitas sistem pernafasan pekerja.

Penyakit yang diperkirakan dapat terjadi pada para pekerja di bagian peleburan atau *Slab Steel Plant I* (SSP I), *Slab Steel Plant II* (SSP II) dan Pabrik Pengolah Baja (BSP) adalah Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM) yaitu suatu penyakit paru akibat penyumbatan menetap pada saluran pernafasan yang disebabkan oleh emfisema atau bronchitis kronis. Penyakit ini bisa terjadi pada para pekerja di lingkungan yang tercemar oleh asap kimia atau debu dapat meningkatkan resiko terjadinya penyakit paru obstruktif, (Junaidi, 2010).

Begitu pula terhadap komponen lingkungan, secara langsung debu dari Tanur Busur Listrik / *Electric Arc Furnace* (EAF) dapat mencemari udara karena

wujud dari limbah ini berupa debu yang sangat mudah terdispersi ke ruang kerja maupun ke udara. Cara terbaik untuk melindungi pekerja dari pajanan debu adalah dengan mengendalikan kadar debu lingkungan kerja ke tingkat yang aman sampai di bawah Nilai Ambang Batas (NAB). Untuk melihat sejauhmana pengaruh konsentrasi debu ruangan kesehatan para pekerja sudah dilakukan pemeriksaan *Medical Check Up* (MCU) diantaranya dengan dilakukan pemeriksaan paru dengan alat spirometer (Spirolab MIR 3) dan pengambilan foto *thorax*.

Rekapitulasi data hasil *Medical Check Up* (MCU) para pekerja di bagian *Slab Steel Plant I* (SSP I), *Slab Steel Plant II* (SSP II) dan BSP dapat dirangkum sebagai berikut:

**Tabel 1.1.**  
**Hasil Spirometri Tahun 2010 Pekerja di Proses SSP I, SSP II dan BSP**

Lokasi	Jumlah Pekerja	Hasil Spirometri					Norma I
		Restriksi Ringan	Restriksi Sedang	Obstruksi Ringan	Obstruksi Sedang	Mix	
SSP I	223	117	16	122	11	133	90
SSP II	120	58	10	59	9	68	52
BSP	196	96	24	112	8	120	76

Sumber: Dep. K3LH PT. KS, 2010

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada SSP I terdapat 223 pekerja dengan hasil pengukuran dengan spirometri terdapat 122 orang menunjukkan obstruksi ringan atau 54.7% dan 11 orang obstruksi sedang atau 4.93% serta campuran sebanyak 133 orang atau 59.64%. Pada SSP II mempunyai jumlah pekerja sebanyak 120 orang dengan hasil 59 orang mengalami obstruksi ringan atau 49.17% dan 9 orang mengalami obstruksi sedang atau 7.5% serta gangguan campuran sebanyak 68 orang atau 56.67%. Pada Pabrik Pengolah Baja (BSP) dengan jumlah pekerja 196 terdapat 122 orang mengalami obstruksi ringan atau 62.24% dan 8 orang mengalami obstruksi sedang atau 4.08% serta gangguan campuran sebanyak 120 orang atau 61.22%.

## 1.2. Permasalahan

Informasi dari PT.KS, diketahui bahwa masih banyak pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru (restriktif, obstruktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif) dan konsentrasi debu (TSP) ruangan pada proses produksi slab baja

(*Slab Steel Plant I*) PT. KS melebihi nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan sesuai dengan Surat Edaran Menteri tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia (SE-01/MEN/1997) tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja dan Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2008 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.

### **1.3. Pertanyaan Penelitian**

- a. Bagaimana hubungan antara konsentrasi debu (TSP) dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* PT. KS ?
- b. Bagaimana hubungan antara umur dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* PT. KS ?
- c. Bagaimana hubungan antara lama bekerja dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* PT. KS ?
- d. Bagaimana hubungan antara kebiasaan olah raga dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* PT. KS ?
- e. Bagaimana hubungan antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* PT. KS ?
- f. Bagaimana hubungan antara riwayat penyakit paru dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* PT. KS ?
- g. Bagaimana hubungan antara pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* PT. KS ?

### **1.4. Tujuan Penelitian**

#### **1.4.1. Tujuan Umum**

Untuk mengetahui hubungan konsentrasi debu (*Total Suspended Particulate*) ruangan terhadap gangguan fungsi paru (restriktif, obstruktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif) pekerja di proses produksi slab baja 1 (*Slab Steel Plant1*) PT. KS.



#### 1.4.2. Tujuan Khusus

- a. Menjelaskan hubungan umur dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant* 1 PT. KS;
- b. Menjelaskan hubungan lama bekerja dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant* 1 PT. KS;
- c. Menjelaskan hubungan kebiasaan olah raga dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant* 1 PT. KS;
- d. Menjelaskan hubungan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant* 1 PT. KS;
- e. Menjelaskan hubungan riwayat penyakit paru dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant* 1 PT. KS;
- f. Menjelaskan hubungan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit *Slab Steel Plant* 1 PT. KS;

#### 1.4.3. Manfaat Penelitian

- a. Bagi Peneliti:
  - Menerapkan keilmuan dibidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang telah diperoleh.
  - Menambah dan mengembangkan ilmu pengetahuan dibidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada industri yang berpotensi menghasilkan debu yang berpotensi menimbulkan penyakit akibat kerja.
- b. Bagi Perusahaan :
  - Didapatkan data mengenai faktor-faktor penyebab gangguan fungsi paru Obstruktif para pekerja di unit peleburan baja;
  - Sebagai masukan bagi pihak perusahaan untuk menyusun tindakan preventif untuk mencegah turunnya derajat kesehatan para pekerja yang dapat mempengaruhi produktivitas;
  - Sebagai masukan industri peleburan lainnya yang mempunyai proses produksi yang sama untuk mencegah terjadinya pajanan (*Total Suspended Particulate*) debu bagi para pekerjanya

c. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia:

- Sebagai referensi dan informasi yang dapat dikembangkan sebagai bahan penelitian untuk penelitian dengan objek yang sama.
- Sebagai bahan perbandingan jika ada yang melakukan penelitian yang sama.

d. Bagi *stakeholders*:

Data dan informasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan masukan atau referensi dalam penyusunan Nilai Ambang Batas (NAB) dan Baku Mutu Lingkungan (BML);

### **1.5. Ruang Lingkup**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan konsentrasi debu dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di unit proses produksi slab baja (*Slab Steel Plant*) I PT. KS, dikarenakan pada unit SSP I ini mempunyai jumlah pekerja yang paling banyak yaitu 223 orang dan berdasarkan hasil pengujian konsentrasi parameter debu (TSP) diruang kerja sejak tahun 2006 sampai dengan 2010 hasilnya selalu melebihi Nilai Ambang Batas sesuai Surat Edaran Menteri tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia (SE-01/MEN/1997) tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja dan Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2008 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri yaitu 10 mg/m<sup>3</sup>.

Sedangkan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data Primer yang digunakan adalah data yang diperoleh melalui wawancara dan kuesioner, sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data hasil *Medical Check Up* tahun 2010 untuk hasil pemeriksaan spirometri yang menunjukkan fungsi paru normal dan gangguan fungsi paru (obstruktif, restriktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pencemaran Udara**

Pencemaran udara adalah adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normal. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. Bila keadaan ini terjadi maka udara dikatakan telah tercemar, kenyamanan hidup terganggu (Wardana, 2001). Pembangunan yang berkembang pesat saat ini khususnya bidang industri dan teknologi, serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak) menyebabkan udara yang kita hirup di sekitar kita menjadi tercemar oleh gas-gas buang maupun debu hasil pencemaran

Menurut Peraturan Pemerintah RI No.41 tahun 1999, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Polusi udara terdiri dari polusi di dalam ruangan (*indoor*) seperti asap rokok, asap kompor, briket batu bara, asap kayu bakar, asap obat nyamuk bakar, dan lain-lain), polusi di luar ruangan (*outdoor*), seperti gas buang industri, gas buang kendaraan bermotor, debu jalanan, kebakaran hutan, gunung meletus, dan lain-lain, dan polusi di tempat kerja (bahan kimia, debu/zat iritasi, dan gas beracun), (Permenkes no. 1022 thn 2008).

#### **2.2. Pengertian Udara**

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi dan komponen campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Udara juga merupakan atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan manusia di dunia ini. Dalam udara terdapat oksigen

untuk bernafas, karbondioksida untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun dan ozon untuk menahan sinar ultraviolet (Fardiaz, 1992).

### 2.3. Karakteristik Partikel Debu Di Udara

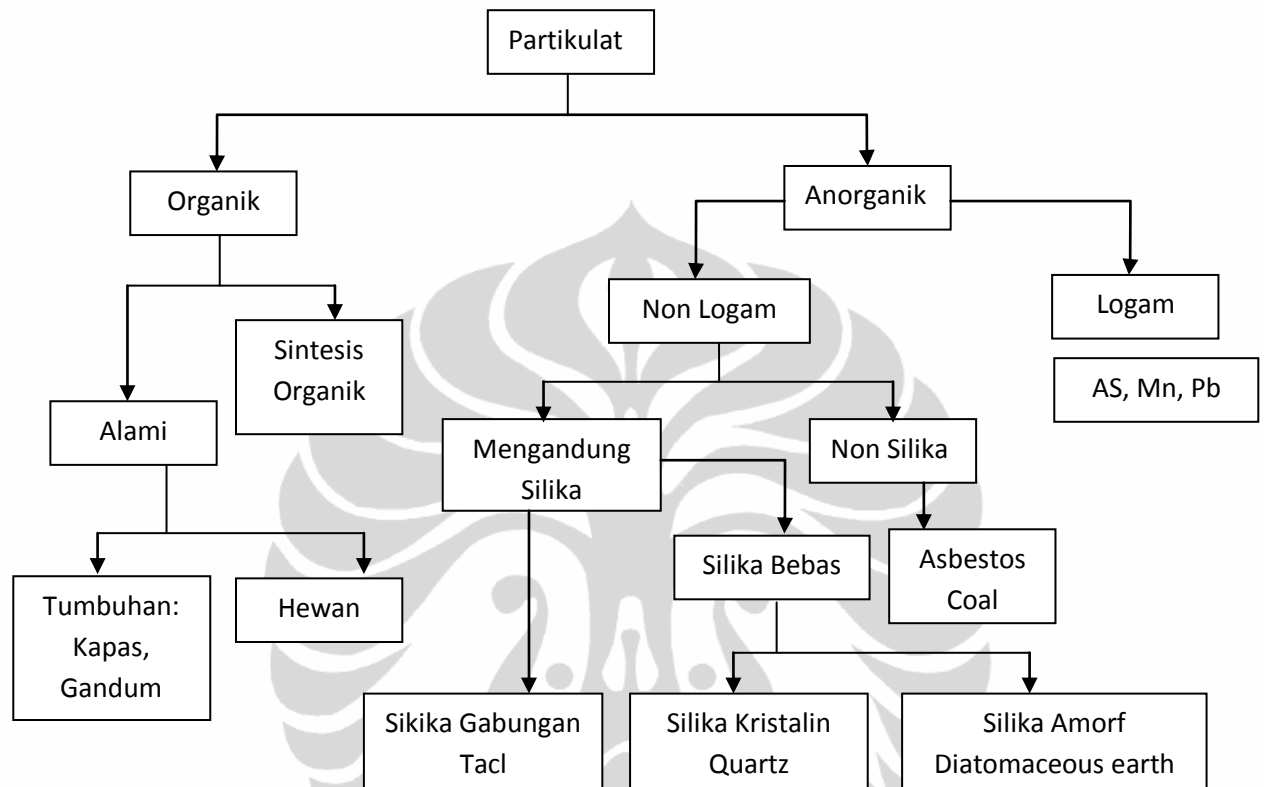
Debu adalah zat padat yang dihasilkan oleh manusia atau alam dan merupakan hasil dari proses pemecahan suatu bahan. Debu adalah zat padat yang berukuran 0,1 – 25 mikron. Debu termasuk kedalam golongan partikulat. Debu yang dihasilkan dari aktivitas industri dapat diklasifikasikan menjadi 2 kelompok besar yaitu organik dan anorganik. Debu organik berasal dari material tumbuh-tumbuhan dan binatang atau dari material sintetis. Secara umum debu-debu organik cenderung menimbulkan reaksi alergi setelah terjadi pajanan akut dan kronis.

Debu organik sintetis dapat menimbulkan iritasi dan reaksi alergi dan juga pengaruh-pengaruh lokal seperti dermatitis atau pengaruh toksik sistemik seperti kerusakan lever. Debu anorganik dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu metalik dan non metalik. Debu non metalik mengandung silika yang lebih lanjut diklasifikasikan sebagai *crystalline* atau amorphus. Debu metalik in organik dapat mengakibatkan dermatitis lokal dan toksisitas sistemik, terutama ginjal, darah dan sistem saraf pusat. Debu yang mengandung *crystalline* atau silika bebas dapat menyebabkan *pneumoconiosis* sebagai akibat pajanan kronik (Alpaugh, 1988).

Partikel logam yang beracun seperti timbal dan mangan dapat menimbulkan masalah setelah pemajanan dalam waktu yang singkat (mulai beberapa hari sampai beberapa bulan) tergantung kepada banyaknya partikel logam beracun yang diabsorpsi didalam jangka waktu tertentu. Pemajanan uap logam yang berlebihan dalam beberapa jam dapat menimbulkan demam uap logam, sakit yang bersifat sementara, sama seperti flu. Partikel yang menyebabkan reaksi alergi atau iritasi berat dapat menyebabkan masalah yang berat hanya dengan waktu pemajanan yang pendek pada kadar yang relatif rendah (Soeripto, 2008)

### 2.3.1. Klasifikasi Partikulat

Klasifikasi partikulat pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua klasifikasi besar yaitu anorganik dan organik seperti digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.1. Klasifikasi partikulat (sumber: Winder, 2005) (Lestari, 2010)**

### 2.3.2. Partikulat

Partikel adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan. Namun dalam pengertian yang lebih luas, dalam kaitannya dengan masalah pencemaran lingkungan, pencemar partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan bentuk yang rumit atau kompleks yang kesemuanya merupakan bentuk pencemaran udara.

Sumber pencemaran partikel dapat berasal dari peristiwa alami dan dapat juga berasal dari aktivitas manusia. Pencemaran partikel yang berasal dari alam, adalah sebagai berikut :

- Debu tanah/pasir halus yang terbang terbawa oleh angin kencang;
- Abu dan bahan-bahan vulkanik yang terlempar ke duara akibat letusan gunung berapi;
- Semburan uap air panas di sekitar daerah sumber panas bumi di daerah pegunungan;
- Sumber pencemaran partikel akibat aktivitas manusia sebagian besar berasal dari pembakaran batubara, proses industri, kebakaran hutan dan gas buangan alat transportasi.

Menurut Wardhana, 1994. Partikel meliputi berbagai macam bentuk yang dapat berupa keadaan-keadaan sebagai berikut:

- a. Aerosol, adalah istilah umum yang menyatakan adanya partikel yang terhambur dan melayang diudara;
- b. *Fog* atau kabut, adalah aerosol yang berupa butiran-butiran air yang berada di udara;
- c. *Smoke* atau asap adalah, aerosol yang berupa campuran antara butir padatan dan cairan yang terhambur melayang di udara;
- d. *Dust* atau debu, adalah aerosol yang berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena adanya hembusan angin;
- e. *Mist*, artinya mirip dengan kabut. Penyebabnya adalah butir-butiran zat cair yang terhambur dan melayang di udara (butiran-butiran air);
- f. *Fume*, artinya mirip dengan asap hanya saja penyebabnya adalah aerosol yang berasal dari kondensasi uap panas (khususnya uap logam);
- g. *Plume* adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri atau pabrik;
- h. *Haze* adalah setiap bentuk aerosol yang mengganggu pandangan di udara;
- i. *Smog* adalah bentuk campuran antara smoke dan fog. Istilah ini banyak digunakan di Inggris dan di Amerika, sehingga ada istilah London Smog dan Los Angeles Smog;
- j. *Smaze* adalah istilah yang banyak dipakai di Amerika (khususnya di New York) untuk mengartikan campuran antara *smoke* dan *haze*.

Partikel di atmosfer dalam bentuk suspensi, yang terdiri atas partikel-partikel padat cair. Ukuran partikel dari 100 mikron hingga kurang dari 0,01 mikron. Terdapat hubungan antara ukuran partikel polutan dengan sumbernya. Partikel sebagai pencemar udara mempunyai waktu hidup yaitu pada saat partikel masih melayang-layang sebagai pencemar di udara sebelum jatuh ke bumi. Waktu hidup partikel berkisar antara beberapa detik sampai beberapa bulan. Sedangkan kecepatan pengendapannya tergantung pada ukuran partikel, massa jenis partikel serta arah dan kecepatan angin yang bertiup.

Partikel debu dapat dibagi atas 3 jenis, yaitu debu organik, debu mineral, dan debu metal. Sumber debu bermacam-macam, tergantung jenis debunya. Partikel debu dipengaruhi oleh daya tarik bumi sehingga cenderung untuk mengendap di permukaan bumi. Partikel debu juga dapat membentuk “flok” sehingga ukurannya menjadi lebih besar permukaannya cenderung untuk basah. Sifat-sifat ini membuat ukurannya menjadi lebih besar sehingga memudahkan proses pengendapannya di permukaan bumi dengan bantuan gaya tarik bumi. Partikel debu dengan diameter 1 milimikron mempunyai kemampuan untuk menghamburkan sinar matahari.

Polusi udara oleh partikel berhubungan erat dengan  $\text{SO}_2$ . Partikel  $\text{SO}_2$  berasal dari sumber yang sama yaitu pembakaran bahan bakar fosil yang satu sama lain saling bereaksi secara sinergis dalam memberikan dampak terhadap kesehatan manusia. Benda partikel ini sering disebut sebagai asap atau jelaga, benda-benda partikulat ini sering merupakan pencemar udara yang paling kentara dan biasanya juga paling berbahaya.

Sebagian benda partikulat keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tapi yang paling berbahaya adalah partikel-partikel halus butiran-butiran yang sangat kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Sebagian besar partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain terutama sulfur dioksida dan oksida nitrogen dan secara kimiawi berubah dan membentuk zat-zat nitrat dan sulfat.

Menurut Fardiaz (1992) polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel, di ikuti dengan NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, Hidrokarbon dan Carbonmonoksida (yang paling rendah toksisitasnya) seperti pada tabel berikut.

**Tabel 2.1**  
**Toksisitas Relatif Polutan**

<b>Pollutan</b>	<b>Level Toleransi (µg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Toksisitas Relatif</b>
<b>CO</b>	32.000 – 40.000	1.00
<b>HC</b>	193.000	2.07
<b>Sox</b>	0.50 – 1.43	28
<b>Nox</b>	0.25 – 5.14	77.8
<b>Partikel</b>	375	106.7

Sumber : Fardiaz (1992)

Partikulat adalah zat dengan diameter kurang dari 10 mikron, berdasarkan ukurannya, partikel dibagi menjadi dua:

- a) Diameter kurang dari 1 mikron: aerosol dan *fume* (asap), dan
- b) Diameter lebih dari 1 mikron: debu dan *mists* (butir cairan).

Partikulat bersama polutan lain seperti ozon dan sulfurdioksida akan menimbulkan penurunan faal paru, sedangkan partikulat saja tidak menimbulkan gangguan faal paru pada orang normal. Gangguan faal paru yang terjadi adalah penurunan VEP 1 dan rasio VEP 2/KVP, yaitu gangguan obstruksi saluran napas, (permenkes No. 1022 tahun 2008)

### 2.3.3. Toksisitas Partikulat

Terdapat dua faktor penting untuk mengetahui toksisitas partikulat yang terhirup oleh pekerja, yaitu komposisi kimia debu dan ukurannya, Kedua hal tersebut menentukan berapa banyak yang dapat masuk kedalam tubuh, dimana akan tersimpan dan efek toksik yang akan ditimbulkan (Lestari, 2010).

Debu (TSP) dalam ruangan yang terhisap oleh peralatan *dust collector* primer dan sekunder akan terkumpul di dalam alat pengendali pencemaran udara jenis *bag house filter* sebelum terbang ke udara bebas.



Komposisi kimia pada debu (TSP) yang tertangkap di dalam *bag house filter* sebagai berikut:

**Tabel 2.1**  
**Kandungan Dedu *Electric Arc Furnace***

Parameter	Hasil	Satuan	Metode
SiO <sub>2</sub>	35.93	Ppm	USEPA-6010+3051
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.08	Ppm	USEPA-6010+3051
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.01	Ppm	USEPA-6010+3051
CaO	<0.01	Ppm	USEPA-6010+3051
MgO	<0.001	Ppm	USEPA-6010+3051
K <sub>2</sub> O	<0.09	Ppm	USEPA-6010+3051
TiO <sub>2</sub>	55.49	Ppm	USEPA-6010+3051
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	Ppm	USEPA-6010+3051
Cl	None	Ppm	EPA-9020A
S	0.21	Ppm	USEPA-6010+3051
Cr	471.30	Ppm	USEPA-6010+3051
Mn	9524.85	Ppm	USEPA-6010+3051
As	<0.073	Ppm	USEPA-6010+3051
Cd	108.22	Ppm	USEPA-6010+3051
Hg	<0.0001	Ppm	USEPA-6010+3051
Tl	<0.007	Ppm	USEPA-6010+3051
Pb	8499.44	Ppm	USEPA-6010+3051
Ni	32.63	Ppm	USEPA-6010+3051
Co	27.03	Ppm	USEPA-6010+3051
Cu	431.81	Ppm	USEPA-6010+3051
V	927.44	Ppm	USEPA-6010+3051
Zn	76742.80	Ppm	USEPA-6010+3051
Sb	82.32	Ppm	USEPA-6010+3051
Se	<0.121	Ppm	USEPA-6010+3051

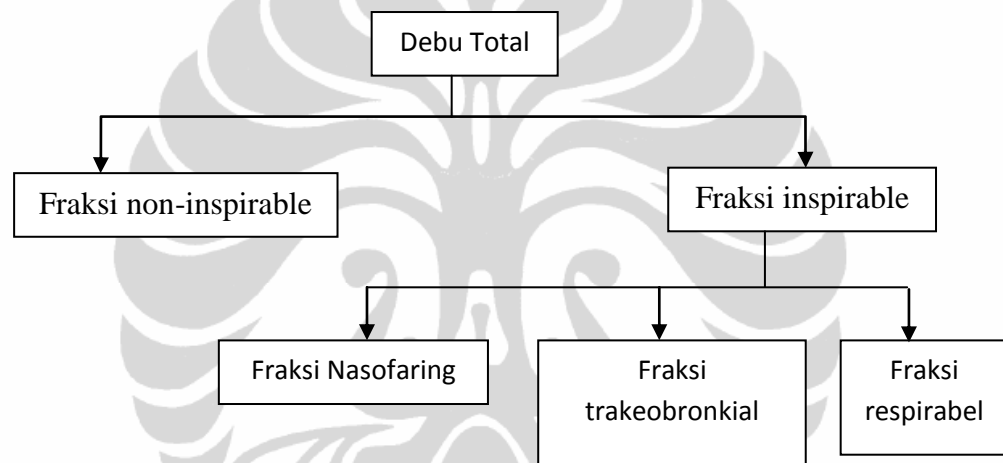
Sumber: Geocycle Dept. PT. Holcim Indonesia, 2011

Dari tabel di atas, diketahui debu yang tertangkap di dalam peralatan pengendalian pencemaran udara banyak mengandung elemen logam, Berdasarkan PP No. 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, di kategorikan sebagai limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) dengan kode limbah D208 dan kode kegiatan 2701 yang berasal atau uraian limbah berupa ash, *dross*, *slag* dari *furnace* fasilitas pengendalian pencemaran udara dengan pencemar utama Logam Berat (terutama As, Cr, Pb, Ni, Cd, Th dan Zn). Winder, 2005 dalam Fatma Lestari, 2010. Menyebutkan bahwa partikulat

Oksida Besi yang berasal dari proses produksi besi dan baja mempunyai efek toksik atau penyakit Siderosis, Fibrosis-difus yang menyerupai *Pneumoconiosis*.

#### 2.3.4. Klasifikasi Debu

Debu dapat diklasifikasikan berdasarkan dua fraksi yaitu *non-inspirable fraction* dan *inspirable fraction*. *Inspirable fraction* dapat disubklasifikasikan lagi menjadi tiga bagian yaitu fraksi nasofaring, fraksi trakeobronkial, dan fraksi respirable. Klasifikasi ini dibuat berdasarkan ukuran debu dan lokasi tempat partikulat terdeposit dengan pembagian sebagai berikut:



**Gambar 2.2. Klasifikasi debu (Lestari, 2010)**

#### 2.4. Nilai Ambang Batas (NAB)

Nilai Ambang Batas atau *Threshold Limit Value (TLV)* adalah kadar yang pekerja sanggup menghadapinya dengan tidak menunjukkan penyakit atau kelainan dalam pekerjaan mereka sehari-hari untuk waktu 8 jam sehari dan 40 jam seminggu. NAB dinyatakan dengan “juta partikel per meter kubik udara” disingkat JPPMK atau *million of particke per cubik meter of air (mppcm)*. (Suma'mur PK, 2009).

Nilai Ambang Batas (NAB) adalah standar faktor-faktor lingkungan kerja yang dianjurkan di tempat kerja agar tenaga kerja masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan penyakit gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Kegunaan NAB ini

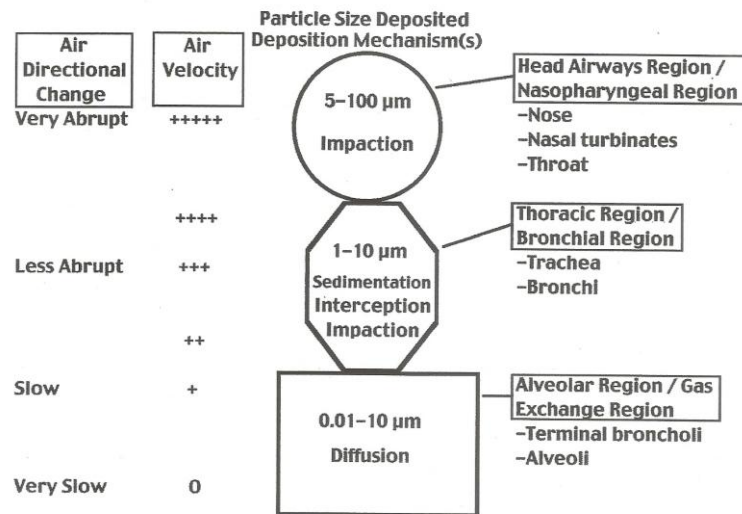
sebagai rekomendasi pada praktek *hygiene* perusahaan dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan (SE.01/Men/1997). Kegunaan dari NAB adalah:

- Sebagai kadar standar untuk perbandingan
- Pedoman untuk perencanaan dan disain pengendalian peralatan
- Substitusi bahan-bahan yang lebih dan kurang beracun
- Membantu menentukan gangguan kesehatan atau penyakit faktor kimiawi.

## 2.5. Lokasi Partikulat Terdeposit

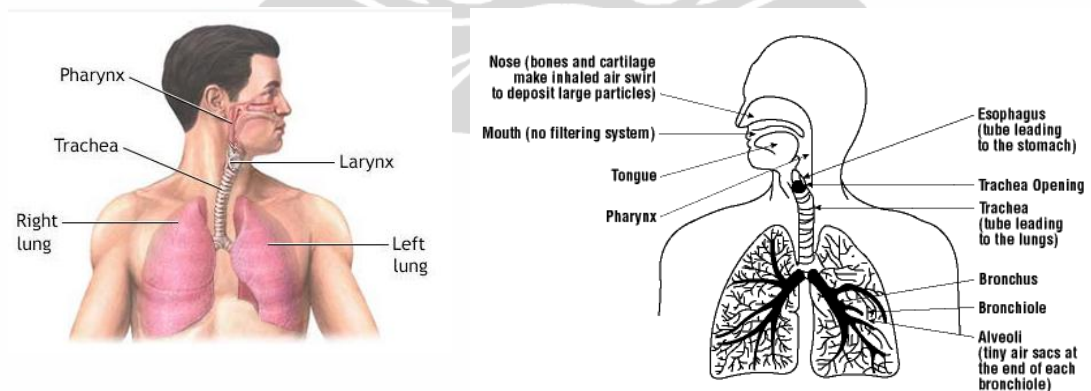
Partikel dengan diameter kurang lebih sekitar  $10\mu$  ( $PM_{10}$ ) mampu mencapai aveoli (Rabovsky, J. 1997). Partikel dengan ukuran  $0.5\mu$ - $10\mu$  kemungkinan besar dapat tersimpan dan dipertahankan di dalam alveoli. Pada saluran pernafasan bagian bawah mempunyai mekanisme pembersihan yang sangat efisien dan mampu sepenuhnya menghilangkan semua partikel yang lebih kecil dari  $5\mu$  selama konsentrasi debu tidak melebihi 10 partikel per sentimeter kubik, namun, dalam lingkungan dengan konsentrasi partikulat yang jauh lebih tinggi (misalnya 1000 partikel per sentimeter kubik) 90% tingkat efisiensi sistem saluran pernafasan menurun. (Parkes, 1983).

Partikel yang sangat kecil  $< 10\mu$  akan lebih baik dalam menembus semua jalan ke terminal *bronchioles* dan kantong *alveolar* di dalam wilayah pertukaran udara paru-paru. Di wilayah ini partikulat dapat disimpan. Satu-satunya pilihan untuk menghilangkan partikel ini adalah dilarutkan atau membiarkan makrofag secara fisik mentransportasi ke kelenjar getah bening di dekatnya. Partikel di simpan dalam alveoli diserang oleh penghuni makrofag, yang mencoba untuk menelan dan melarutkan partikel dengan menggunakan berbagai enzim pencernaan. Partikel secara efektif dipindahkan dari alveoli oleh makrofag tanpa melewati aliran limpatik dimana partikel akan terus terakumulasi yang dapat menyebabkan penyakit atau masuk ke sirkulasi sistemik. Partikel yang larut secara alami diangkut langsung ke dalam aliran darah oleh difusi kapiler yang sangat tipis yang melapisi kantung alveolar. Partikel yang tidak larut akan merusak makrofag sering menimbulkan pneumokoniosis serius akibat partikel yang terakumulasi di alveoli, (Barbara, 2002).



**Gambar 2.3. Deposisi Partikel Pada Saluran Pernafasan**

Debu yang dapat dihirup manusia disebut debu *inhalable* dengan diameter 10  $\mu\text{g}$  dan berbahaya bagi saluran pernafasan karena mempunyai kemampuan merusak paru-paru. Sebagian debu yang masuk ke saluran pernafasan berukuran 5  $\mu\text{g}$  akan sampai ke alveoli. Di dalam Alveoli ini sebenarnya terjadi pertukaran  $\text{O}_2$  dengan  $\text{CO}_2$  sehingga keberadaan debu *inhalable* dapat mengganggu proses tersebut (WHO, 2000).



**Gambar 2.4. Lokasi Partikulat Terdepos**

## 2.6. Penyakit Paru Akibat Kerja

Penyakit Paru Akibat Kerja (PPAK) merupakan salah satu kelompok penyakit akibat kerja yang organ sasarannya dari penyakit tersebut adalah paru.

Sebagaimana halnya penyakit akibat kerja atau penyakit yang timbul karena hubungan kerja yang pengertiannya adalah penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja, maka penyakit paru akibat kerja atau penyakit paru yang timbul karena hubungan kerja diartikan sebagai penyakit paru yang disebabkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja (Suma'mur, 2009).

Suma'mur 2009, menyebutkan bahwa dari 31(tiga puluh satu) jenis penyakit dalam daftar penyakit akibat kerja, jenis penyakit yang dengan pasti merupakan penyakit paru akibat kerja adalah:

- a. Pnemokoniosis yang disebabkan debu mineral pembentuk jaringan parut (silikosis, antrakosilikosis, asbestosis) dan silikotuberkulosis yang silikosisnya merupakan faktor utama penyebab cacat dan kematian.
- b. Penyakit paru dan saluran pernafasan (bronhopulmoner) yang disebabkan oleh debu logam keras
- c. Penyakit paru dan saluran pernafasan (bronhopulmoner) yang disebabkan oleh debu kapas, vlas, henep dan sisal (bissinosis)
- d. Asma akibat kerja yang disebabkan oleh penyebab sensitisasi dan zat perangsang yang dikenal yang berada didalam proses pekerjaan;
- e. Alveolitis allergika yang disebabkan oleh faktor dari luar sebagai akibat penghirupan debu organis;
- f. Kanker paru atau mesotelioma yang disebabkan oleh asbes.

## **2.7. Macam Penyakit Akibat Pencemaran Partikel Debu**

Pencemaran udara oleh partikel dapat disebabkan karena peristiwa alamiah dan dapat pula disebabkan karena ulah manusia, lewat kegiatan industri dan teknologi. Partikel yang mencemari udara banyak macam dan jenisnya, tergantung pada macam dan jenis kegiatan industri dan teknologi yang ada. Mengenai macam dan jenis partikel pencemar udara serta sumber pencemarnya telah banyak.

Secara umum partikel yang mencemari udara dapat merusak lingkungan, tanaman, hewan dan manusia. Partikel-partikel tersebut sangat merugikan kesehatan manusia. Pada umumnya udara yang telah tercemar oleh partikel dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernafasan atau pneumoconiosis.

*Pneumoconiosis* adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh adanya partikel (debu) yang masuk atau mengendap di dalam paru-paru. Penyakit pneumokoniosis banyak jenisnya, tergantung dari jenis partikel (debu) yang masuk atau terhisap ke dalam paru-paru. Beberapa jenis penyakit pneumokoniosis yang banyak dijumpai di daerah yang memiliki banyak kegiatan industri dan teknologi, yaitu Silikosis, Asbestosis, Bisinosis, Antrakosis dan Beriliosis.

#### **a. Penyakit Silikosis**

Penyakit Silikosis disebabkan oleh pencemaran debu silika bebas, berupa  $\text{SiO}_2$ , yang terhisap masuk ke dalam paru-paru dan kemudian mengendap. Debu silika bebas ini banyak terdapat di pabrik besi dan baja, keramik, pengecoran beton, bengkel yang mengerjakan besi (mengikir, menggerinda, dll). Selain dari itu, debu silika juga banyak terdapat di tempat penampang bijih besi, timah putih dan tambang batubara. Pemakaian batubara sebagai bahan bakar juga banyak menghasilkan debu silika bebas  $\text{SiO}_2$ . Pada saat dibakar, debu silika akan keluar dan terdispersi ke udara bersama – sama dengan partikel lainnya, seperti debu alumina, oksida besi dan karbon dalam bentuk Debu silika yang masuk ke dalam paru-paru akan mengalami masa inkubasi sekitar 2 sampai 4 tahun. Masa inkubasi ini akan lebih pendek, atau gejala penyakit silicosis akan segera tampak, apabila konsentrasi silika di udara cukup tinggi dan terhisap ke paru-paru dalam jumlah banyak. Penyakit silicosis ditandai dengan sesak nafas yang disertai batuk-batuk. Batuk seringkali tidak disertai dengan dahak. Pada silicosis tingkah sedang, gejala sesak nafas yang disertai terlihat dan pada pemeriksaan fototoraks kelainan paru-parunya mudah sekali diamati. Bila penyakit silicosis sudah berat maka sesak nafas akan semakin parah dan kemudian diikuti dengan hipertropi jantung sebelah kanan yang akan mengakibatkan kegagalan kerja jantung.

Tempat kerja yang potensial untuk tercemari oleh debu silika perlu mendapatkan pengawasan keselamatan dan kesehatan kerja dan lingkungan yang ketat sebab penyakit silicosis ini belum ada obatnya yang tepat. Tindakan preventif lebih penting dan berarti dibandingkan dengan tindakan pengobatannya.

Pengawasan dan pemeriksaan kesehatan secara berkala bagi pekerja akan sangat membantu pencegahan dan penanggulangan penyakit-penyakit akibat

kerja. Data kesehatan pekerja sebelum masuk kerja, selama bekerja dan sesudah bekerja perlu dicatat untuk pemantauan riwayat penyakit pekerja kalau sewaktu – waktu diperlukan.

#### **b. Penyakit Asbestosis**

Penyakit Asbestosis adalah penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh debu atau serat asbes yang mencemari udara. Asbestosis merupakan fibrosis difus interstisial kronis sebagai akibat penghirupan asbes yang mengakibatkan penderita sulit bernafas dan bisa menyebabkan kematian. Kata asbes ini merupakan terjemahan dari asbestos. Asbes adalah zat kimia campuran berbagai silikat, tetapi persenyawaan yang terpenting dari padanya adalah Magnesium silikat. Oleh karena asbes senyawa silikat, maka asbestosis tergolong kepada silikatosi.

Terdapat 2 (dua) jenis persenyawaan asbes yaitu krisotil (*Chrysotile*) dan Amfibol (*Amphibol*) dari kedua jenis senyawa tersebut krisotil adalah jenis yang terpenting karena merupakan hidratmagnesium silikat dengan serat berwarna putih dimana jenis ini banyak digunakan. Toksisitas krisotil terendah dibanding dengan asbes lainnya. Unsur kimia penyusunnya terutama silika dan nagesium dengan relatif sedikit besi. Amfibol terdiri atas sub jenis kosidolit (*crocidolite*) atau asbes biru oleh karena warna birunya; antofilit (*anthophyllite*), tremolit (*tremolite*) dan aktinolit (*actinilite*) yang ketiganya berwarna putih, serta amosit (*amosite*) yang warnanya abu-abu kecoklatan. Susunan kimiawi sub jenis amfibol berbeda tetapi komponen utamanya adalah silika dan besi pada krosidolit dan amosit sedangkan pada antofilit, tremolit dan aktinolit komponen utamanya terdiri atas silika dan magnesium. Krosidolit memiliki kualitas kekuatan menahan tekanan paling baik, harganya murah, tetapi resiko bahayanya sangat besar karena sifat karsinoginisitas.

Asbestosis timbul setelah masa pajanan yang lama terhadap debu atau serat asbes, penyakit tersebut jarang timbul dengan masa pajanan dibawah 5 tahun. Berat ringannya gejala dan tanda sakit asbestosis tergantung lama dan intersitas pemaparan. Gejala dan tanda sakit meliputi sesak nafas (gejala utama); batuk yang persisten dan produktif; nyeri di dada; dan hilang nafsu makan.

Tanda-tanda fisis adalah sianosis (*cyanosis*), bertambah besarnya ujung-ujung jari, dan krepitasi halus yang didengar didasar paru pada pemeriksaan auskultasi. Tanda insufisiensi paru dapat ditemukan pada kasus lanjut. Dahak mengandung badan asbes yang baru mempunyai arti untuk diagnosis apabila terdapat dalam kelompo-kelompok. Kelainan radiologis lambat terlihat, sedangkan gejala-gejala telah lebih dahulu menampak. Gambran rongen paru pada stadium awal penyakit menunjukkan apa yang disebut *ground glass appearance* atau dengan titik-titik halus di basis paru, sedangkan batas jantung dan diafragma tidak jelas. Penyakit yang menunjukkan kelainan fibreus paru adan perlu disingkirkan dalam membuat diagnosis asbestosis adalah fibrosis paru interstisial difus idiopatis kronis; untuk membedakannya riwayat pemaparan terhadap debu serat asbes dan juga pengukuran dan evaluasi kadar serat asbes udara tempat kerja sangat menentukan.

#### **c. Penyakit Bisinosis**

Penyakit Bisinosis adalah penyakit pneumoconiosis yang disebabkan oleh pencemaran debu napas atau serat kapas di udara yang kemudian terhisap ke dalam paru-paru. Debu kapas atau serat kapas ini banyak dijumpai pada pabrik pemintalan kapas, pabrik tekstil, perusahaan dan pergudangan kapas serta pabrik atau bekerja lain yang menggunakan kapas atau tekstil; seperti tempat pembuatan kasur, pembuatan jok kursi dan lain sebagainya.

Masa inkubasi penyakit bisinosis cukup lama, yaitu sekitar 5 tahun. Tanda-tanda awal penyakit bisinosis ini berupa sesak napas, terasa berat pada dada, terutama pada hari Senin (yaitu hari awal kerja pada setiap minggu). Secara psikis setiap hari Senin bekerja yang menderita penyakit bisinosis merasakan beban berat pada dada serta sesak nafas. Reaksi alergi akibat adanya kapas yang masuk ke dalam saluran pernapasan juga merupakan gejala awal bisinosis. Pada bisinosis yang sudah lanjut atau berat, penyakit tersebut biasanya juga diikuti dengan penyakit bronchitis kronis dan mungkin juga disertai dengan *emphysema*.

#### **d. Penyakit Antrakosis**

Penyakit Antrakosis adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh debu batubara. Penyakit ini biasanya dijumpai pada pekerja-pekerja tambang



batubara atau pada pekerja-pekerja yang banyak melibatkan penggunaan batubara, seperti pengumpa batubara pada tanur besi, lokomotif (stoker) dan juga pada kapal laut bertenaga batubara, serta pekerja boiler pada pusat Listrik tenaga uap berbahan bakar batubara.

Masa inkubasi penyakit ini antara 2 – 4 tahun. Seperti halnya penyakit silicosis dan juga penyakit-penyakit pneumokonosis lainnya, penyakit antrakosis juga ditandai dengan adanya rasa sesak napas. Karena pada debu batubara terkadang juga terdapat debu silikat maka penyakit antrakosis juga sering disertai dengan penyakit silicosis. Bila hal ini terjadi maka penyakitnya disebut silikoantrakosis. Penyakit antrakosis ada tiga macam, yaitu penyakit antrakosis murni, penyakit silikoantrakosis dan penyakit tuberkolossilikoantrakosis.

Penyakit antrakosis murni disebabkan debu batubara. Penyakit ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk menjadi berat, dan relatif tidak begitu berbahaya. Penyakit antrakosis menjadi berat bila disertai dengan komplikasi atau emphysema yang memungkinkan terjadinya kematian. Kalau terjadi emphysema maka antrakosis murni lebih berat daripada silikoantrakosis yang relatif jarang diikuti oleh emphysema. Sebenarnya antara antrakosis murni dan silikoantrakosis sulit dibedakan, kecuali dari sumber penyebabnya. Sedangkan penyakit tuberkolossilikoantrakosis lebih mudah dibedakan dengan kedua penyakit antrakosis lainnya. Perbedaan ini mudah dilihat dari fototorak yang menunjukkan kelainan pada paru-paru akibat adanya debu batubara dan debu silikat, serta juga adanya basil tuberculosis yang menyerang paru-paru.

#### **e. Penyakit Beriliosis**

Udara yang tercemar oleh debu logam berilium, baik yang berupa logam murni, oksida, sulfat, maupun dalam bentuk halogenida, dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan yang disebut beriliosis. Debu logam tersebut dapat menyebabkan nasoparingitis, bronchitis dan pneumonitis yang ditandai dengan gejala sedikit demam, batuk kering dan sesak napas. Penyakit beriliosis dapat timbul pada pekerja-pekerja industri yang menggunakan logam campuran berilium, tembaga, pekerja pada pabrik fluoresen, pabrik pembuatan tabung radio dan juga pada pekerja pengolahan bahan penunjang industry nuklir.

Selain dari itu, pekerja-pekerja yang banyak menggunakan seng (dalam bentuk silikat) dan juga mangan, dapat juga menyebabkan penyakit beriliosis yang tertunda atau *delayed berryliosis* yang disebut juga dengan beriliosis kronis. Efek tertunda ini bisa berselang 5 tahun setelah berhenti menghirup udara yang tercemar oleh debu logam tersebut. Jadi lima tahun setelah pekerja tersebut tidak lagi berada di lingkungan yang mengandung debu logam tersebut, penyakit beriliosis mungkin saja timbul. Penyakit ini ditandai dengan gejala mudah lelah, berat badan yang menurun dan sesak napas. Oleh karena itu pemeriksaan kesehatan secara berkala bagi pekerja-pekerja yang terlibat dengan pekerja yang menggunakan logam tersebut perlu dilaksanakan terus menerus.

## 2.8. Gangguan Fungsi Paru

Pengertian dari gangguan fungsi paru adalah gangguan atau penyakit yang dialami oleh paru-paru yang disebabkan oleh berbagai sebab, misalnya virus, bakteri, debu maupun partikel lainnya. Penyakit pernapasan yang diklasifikasikan karena uji spirometri ada dua macam yaitu penyakit yang menyebabkan gangguan ventilasi obstruktif dan penyakit yang menyebabkan ventilasi restriktif (Guyton dan Hall, 1997).

Adapun penyakit gangguan fungsi paru ada tiga yaitu :

- a. Penyakit Paru-Paru Obstruktif, Penurunan kapasitas paru yang diakibatkan oleh penimbunan debu sehingga menyebabkan penurunan dan penyumbatan saluran nafas.
- b. Penyakit Pernapasan Restriktif. Penyempitan saluran paru yang diakibatkan oleh bahan yang bersifat alergi seperti debu, spora, jamur yang mengganggu saluran pernafasan dan kerusakan jaringan paru-paru.
- b. Penyakit Pernapasan Mixed, Kombinasi dari penyakit pernapasan obstruktif dan restriktif.

Fungsi paru yang yang utama adalah sebagai alat untuk mengambil oksigen dari udara sekitar, selanjutnya oksigen tersebut diikat oleh hemoglobin di dalam darah dan disebarkan keseluruh organ tubuh. Selain itu paru juga berfungsi melepaskan karbondioksida yang terbentuk sebagai sisa metabolisme.

Menurut Wardhana 2002, temuan penelitian mengenai penyakit akibat kerja pada tahun 1993 yang dilakukan oleh Eddy Charles menyebutkan bahwa 425 tenaga kerja terpajan debu dan 518 tenaga kerja terpajan asbes dengan temuan 0.8% restriksi paru dan 2% obstruksi paru. Penyakit paru dan saluran pernafasan (bronkhopulmoner) yang disebabkan oleh debu logam keras merupakan salah satu dari 31 (tiga puluh satu) jenis penyakit akibat kerja sebagaimana terdapat dalam lampiran Keppres Nomor 22 Tahun 1993.

Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) adalah penyakit yang ditandai dengan hambatan aliran udara di saluran nafas yang tidak sepenuhnya reversibel. Hambatan aliran udara ini bersifat progresif dan berhubungan dengan respons inflamasi paru terhadap partikel atau gas yang beracun atau berbahaya (Permenkes No. 1022thn 2008). Sindrom penyumbatan (*obstruktive syndrome*) ini terjadi apabila kapasitas ventilasi menurun akibat penyempitan saluran udara pernafasan. Keadaan ini ditandai dengan:

- a. Penurunan volume ekspirasi yang dipaksakan (FEV) selama 1 detik yang dapat ditunjukkan sebagai persentase terhadap kapasitas vital yang dipaksakan (FVC) atau kapasitas vital (VC);
- b. Peningkatan volume residu.

Pengukuran volume paksa pada detik pertama VEP1 dan kapasitas vital paksa akatu KVP merupakan pemeriksaan fungsi paru yang paling sederhana, namun cukup sensitif untuk mendeteksi adanya kelainan dan mengidentifikasi penyakit paru yang progresif (Mason R.J, 1995).

Pengukuran fungsi paru merupakan hal yang sangat penting dalam penegakan diagnosa adanya kelainan paru disamping foto thorax. Keterbatasan liimitasi aliran nafas ireversibel yang diukur dengan spirometer merupakan perubahan fisiologis utama pada kelainan fungsi paru yang bersifat obstruktif.

Dalam pemeriksaan fungsi paru terdapat beberapa hal yang sangat penting untuk dapat diperhatikan yaitu:

- a. Data pribadi mengenai umur, jenis kelamin, berat dan tinggi badan yang digunakan untuk menentukan nilai prediksi normal dari pemeriksaan spirometri.

- b. KVP (Kapasitas Vital Paksa) adalah jumlah udara yang dapat diekspirasikan maksimal secara paksa setelah inpirasi maksimal. Volume udara ini dalam keadaan normal bernilai kurang lebih sama dengan kapasitas vital paru. KVP akan berkurang pada pasien dengan kelainan obstruktif.
- c. VEP<sub>1</sub> (Volume Ekspirasi Paksa) pada satu detik adalah volume udara yang dapat diekspirasikan dalam waktu standar selama tindakan KVP, dan diukur selama detik pertama ekspirasi yang dipaksakan. VEP<sub>1</sub> adalah petunjuk yang sangat penting untuk mengetahui adanya gangguan kapasitas ventilasi dan nilai yang kurang dari 1 liter selama detik pertama menunjukkan adanya gangguan fungsi paru yang berat (Price S.A., 1984).

Pemeriksaan fungsi paru dilakukan dengan alat yang disebut spirometer. Alat ini cukup sederhana namun dengan cepat dapat memberikan petunjuk apakah kelainan fungsi paru yang diderita seseorang bersifat obstruktif atau restriktif atau gabungan keduanya (Yunus F. Et al., 1992).

Pengukuran fungsi faal paru atau dikenal interpretasi spirometri dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.4.**  
**Interpretasi Spirometri**

Fungsi Paru	VEP <sub>1</sub>	KVP	VEP <sub>1</sub> /KVP
Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 80% nilai dugaan untuk usia &lt; 40 tahun</li> <li>• &gt;75% nilai dugaan untuk usia 40-60tahun</li> <li>• &gt;70% nilai dugaan untuk usia &gt; 60 tahun</li> </ul>	80%	
Obstruksi			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ringan: 60% - &lt;75%</li> <li>• Sedang: 30% - &lt;60%</li> <li>• Berat: &lt; 30%</li> </ul>
Restriksi		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ringan: 60% - &lt;75%</li> <li>• Sedang: 30% - &lt;60%</li> <li>• Berat: &lt; 30%</li> </ul>	
Kombinasi	< 80%	< 80%	<75%

Sumber: Menaldi Rasmin dkk, 2001 dan Chistiani DC, 1995

## 2.9. Keluhan Respirasi Pada Pekerja Pabrik Peleburan

Lingkungan kerja yang sering penuh oleh debu, uap, gas dan lainnya yang disatu pihak mengganggu produktivitas dan mengganggu kesehatan di pihak lain.

Hal ini sering menyebabkan gangguan pernapasan ataupun dapat mengganggu kapasitas vital paru (Suma'mur, 2009). Dalam kondisi tertentu, debu merupakan bahaya yang dapat menyebabkan pengurangan kenyamanan kerja, gangguan penglihatan, gangguan fungsi faal paru bahkan dapat menimbulkan keracunan umum (Depkes RI, 2003).

Pada industri peleburan mulai persiapan bahan baku besi tua, pengangkutan bahan baku sampai kepada proses *heat* dalam lingkungan kerja dimana debu-debu tersebut mengandung partikel logam atau zat-zat kimia. Apabila debu tersebut terhirup oleh para pekerja dalam jangka waktu yang lama (komulatif) dan dalam intensitas dan konsentrasi yang tinggi maka akan terjadi penimbunan atau pengendapan debu dalam jaringan paru-paru. Jenis pemeriksaan kesehatan berdasarkan hazard spesifik untuk hazard debu adalah dengan jenis pemeriksaan Spirometri, foto torax dan kuesioner. (Kurniawidjaja, 2010)

## **2.10. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Gangguan Fungsi Paru**

Beberapa faktor resiko yang mempengaruhi terjadinya gangguan fungsi paru yang bersifat obstruktif, restriktif dan kombinasi antara lain menghirup debu total yang melebihi nilai ambang batas, kebiasaan merokok, kebiasaan pekerja memakai alat pelindung diri, kemunduran fungsi fisiologis yang berhubungan dengan umur dan masa kerja (Fisman's, 1998).

### **2.10.1. Umur**

Proses menjadi tua mempengaruhi fungsi paru/pernafasan secara langsung (pada saluran nafas, jaringan paru, otot pernafasan) dan tidak langsung (akibat perubahan yang terjadi pada sistem lain). Disamping perubahan yang terjadi akibat proses menjadi tua, banyak sekali faktor lain (pencemaran udara, penyakit dan sebagainya) yang dapat mempengaruhi sistem ini (Raharjo, 1988)

Rata-rata umur seseorang mulai bekerja adalah 20 tahun, gangguan fungsi paru nampak setelah lebih dari 10 tahun terpajan (Depkes RI, 2003) maka dapat diartikan pada umur 31 para pekerja sudah terpajan debu selama minimal 10 tahun. Semakin bertambahnya umur seseorang akan mempengaruhi gangguan kapasitas paru. Akibat peningkatan usia, membuat perubahan struktur *muskula*

*skeletal* dada yang ada hubungannya dengan paru-paru. Secara *faali* pada orang usia lanjut terjadi peningkatan volume udara residual di dalam saluran udara paling *perifer* akibat dari disfungsi sarabut elastik *alveolus* dan *bronchiplus terminal*, karena kapasitas paru total sifatnya konstan, maka meningkat volume udara residual akan berakibat menurunnya udara melalui respirasi maksimal, sehingga mengakibatkan kapasitas vital tidak optimal (Guyton dan Hall, 1997).

### **2.10.2. Lama Bekerja**

Semakin lama seseorang dalam bekerja maka semakin banyak dia telah terpapar bahaya yang ditimbulkan oleh lingkungan kerja tersebut (Suma'mur, 2009). Masa kerja dapat diartikan sebagai jangka waktu seseorang bekerja, dihitung dari mulai bekerja sampai sekarang dia masih bekerja. Sebuah gangguan *manifestasi* klinik dari penurunan fungsi pernafasan akan permanen setelah terpajan faktor resiko (debu) kurang lebih 10-20 tahun bekerja. Semakin lama seseorang dalam bekerja maka semakin banyak dia telah terpapar bahaya yang ditimbulkan oleh lingkungan kerja tersebut (Faisal, 1997).

Gangguan kronis terjadi akibat pajanan debu ditempat kerja yang cukup tinggi dan untuk jangka waktu yang lama yang biasanya adalah tahunan. Tidak jarang gejala gangguan fungsi paru Nampak setelah lebih dari 10 tahun terpajan (Depkes RI, 2003).

### **2.10.3. Kebiasaan Merokok**

Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran pernapasan dan jaringan paru. Kebiasaan merokok akan mempercepat penurunan faal paru. Penurunan volume ekspirasi paksa pertahun adalah 28,7 21 mL untuk non perokok, 38,4mL untuk bekas perokok dan 41,7 mL untuk perokok aktif. Pengaruh asap rokok dapat lebih besar dari pada pengaruh debu hanya sekitar sepertiga dari pengaruh buruk rokok (Depkes RI, 2003). Inhalasi asap tembakau baik primer maupun sekunder dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan pada orang dewasa. Asap rokok mengiritasi paruparu dan masuk ke dalam aliran darah. Merokok lebih merendahkan kapasitas vital paru dibandingkan beberapa bahaya kesehatan akibat kerja (Joko Suyono,2001). Rokok dapat meningkatkan

kekerapan kelainan paru, dengan demikian rokok memperburuk efek debu terhadap paru, merupakan kesimpulan dari Kurniawidjaya, 1994.

#### **2.10.4. Kebiasaan Olah Raga**

Menurut kamus lengkap bahasa Indonesia, penerbit Gitamedia Press, kata olahraga merupakan kata kerja yang diartikan gerak badan agar sehat. Sedangkan menurut para pakar olahraga, adalah sebuah aktivitas manusia yang bertujuan untuk mencapai kesejahteraan (sejahtera jasmani dan sejahtera rohani) manusia itu sendiri. The Scottish *Health Education Group*, 2006, menyebutkan Latihan fisik yang teratur akan meningkatkan kemampuan pernapasan dan mempengaruhi organ tubuh sedemikian rupa hingga kerja organ lebih efisien dan kapasitas fungsi paru bekerja maksimal.

Kapasitas vital paru dapat dipengaruhi oleh kebiasaan seseorang melakukan olahraga. Olah raga dapat meningkatkan aliran darah melalui paru-paru sehingga menyebabkan oksigen dapat berdifusi ke dalam kapiler paru dengan volume yang lebih besar atau maksimum. Kapasitas vital pada seorang atletis lebih besar daripada orang yang tidak pernah berolahraga (Guyton dan Hall, 1997). Menurut Guyton (1997), kebiasaan olah raga akan meningkatkan kapasitas paru dan akan meningkat 30 – 40 %.

#### **2.10.5. Riwayat Penyakit Paru**

Faktor lain yang dapat menyebabkan gangguan fungsi paru adalah penyakit paru (Rahajoe, 1994). Penyakit silicosis akan lebih buruk kalau penderita sebelumnya juga sudah menderita penyakit TBC paru-paru, bronchitis, asma bronchiale dan penyakit saluran pernapasan lainnya. Beberapa penyakit infeksi paru akan menimbulkan kerusakan pada jaringan paru dan membentuk jaringan fibrosis pada alveoli. Hal ini menimbulkan hambatan dalam proses penyerapan udara pernafasan dalam alveoli tersebut, sehingga jumlah udara yang terserap akan berkurang.

### **2.10.6. Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD)**

Suatu kegiatan industri, pajanan dan risiko yang ada ditempat kerja tidak selalu dapat dihindari. Upaya untuk pencegahan terhadap kemungkinan penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja harus senantiasa dilakukan. Pilihan yang sering dilakukan adalah melengkapi tenaga kerjadengan alat pelindung diri dijadikan suatu kebiasaan dan keharusan. Hal ini sesuai dengan Undang-Undang No 1 Th 1970 tentang keselamatan kerja khususnya pasal 9, 12 dan 14 yang mengatur penyediaan dan penggunaan alat pelindung diri di tempat kerja baik pengusaha maupun tenaga kerja. Alat pelindung diri untuk pekerja adalah alat pelindung untuk pekerja agar aman dari bahaya atau kecelakaan akibat melakukan suatu pekerjaannya.

Alat pelindung diri yang digunakan untuk alat pernafasan bertujuan untuk melindungi alat pernafasan terhadap gas, uap, debu atau udara di tempat kerja yang telah terkontaminasi dan sifat racun atau menimbulkan rangsangan. Tanpa alat pelindung diri, debu akan menimbulkan efek yang lebih buruk, terutama debu respirabel terhadap timbulnya kelainan klinis (Frans Suharyanto, 2007).

## **2.11. Anatomi dan Fisiologi Paru**

### **2.11.1. Trakea**

Trakea (batang tenggorok) adalah tabung berbentuk pita seperti huruf C yang di bentuk oleh tulang-tulang rawan yang di sempurnakan oleh selaput. Trakea terletak di antara vertebrata servikalis ke-6 sampai ke tepi bawah kartilago. Trakea mempunyai dinding fibroelastis yang panjang nya sekitar 13 cm, berdiameter 2,5 cm dan dilapisi oleh otot polos. Diameter trakea tidak sama pada seluruh bagian, pada daerah servikal agak sempit, bagian pertengahan agak sedikit melebar dan mengecil lagi dekat percabangan broncus.

Bagian dalam trakea terdapat sel-sel bersilia untuk mengeluarkan benda asing yang masuk. Bagian dalam trakea terdapat septum yang disebut karina yang terletak agak ke kiri dari bidang median.



### 2.11.2. Broncus

Bronkus (cabang tenggorok) merupakan lanjutan trakea yang terdapat ketinggian vertebrata torakalis ke-4 dan ke-5. Bronkus memiliki struktur yang sama dengan trakea, yang dilapisi oleh sejenis sel yang sama dengan trakea yang berjalan ke bawah menuju tampuk paru-paru.

Broncus terbagi menjadi dua cabang:

#### a. Broncus Prinsipalis Dekstra

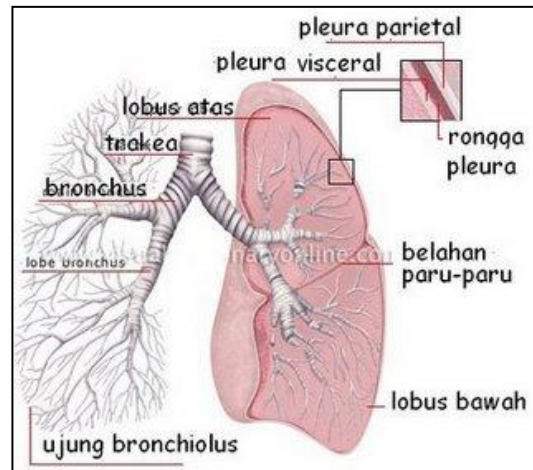
Panjangnya sekitar 2,5 cm masuk ke hilus pulmonalis paru-paru kanan dan mempercabangkan bronkus lobularis superior. Pada masuk ke hilus, bronkus prinsipalis dekstra bercabang tiga menjadi bronkus lobularis medius, bronkus lobularis inferior, bronkus lobularis superior.

#### b. Broncus Prinsipalis Sinistra

Lebih sempit dan lebih panjang serta lebih horizontal dibanding bronkus kanan, panjangnya sekitar 5 cm berjalan ke bawah aorta dan di depan esophagus, masuk ke hilus pulmonalis kiri dan bercabang menjadi dua, yaitu bronkus lobularis inferior, broncus lobularis superior. Dari tiap-tiap bronkiolus masuk ke dalam lobus dan bercabang lebih banyak dengan diameter kira-kira 0,5 mm. bronkus yang terakhir membangkitkan pernapasan dan melepaskan udara ke permukaan pernapasan di paru-paru. Pernapasan bronkiolus membuka dengan cara memperluas ruangan pembuluh alveoli yang merupakan tempat terjadinya pertukaran udara antara oksigen dengan karbondioksida.

### 2.9.3. Paru-Paru

Paru-paru adalah salah satu organ system pernapasan yang berada di dalam kantong yang di bentuk oleh pleura parietalis dan viseralis. Kedua paru sangat lunak, elastic dan berada dalam rongga torak, sifatnya ringan dan terapung di air. Masing-masing paru memiliki apeks yang tumpul yang menjorok keatas mencapai bagian atas iga pertama.



**Gambar 2.4. Anatomi dan Fisiologi Paru - paru**

Paru-paru kiri:

Pada paru-paru kiri terdapat satu fisura yaitu fisura oblique. Fisura ini membagi paru-paru kiri atas menjadi dua lobus, yaitu :

- a. Lobus superior, bagian yang terletak di atas dan di depan fisura.
- b. Lobus inferior, bagian paru-paru yang terletak di belakang dan di bawah fisura.

Paru-Paru Kanan:

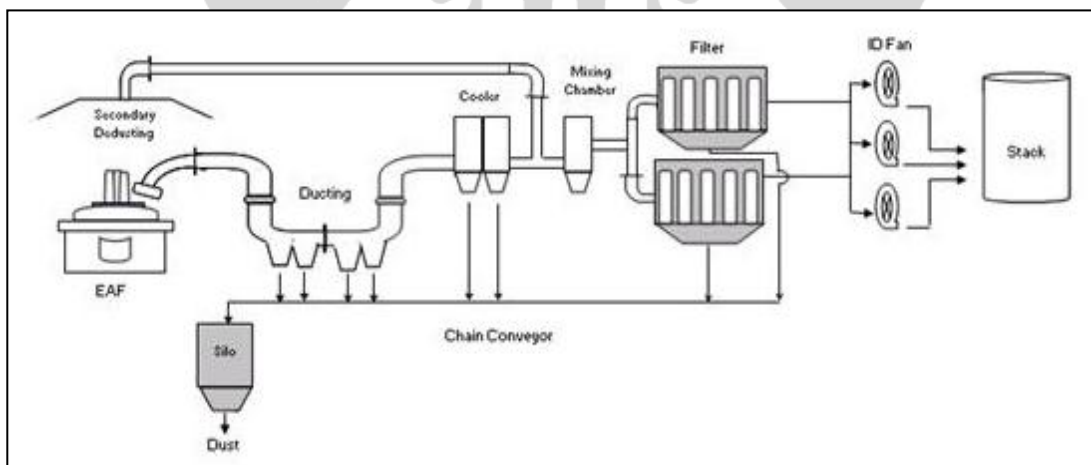
Pada paru-paru kanan terdapat dua fisura, yaitu : fisura oblique (interlobularis primer) Dan Fisura Transversal (interlobularis sekunder). Kedua fisura ini membagi paru-paru kanan menjadi tiga lobus yaitu : lobus atas, lobus tengah dan lobus bawah.

## 2.12. Pengendalian Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan Peraturan Menteri Kesehatan No. 1406 tahun 2001 tentang Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara, pengendalian pencemaran udara adalah upaya pencegahan dan atau upaya penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara.

### 2.12.1. Pengendalian Teknis

Pada pabrik peleburan yang sudah mempunyai *dust collector system* yang lengkap debu gas yang dihisap dari dapur listrik (*electric arc furnace*), pada saat peleburan baja yang mana debu gas tersebut masih cukuplah tinggi temperaturnya 500 derajat celsius. Dengan melalui system pipa *circulation*-pendinginan yang berupa cerobong besar berdiameter 1918 mm dan terdiri dari pipa pendingin yang kecil-kecil dengan diameter 13/4 inch yang membentuk lingkaran sebanyak 82 buah pipa. Cerobong besar terdiri dari pipa kecil tersebut mempunyai 8 section dan setiap section tidak sama tinggi dan panjangnya, maka terpasang menjadi satu komponen dengan panjang ketinggian 43.750 mm dari dapur listrik (*electric arc furnace*). Pengisapan debu gasnya sendiri melalui motor ID-FAN yang menggerakkan impeller sehingga debu gas terbawa sampai temperature yang diinginkan minimal 40 derajat celsius sampai 50 derajat celsius dengan melalui tahapan-tahapan alat penunjang dedusting.



Sumber : *Manual Book Machine Continuous Machine* PT. Krakatau Steel

**Gambar 2.6. Dust Collector System**

Adapun peralatan Penunjang pada proses Dedusting dapat dirinci sebagai berikut:

#### 2.12.1.1. *Moveable*

Alat yang dapat menggerakkan duct atau cerobong-cerobong pipa besar yang bisa digerakan oleh pneumatic cylinder untuk mengatur udara masuk dari luar yang berguna mengurai temperatur. Pada saat furnace operasi yang tidak boleh

melebihi temperature 120 derajat celcius, apabila melebihi dari temperature tersebut maka dilution air flap akan membuka udara batu dari luar untuk mendinginkan temperature.

#### **2.12.1.2. Chute dan Sliding Gate**

Digunakan untuk menampung debu yang lebih kasar pada waktu dapur listrik (EAF) operasi atau melebur baja cair. Maka debu yang kasar dan berat tidak terhisap langsung oleh ID FAN yang digerakan oleh motor yang menghubungkan ke *shaf impeller*. Maka kotoran debu yang lebih berat akan jatuh kedalam chute penampungan. Dan kalau tidak ada chute penampungan debu kotoran akan menggupal dan mengerakan pada tikungan ( elbow). Untuk sliding gatenya sendiri gunanya untuk membuka dan menutup yang digerakan oleh *pneumatic cylinder* yang dilengkapi *proximity electric* dengan langkah yang bisa di atur.

#### **2.12.1.3. DEC Dumper**

Alat ini berfungsi untu mengatur membuka dan menutup tak ubahnya seperti gerak kaca nako yang digerakan oleh *electric actuating drive*, bisa secara manual atau secara automatic arc furnace operasi. sehingga debu gas yang masuk atau yag dihisap oleh motor ID-Fan yang dihubungkan dengan impeller dapat sedikit atau banyak debu yang masuk.

#### **2.12.1.4. Dilution Air Flap**

Alat ini berfungsi apabila temperatur pada saat peleburan melebihi 120 derajat celcius, maka dilution air flap akan bekerja dipasang alat sensor temperature dengan memakai alat penggerak electric actualting drive membuka 100 %, maka udara bantu dari luar masuk melalui flap. Apabila temperaturnya sudah normal kembali di bawah 120 derajat celcius, maka dilution air flap akan menutup kembali secara automatic.

#### **2.12.1.5. Canopy**

Canopy ialah suatu cerobong pipa besar (*duct*), yang berfungsi untuk mengisap debu yang bertebangan keatas pada saat *furnace* operasi dengan diameter pipa

3.800mm. Canopy tersebut dilengkapi dengan DEC-Damper yang bisa membuka dan menutup secara automatic yang digerakan oleh *electric actuating drive*. Untuk penghisap debu itu sendiri mempergunakan ID-FAN sebagai alat transfer, pada waktu furnace akan operasi diisi scrap dahulu sebelumnya roof ( tutup furnace ) dibuka dan harus naik bersama-sama electoda yang digerakan hydraulic dan bisa di operasikan swing atau bergerak kesamping Scrap sendiri dimasukan bucket penampung,lalu dijatuhkan secara berlahan-lahan kedalam dapur listrik (*electric arc furnace* ) maka terjadi debu gas yang panas naik keatas atau bertebrangan disitulah canopy sebagai alat penyalur untuk masuknya debu.

#### **2.12.1.6. *Mixing Chamber***

Suatu ruangan besar untuk penampung debu yang kasar dari ke 2 furnace pada saat operasi.Didalam mixing champer sendiri terpasang kisi-kisi plate yang berbentuk radius yang memanjang berguna untuk menahan debu kasar yang kasar yang jatuh agar jangan mengenai langsung dan plate dindingpun tidak cepat aus. Masuknya debu ke mixing champer karena adanya ID-FAN yang selalu operasi langsung menghisap debu setiap furnace dioperasikan.Debu-debu yang kasar tadi jatuh ke *screw conveyor* yang siap untuk ditrasfer ke alat penunjang berikutnya. Namun untuk debu yang halusnya langsung ke *baghouse filter* dan disitulah terjadi pemisahan debu dengan gas.

#### **2.12.1.7. *Screw Conveyor***

Alat pembawa debu yang digerakan oleh motor yang dihubungkan ke gear box meneruskan putaran torque dari proses yang lain dengan merubah jumlah putaran. Fungsi dan bentuk screw conveyor sendiri adalah berbentuk spiral yang memanjang untuk menarik debu yang akan di transfer dan dikeluarkan melalui lubang segi empat paling ujung bagian bawah.

#### **2.12.1.8. *Rorary Valve***

Alat yang dapat berputar yang digerakan oleh suatu motor yang dihubungkan kegear-box meneruskan putaran torque dari poros ke poros lain dengan merubah jumlah putaran dari tinggi ke putaran rendah atau mengurai

putaran. Fungsi dan bentuk dari rotary valve sendiri ialah berbentuk bilah-bilah atau sudu-sudu dan tak ubahnya seperti buah blimbing. Hanya pada rotary valve berbentuk bilah atau sudu Dengan masuknya debu ke bilah-bilah melalui lubang empat persegi panjang dari bagian atas, lalu keluar melalui lubang empat persegi panjang bagian atas.

#### **2.12.1.9. *Draglink Conveyor***

Fungsi draglink ialah untuk membawa debu dari seluruh kamar yang dibawa masing-masing screw conveyor, kemudian diteruskan ke rotary valve lalu jatuh ke *draglink conveyor*.

Draglink conveyer sendiri digerakan oleh gear motor yang menghubungkan shaft sprocket dan roda gigi untuk motor dengan memakai rantai sebagai penerus yang menjadi satu unit *component* untuk bisa digerakan.

#### **2.12.1.10. *Maintenance Unit***

Maintenance unit dengan automatic drain dipasang pada bagian atas rumah filter dan pressure gange (manometer) harus menunjukkan tekanan operasi dengan arah dari pada aliran udara pada filter unit. Setiap maintenance unit dilengkapi dengan sebuah *check valve*, *check valve* ini dipasang pada bagian depan maintenance. Bila *compressed* air lembab maka *maintenance* unit ini akan memisahkan kandungan air sehingga udara yang digunakan tetap kering.

#### **2.12.1.11. *Diaphragm Valve***

*System diaphragm* yang terpasang hampir seluruhnya dipergunakan difilter untuk pembersih dan menjatuhkan debu dari dinding filter yang mempergunakan udara sebagai udara tekan yang cara kerjanya memakai *system electric control*. Cara kerja diaphragm ialah untuk membuka *valve* yang dipasang pada satu unit *control electronic* yang mana coil harus bekerja dan magnetic core yang diluarnya akan tertarik kedalam melalui lubang pembuka, sehingga udara tekan akan keluar melalui ruangan pipa lubang pembuka. Karena udara tidak dapat keluar melalui lubang secepat lubang pembuka, maka ruangan tersebut menjadi kehilangan tekanan, sehingga diaphragm menjadi terangkat atau terbuka. Bila

power untuk coil dan core diputus maka lubang akan tertutup. Dengan melalui lubang saluran maka udara tekan akan memenuhi ruangan dan menekan diaphragm duduk pada tempatnya.

#### 2.12.1.12. *Pneumatic Cylinder*

Langkah kerjanya hanya satu arah maju dan mundur bias diposisikan dimana saja yang kita inginkan, sesuai dengan benda yang akan di pasang ada hubungannya dengan *pneumatic cylinder*.

#### 2.12.1.13. *Bucket Elevator*

Cara kerja debu masuk pada chute bagian bawah dari ke 3 arah pertama dari mixing chamber ke 2 dari baghouse filter yang terkumpul di bak penampung (*dust collecting hopper*) Ke 3 dari continuous peeding system 2 yang berupa debu sponge dan batu kapur, disitulah debu terkumpul menjadi satu. Kemudian dibawa keatas melalui mangkok-mangkok belt elevator dengan memakai baut tersebut diatas, maka debu akan jatuh pada chute saluran atas yang menuju ke silo.

#### 2.12.1.14. **Silo**

Silo ialah tempat penampungan debu dari ke 2 furnace plus continuous feeding system 2. Untuk penampungan debu ke silo melalui beberapa tahapan.

- a. Dari *mixing chamber* debu yang kasar
- b. Dari *baghouse filter*, debu halus yang sudah terpisah dengan gas
- c. Dari *continuous feeding system 2* yaitu debu sponge dan batu kapur

Dari ke tiga semuanya ini dibawa melalui *screw conveyor* yang menjadi satu saluran yaitu ke *chute*. Kemudian masuk kebagian bawah elevator dan di angkut ke atas melalui bucket (mangkok) yang berupa sudu-sudu yang menempel pada belt elevator yang dibuat menjadi satu dan digerakan oleh motor gear box dan akhirnya debu dimasukkan ke dalam silo yang siap untuk dibuka ke truck. Untuk pembuanganya debu ke truck juga melalui *chute silo* di bagian bawah yang dilengkapi dengan *slide gate* sewaktu-watu dapat *diblocking* untuk perbaikan yang lainnya. Diantaranya *rotary vavlev*, *motor lift* dan *loading chute* dari *rotary valve* tersebut debu masuk dan keluar melalui lubang bawah segi empat dengan dibantu

udara tekan dipasang *diaphragm valve* untuk mengatur udarnya. Sehingga debu yang keluar melalui *rotary valve* sangat deras. Dari *rotary valve* debu melalui *loading chute*, *loading chute* sendiri bias nak turun yang digerakan oleh motor lift untuk mengukur beberapa ketinggian *truck* tersebut, sehingga debu yang jatuh ke dalam bak *truck* tidak berterbangan atau acak-acakan. Debu yang ditampung ke dalam silo berkapasitas minimum 60 ton yang sudah disetting untuk menunjukkan alarm maximum 70 ton.

### 2.12.2. Ventilasi

WHO dalam buku *Indoor Air Quality Handbook 2000*, mencatat bahwa masalah kualitas udara dalam ruangan umumnya disebabkan oleh beberapa hal diantaranya

- a. Ventilasi udara yang kurang memadai (52 %)
- b. Adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16 %)
- c. Kontaminan dari luar ruangan (10 %)
- d. Mikroba (5 %)
- e. Bahan material bangunan (4 %)
- f. DII (13 %)

Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja bekerjasama dengan Depnakertrans RI menyelenggarakan “Higiene Industri Keselamatan Lingkungan” di Jakarta tanggal 11 Januari 2005 menyebutkan bahwa yang dimaksud dengan hygiene industry adalah produksi yang memenuhi syarat-syarat produksi bersih yaitu salah satunya dengan memasang *exhaust fan* sebagai upaya pengendalian pencemaran udara di dalam lingkungan kerja (Annizar, 2009). Pada prinsipnya di dalam hygiene industry tidak semata memindahkan pollutant dari dalam ruangan kerja ke media lain atau ke udara bebas namun terlebih melakukan control terhadap pencemaran udara diruang kerja dengan melakukan system ventilasi yang baik sehingga dapat mengurangi atau meminimalkan paparan gas atau partikulat kepada pekerja. Secara umum peran utama dari system ventilasi terhadap pencemaran udara yang terjadi diruang kerja adalah:



- Mencegah kontaminasi udara;
- Menghindari bahaya panas, mikroba, gas berbahaya, partikulat dll.;
- Menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan segar;
- Mensuplai oksigen untuk manusia dan peralatan;
- Mengencerkan dan membuang gas beracun dan debu ditempat kerja;
- Menjaga temperatur dan kelembaban agar sesuai dengan tingkat kenyamanan pekerja.

Pencemaran udara khususnya diruang produksi proses peleburan yaitu *hazard* utama berasal dari tungku peleburan. Sedangkan *hazard* fisik yaitu berupa temperature yang tinggi (panas). Uap logam dan debu ini dapat secara langsung terhirup oleh pekerja yang sebagian besar tidak memakai Alat Pelindung Diri (APD) sesuai dengan *hazard* yang ada. Ruangan proses peleburan dengan tungku jenis tanur busur listrik berupa ruang semi tertutup dengan atap yang tinggi karena system proses peleburan sudah dikendalikan peralatan semi otomatis. Atap yang tinggi tanpa penyekat tembok berfungsi sebagai ventilasi yang besar untuk mengencerkan (*dilution*) udara diruang kerja (ventilasi pengenceran) agar terbawa angin keluar dari proses produksi. Pengenceran udara diruang kerja secara alami pada proses peleburan memberikan beberapa dampak negative antara lain:

- Hanya memindahkan debu dan gas ke udara bebas sangat berpotensi menurunkan kualitas udara ambient dan dapat memicu konflik dengan masyarakat sekitar;
- Jika tidak ada angin, debu dan gas terkonsentrasi disuatu tempat yang akan terhirup oleh para pekerja;
- Udara panas akan naik ke atas (grafitasi);
- Jika tekanan udara tinggi dapat memungkinkan mendorong pencemar berpindah ke ruang dengan tekanan udara rendah;
- Udara keluar dapat masuk lagi.

Ventilasi pengenceran untuk mengatasi pencemaran udara diruang kerja hanya dapat dilakukan jika:

- Kadar pencemar rendah;
- Ruangan terbuka tanpa isolasi;

- Toksisitas pencemar rendah;
- Jarak sumber pencemar dengan pekerja jauh;
- Laju kontaminasi pencemar tetap.

### **2.12.3. Pengendalian Secara Administrasi**

Pengendalian secara administrasi adalah peraturan-peraturan administrasi yang mengatur tenaga kerja untuk membatasi waktu kontakannya dengan pencemar bahan kimia (kontaminan). Pengendalian secara administratif terhadap bahaya kesehatan antara lain seperti pengurangan waktu kerja, rotasi kerja, cara kerja yang tepat, pemeliharaan yang baik dan kebersihan (kesehatan) perorangan, (Soeripto, 2008).

### **2.12.4. Alat Pelindung Diri (APD)**

Jenis APD adalah banyak macamnya menurut bagian tubuh yang dilindunginya (Suma'mur PK, 1989). Beberapa perusahaan ada yang menggunakan beberapa macam alat pelindung diri, hal ini disesuaikan dengan potensi bahaya yang ada. Namun ada juga perusahaan yang tidak juga menyediakan alat pelindung diri tertentu walaupun terdapat potensi bahaya yang dapat dicegah dengan alat pelindung diri tersebut. Hal ini dapat disebabkan tidak adanya biaya ataupun disebabkan kurangnya pengertian dari perusahaan akan pentingnya penggunaan alat pelindung diri tersebut. Adapun jenis alat pelindung diri yang akan dibahas disini hanya beberapa jenis saja sesuai dengan yang paling sering digunakan diperusahaan, yaitu:

- Alat Pelindung Kepala, pemakaian alat pelindung ini bertujuan untuk melindungi kepala dari terbentur dan terpukul yang dapat menyebabkan luka juga melindungi kepala dari panas, radiasi, api dan bahan-bahan kimia berbahaya serta melindungi agar rambut tidak terjatuh dalam mesin yang berputar.
- Alat Pelindung Mata, Kaca mata pengaman diperlukan untuk melindungi mata dari kemungkinan kontak bahaya karena percikan atau kemasukan debu, gas, uap, cairan korosif, partikel melayang, atau terkena radiasi gelombang elektromagnetik. Terdapat tiga bentuk alat pelindung diri mata yaitu kaca mata

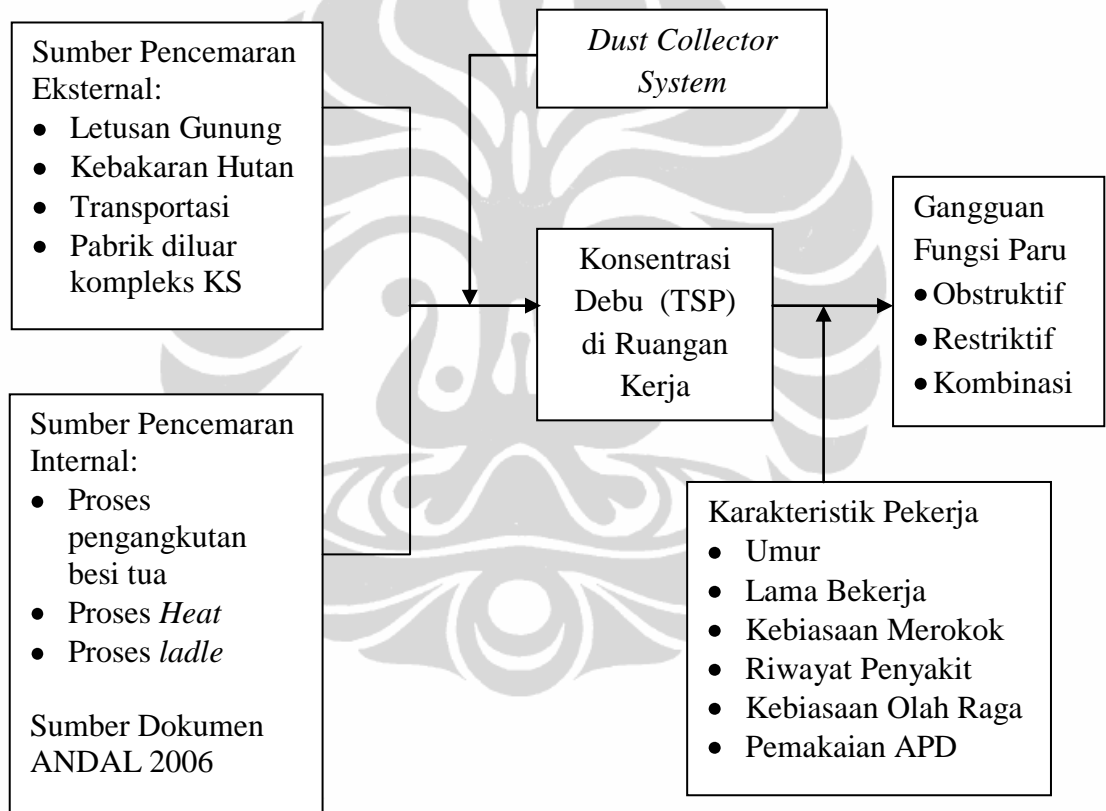
dengan atau tanpa pelindung samping (*side shield*), *goggles*, (*cup type and box type*) dan tameng muka.

- Alat Pelindung Telinga, selain berguna untuk melindungi pemakainya dari bahaya percikan api atau logam panas, alat ini juga bekerja untuk mengurangi Intensitas suara yang masuk dalam telinga. Ada dua macam alat pelindung telinga yaitu, sumbat telinga (*ear plug*) dan tutup telinga (*ear muff*) yang lebih efektif dibandingkan *ear plug*.
- Alat Pelindung Pernafasan, merupakan alat yang berfungsi untuk melindungi pernafasan terhadap gas, uap, debu, atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang bersifat racun, korosi maupun rangsangan. Alat pelindung pernafasan dapat berupa masker yang berguna mengurangi debu atau partikel-partikel yang lebih besar yang masuk kedalam pernafasan. Masker ini biasanya terbuat dari kain dan juga respirator yang berguna untuk melindungi pernafasan dari debu, kabut, uap logam, asap dan gas. Respirator dapat dibedakan atas: *chemical respirator*, *mechanical respirator*, dan *cartidge* atau *canister respirator* dengan *Salt Contained Breathing Apparatus* (SCBA) yang digunakan untuk tempat kerja yang terdapat gas beracun atau kekurangan oksigen serta *Air Supplay Respirator* yang mensuplai udara bebas dari tabung oksigen. Jenis Masker yang tepat untuk pekerja di bagian proses galvanizing yaitu Respirator Uap Logam.
- Alat Pelindung Tangan, alat ini berguna untuk melindungi tangan dari benda-benda tajam, bahanbahan kimia, benda panas atau dingin dan kontak arus listrik. Alat pelindung ini dapat terbuat dari karet, kulit, dan kain katun.
- Alat Pelindung Kaki, alat ini berguna untuk melindungi kaki dari benda-benda tajam, larutan kimia, benda panas dan kontak listrik. Dapat terbuat dari kulit yang dilapisi Asbes atau Chrom. Sepatu keselamatan yang dilengkapi dengan baja diujungnya dan sepatu karet anti listrik.
- Pakaian Pelindung, alat ini berguna untuk melindungi seluruh atau sebagian tubuh dari percikan api, panas, dingin, cairan kimia dan oli, Bahan dapat terbuat dari kain drill, kulit, plastik, asbes atau kain yang dilapisi aluminium.

**BAB III**  
**KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP**  
**DAN DEFINISI OPERASIONAL**

**3.1 Kerangka Teori**

Dari beberapa uraian pada tinjauan pustaka, maka dapat disusun suatu kerangka teori sebagai berikut:



**Gambar 3.1.**  
**Diagram Kerangka Teori Pencemaran Debu dalam Ruang**



bahwa kadar Debu (TSP) di ruangan kerja sudah melebihi NAB yang telah ditetapkan yaitu  $10 \text{ mg/m}^3$  sesuai Surat Edaran Menteri tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia (SE-01/MEN/1997) tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja dan Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2008 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri..

- c. Sedangkan variabel dependen adalah gangguan fungsi paru (obstruktif, restriktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif) yang disebabkan konsentrasi Debu yang melebihi nilai ambang batas yang secara tidak sengaja akan terhirup oleh pekerja. Hal ini berdasarkan data hasil *medical check up* antara lain dengan pengukuran kapasitas vital paru dengan spirometer, terbukti sudah ada karyawan yang mengalami gangguan fungsi paru, dimana hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa variabel pengganggu (*confounding*) yaitu umur, masa kerja, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, riwayat penyakit paru yang pernah diderita dan kebiasaan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD).

### 3.3. Hipotesis

1. Ada hubungan konsentrasi Debu (*Total Suspended Particulate*) di dalam ruang kerja yang melebihi Nilai Ambang Batas ( $10 \text{ mg/m}^3$ ) dengan gangguan fungsi paru (obstruktif, restriktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif) pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* industri peleburan PT. KS
2. Ada hubungan faktor-faktor (umur, lama bekerja, kebiasaan merokok, kebiasaan olah raga, riwayat penyakit dan pemakaian APD) dengan gangguan fungsi paru (obstruktif, restriktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif) pada pekerja di unit *Slab Steel Plant 1* industri peleburan PT. KS

### 3.4. Definisi Operasional

Definisi operasional berdasarkan kerangka konsep tersebut di atas disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 3. 1.**  
**Definisi Operasional (DO)**

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
1.	Konsentrasi Debu ( <i>Total Suspended Particulate</i> )	Konsentrasi Parameter Total Partikulat yang terukur di dalam udara di ruang kerja. NAB Debu Lingkungan = 10 mg/m <sup>3</sup>	Dilakukan dengan alat <i>Low Volume Sampler</i> (LVS)	Mengukur kadar Debu lingkungan di tempat kerja dengan <i>flow rate</i> 1 m <sup>3</sup> /menit dan lamanya pengukuran 1 jam ditiap-tiap ruang kerja	1. ≤ NAB 2. > NAB	Ordinal
2.	Gangguan Fungsi Paru	Penurunan kapasitas paru yang diakibatkan oleh Debu penimbunan Debu sehingga menyebabkan penurunan dan penyumbatan saluran nafas Yang diukur kapasitas vital paksa (KVP dan volume Ekspirasi paksa dalam detik pertama (VEP1 ). Interpretasi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Campuran, nilai KVP&lt;80%. VEP1&lt;80%</li> <li>• Restriktif, nilai KVP&lt; 80% Obstruktif, nilai VEP1/KVP &lt; 75% dan atau VEP1 prediksi kurang dari 80% digunakan standar <i>Pneumobile Project</i> Indonesia</li> </ul>	Spirolab MIR III	Menggunakan peralatan spirometer	1. Normal 2. Gangguan	Ordinal
3.	Umur	Adalah lamanya responden hidup dihitung dari tanggal lahir sampai dengan ulang tahun terakhir saat penelitian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data personalia</li> <li>• Kuesioner</li> </ul>	Wawancara	1. < 31 tahun 2. ≥ 31 tahun	Ordinal

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
4.	Masa Kerja	Lama kerja responden yang dihitung dari pertama kali pekerja masuk kerja dilingkungan peleburan sampai dilakukan wawancara	Kuesioner	Wawancara	1. < 10 tahun 2. ≥ 10 tahun	Ordinal
5.	Merokok	Adalah perilaku pekerja melakukan kegiatan menghisap rokok. Tidak merokok: adalah orang yang sama sekali tidak pernah merokok selama hidup Merokok adalah orang yang masih merokok dalam satu bulan terakhir dan pernah merokok sekiranya 100 batang selama hidupnya.	Kuesioner	Wawancara	1. Merokok 2. Tidak Merokok	Ordinal
9.	APD	Alat yang dipakai oleh pekerja berupa masker untuk menutup mulut dan hidung selama bekerja.	Kuesioner	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wawancara</li> <li>• Observasi</li> </ul>	1. Selalu Dipakai 2. Kadang-kadang 3. Tidak Pernah	Ordinal
10	Riwayat Penyakit	Keadaan dimana karyawan pernah / tidak mengalami penyakit saluran pernapasan akut, kronis	Kuesioner	Wawancara	1. Tidak pernah sakit 2. Pernah sakit	Ordinal
11	Olah Raga	Aktivitas untuk melatih tubuh seseorang, tidak hanya secara jasmani.	Kuesioner	Wawancara	1. Olahraga 2. Tidak Olahraga	Ordinal



## BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dengan menggunakan metode penelitian survei (*survey research method*) merupakan suatu penelitian yang dilakukan tanpa melakukan intervensi terhadap subyek penelitian atau noneksperimental. Penelitian survei yang bersifat analitik yang bertujuan untuk menjelaskan suatu keadaan atau situasi dengan rancangan survei potong silang (*cross sectional*), penelitian untuk mempelajari dinamika kolerasi antara faktor-faktor resiko dengan efek. (Notoatmojdo, 2010). Penelitian ini akan melihat pengaruh variabel utama yaitu konsentrasi Debu (TSP) dalam ruangan dengan gangguan obstruksi paru setelah dikontrol dengan variabel lainnya yaitu umur, lama bekerja, kebiasaan merokok, kebiasaan olah raga, riwayat penyakit dan pemakaian APD yang merupakan faktor resiko terjadinya gangguan fungsi paru.

### 4.2. Populasi dan Sample Penelitian

#### 4.2.1. Populasi

Secara umum distribusi jumlah karyawan di PT. KS pada unit *Slab Steel Plant I* yang menjadi responden dalam penelitian ini tertuang pada tabel 4.1 berikut:

**Tabel 4.1.**  
**Jumlah Pekerja Di unit SSP 1**

Area Kerja	Jumlah Pekerja
Peleburan	37
Pengecoran	46
Proses Sekunder	16
Penanganan Slap	23
Refraktori	20
Operasi <i>Crane</i>	65
Penunjang Operasi	16
<b>Jumlah Total Pekerja</b>	<b>223</b>

Sumber : K3LH PT. KS 2010

Jadi populasi pekerja yang berada pada lokasi di unit Slab Steel Plant I sebanyak 223 orang

#### 4.2.2. Besar Sample

Menentukan jumlah sampel untuk uji hipotesis yang akan digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan rumus *sample size two size test* sebagai berikut :

$$n = \frac{\left\{ Z_{1-\alpha/2} \sqrt{2 P_2 (1 - P_2)} + Z_{1-\beta} \sqrt{P_1(1 - P_1) + P_2(1 - P_2)} \right\}^2}{(P_1 - P_2)}$$

*Keterangan:*

n : Jumlah sample minimal

$Z_{1-\alpha/2}$  : Deviasi standar normal = 1.96

$\alpha$  : Derajat Kepercayaan = 0.05

1-  $\beta$  : 90

P1 : Proporsi kejadian 0.54

P2 : 0.30

Perhitungan dengan menggunakan rumus *sample size two size test* tersebut didapatkan jumlah sample minimal yaitu  $87 \approx 90$  pekerja dibagian *Slab Steel Plant I* di PT. KS.

#### 4.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Sampling adalah proses dalam menyeleksi porsi dari populasi untuk dapat mewakili populasi (Kusnidar, 2006). Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *simple random sampling* yaitu kepada pekerja dibagian produksi yang cukup dominan menghasilkan debu total yaitu pada unit *Slab Steel Plant I* di PT. KS, yang merupakan unit peleburan baja dengan menggunakan

Tanur Busur Listrik atau *electric arc furnace* (EAF) yang berlokasi di Jalan Industri Nomor 5 Kota Cilegon Provinsi Banten. Waktu Penelitian dimulai pada Bulan April - Juni 2010.

#### 4.4. Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah:

##### 1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan pengisian kuesioner secara langsung di lapangan yaitu data mengenai umur, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan olah raga, riwayat penyakit paru dan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD).

##### 2. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari Departemen K3LH PT.KS yaitu data hasil *medical check up* tahun 2010 untuk hasil spirometri pekerja di *Slab Steel Plant 1*, data hasil pengukuran kualitas udara dalam ruangan untuk parameter partikel 6 (enam) tahun terakhir dan dokumen AMDAL Kawasan.

#### 4.5. Metode dan Instrumen Data

Metode dan instrumen yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Melakukan observasi tempat kerja untuk melihat kondisi lokasi yang akan dilakukan penelitian;
2. Melakukan wawancara pada sampel pekerja untuk mendapatkan data karakteristik pekerja melalui kuesioner berdasarkan butir-butir pertanyaan yang terdapat dalam lembar pertanyaan kuesioner seperti umur, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga, riwayat penyakit paru dan kebiasaan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD).
3. Mengumpulkan data sekunder hasil *medical check up* pekerja khususnya pemeriksaan spirometri, untuk melihat gangguan fungsi paru (obstruktif, restriktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif)

#### 4.6. Prosedur Pengukuran Dengan Spirometer

Pengukuran dengan peralatan spirometer dilakukan oleh pihak Rumah Sakit Krakatau Steel sebagai berikut:

1. Pembacaan Spirometri dilakukan oleh dokter okupasi dari RS Krakatau Medika dengan menggunakan standar Indonesia.
2. Kesimpulan obstruksi dan restriksi menggunakan rumus yang menjadi standar acuan pembacaan spirometri bagi para dokter kesehatan kerja di Indonesia.
3. Operator spirometri adalah perawat medis RSKM lulusan dari Akademi Perawat (AKPER) yang sudah mendapat pelatihan paramedis Hiperkes dari Depnaker dan pelatihan sertifikasi petugas pemeriksa spirometri.
4. Dokter Okupasi RSKM adalah :
  - 1) Dokter spesialis kesehatan kerja, lulusan dari Universitas Indonesia yang sudah mendapatkan sertifikasi sebagai dokter Hiperkes dari instansi Depnaker.
  - 2) Sebagai pengurus dokter kesehatan kerja cabang Propinsi Banten
  - 3) Kompetensi dokter okupasi sudah memenuhi peraturan perundangan ketenaga kerjaan berdasarkan Audit SMK3, OHSAS 18001, ISO 14001 yang dilakukan setiap tahun oleh lembaga independent yang terakreditasi (SGS, Sucofindo) serta pengawasan dari instansi pemerintah Depnaker & Depkes tingkat propinsi maupun tingkat nasional.
5. Data authentic hasil pemeriksaan kesehatan disimpan di unit Medical Record RSKM. Berdasarkan kode etik kedokteran dan peraturan kesehatan / ketentuan RSKM; bahwa semua data original kesehatan bersifat rahasia medis dan tidak dapat dikeluarkan atau di foto copi.
6. Divisi K3LH PT Krakatau Steel mendapatkan data kesehatan berupa summary hasil pemeriksaan kesehatan : kesimpulan okupasi, rekomendasi okupasi, dan summary kesehatan khusus dari RSKM.
7. Karyawan yang melaksanakan MCU mendapatkan cetak buku hasil pemeriksaan kesehatan.

8. Peralatan Spirometri RSKM dilakukan kalibrasi dan di audit secara periodik oleh Departemen Kesehatan/ bagian akreditasi rumah sakit. Peralatan spirometri merupakan bagian dari instrument yang ada di Rumah Sakit Krakatau Steel yang masih satu management dengan PT. KS. Peralatan spirometer dilakukan kalibrasi setiap 6 (enam) bulan sekali oleh Devisi Utilitas unit kalibrasi yang telah memperoleh sertifikasi ISO 17025 : 2005 – tentang Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi. Sertifikasi ini digunakan sebagai dasar akreditasi laboratorium di Indonesia. Kalibrasi secara berkala ini harus dilakukan dikarenakan setiap tahun ada audit eksternal untuk penerapan ISO/IEC 17025: 2005. Pengujian atau kalibrasi yang dihasilkan oleh suatu laboratorium harus memenuhi persyaratan ISO/IEC 17025: 2005, agar laboratorium mampu memperagakan kemampuannya dalam hal penerapan sistem manajemen mutu, secara teknis kompeten, dan mampu menyajikan hasil yang secara teknis absah.
9. Pemeriksaan Spirometri dilakukan PT KS pada kelompok karyawan yang terpajan debu ambient setiap tahun sekali. Pemeriksaan mempertimbangkan Variabel data : Usia, Tinggi badan, Jenis kelamin, berat Pemeriksaan di dukung data anamnesa kesehatan tentang : lingkungan kerja debu, keterediaan & penggunaan masker debu, riwayat penyakit saluran napas & paru, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga, keikutsertaan dalam konseling & edukasi kesehatan.
10. Hasil pemeriksaan spirometri sebagai berikut:
  - a. Kapasiti vital (KV) yaitu jumlah udara yang bisa dikeluarkan maksimal setelah inspirasi maksimal, yakni gabungan VCI + VAN + VCE
  - b. Kapasiti vital paksa (KVP) sama dengan KV tapi dilakukan secara cepat dan paksa
  - c. Volume ekspirasi paksa detik pertama (VEP1) jumlah udara yang dapat dikeluarkan sebanyak-banyaknya dalam 1 detik pertama pada waktu

ekspirasi maksimal setelah inspirasi maksimal. variable penentu hasil spirometri :

- KV = parameter untuk menentukan restriksi
- VEP<sub>1</sub> = parameter untuk melihat obstruksi

Pengukuran kapasitas fungsi paru sebelum pengukuran, responden terlebih dahulu diberi pengarahan maksud dan tujuan pengukuran dengan jelas, responden mencoba bernapas dan menghembuskan udara ke dalam *spirometer*.

a. Alat : *Spirometer* jenis Spirolab III MIR

b. Bahan : *Mouthpiece*

c. Cara Kerja :

- 1) Sampel dalam posisi berdiri dan pakaian longgar
- 2) Tahap persiapan,
  - a. Menghidupkan alat dan biarkan alat beradaptasi  $\pm$  10 menit
  - b. Menekan tombol ID
  - c. Memasukkan data responden : ID, umur, tinggi badan, jenis kelamin.
- 3) Pengukuran VC
  - a. Pasang *mothpiece* kemulut dengan posisi bibir rapat pada *mouthpiece*.
  - b. Melakukan pernapasan melalui alat (pernapasan melalui mulut).
  - c. Tekan tombol VC, tekan *start*.
  - d. Responden mengambil nafas sedalam-dalamnya dan kemudian membuang nafas sampai habis secara perlahan, kemudian bernapas biasa kembali.
  - e. Tekan tombol stop untuk mengakhiri pemeriksaan.
  - f. Tekan tombol display dan catat data EVC, VC, %VC.
- 4) Pengukuran FVC
  - a. Pasang *mothpiece* kemulut dengan posisi bibir rapat pada *mouthpiece*.
  - b. Melakukan pernapasan melalui alat (pernapasan melalui mulut).
  - c. Tekan tombol FVC, tekan *start*.
  - d. Responden mengambil nafas sedalam-dalamnya dan kemudian membuang nafas sampai habis secara cepat dan dihentikan, kemudian bernapas biasa kembali.

- e. Tekan tombol stop untuk mengakhiri pemeriksaan.
- f. Tekan tombol display dan catat data FVC, FEV1, %FVC.

#### 4.7. Prosedur Pengukuran Kadar Debu Dalam Ruangan Kerja

Pengukuran kadar debu diruang kerja dilakukan oleh Divisi K3LH bekerja sama dengan laboratorium pihak ketiga yang ditentukan berdasarkan tender.

Laboratorium yang melakukan pengukuran yaitu:

- Tahun 2006 : Laboratorium HIPERKES Jakarta
- Tahun 2007 : Laboratorium Balai Besar Kimia dan Kemasan Jakarta
- Tahun 2008 : Laboratorium Balai Besar Kimia dan Kemasan Jakarta
- Tahun 2009 : Laboratorium PT. Ecostar Engineering
- Tahun 2010 : Laboratorium PT. Sucofindo

Prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Alat : *Low Volume Sampler* (LVS)
- b. Bahan : Kertas filter, pinset, *exicator*, timbangan analitik
- c. Cara Kerja LVS : Alat diletakkan pada titik pengukuran setinggi zona pernafasan, pengambilan contoh dilakukan selama beberapa menit hingga satu jam (sesuai kebutuhan dan tujuan pengukuran) dan kadar debu total yang diukur ditentukan secara gravimetri.

##### 4.7.1. Peralatan

- a) *low volume dust sampler* (LVS) dilengkapi dengan pompa pengisap udara dengan kapasitas 5 l/menit – 15 l/menit dan selang silikon atau selang teflon;
- b) timbangan analitik dengan sensitivitas 0,01 mg;
- c) pinset;
- d) desikator, suhu  $(20 + 1)^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban udara  $(50 + 5)\%$ ;
- e) *flowmeter*;
- f) tripod;
- g) termometer;
- h) higrometer.

#### 4.7.2. Bahan

Filter hidrofobik (misal: PVC, *fiberglass*) dengan ukuran pori 0,5  $\mu\text{m}$ .

#### 4.7.3. Prosedur kerja

##### 4.8.3.1 Persiapan

- a) Filter yang diperlukan disimpan di dalam desikator selama 24 jam agar mendapatkan kondisi stabil.
- b) Filter kosong pada butir a) ditimbang sampai diperoleh berat konstan, minimal tiga kali penimbangan, sehingga diketahui berat filter sebelum pengambilan contoh, catat berat filter blanko dan filter contoh masing-masing dengan berat B1 (mg) dan W1 (mg). Masingmasing filter tersebut ditaruh di dalam *holder* setelah diberi nomor (kode).
- c) Filter contoh dimasukkan ke dalam *low volume dust sampler holder* dengan menggunakan pinset dan tutup bagian atas *holder*.
- d) Pompa pengisap udara dikalibrasi dengan kecepatan laju aliran udara 10 l/menit dengan menggunakan *lowmeter* (*flowmeter* harus dikalibrasi oleh laboratorium kalibrasi yang terakreditasi).

##### 4.8.3.2 Pengambilan contoh

- a) LVS pada point 4.8.3.1 c) di atas dihubungkan dengan pompa pengisap udara dengan menggunakan selang silikon atau teflon.
- b) LVS diletakkan pada titik pengukuran (di dekat tenaga kerja terpapar debu) dengan menggunakan tripod kira-kira setinggi zona pernafasan tenaga kerja (seperti Gambar C.1) (lampiran).
- c) Pompa pengisap udara dihidupkan dan lakukan pengambilan contoh dengan kecepatan laju aliran udara (*flowrate*) 10 liter/menit.
- d) Lama pengambilan contoh dapat dilakukan selama beberapa menit hingga satu jam (tergantung pada kebutuhan, tujuan dan kondisi di lokasi pengukuran).
- e) Pengambilan contoh dilakukan minimal 3 kali dalam 8 jam kerja yaitu pada awal, pertengahan dan akhir *shift* kerja.



- f) Setelah selesai pengambilan contoh, debu pada bagian luar *holder* dibersihkan untuk menghindari kontaminasi.
- g) Filter dipindahkan dengan menggunakan pinset ke kaset filter dan dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam.

#### 4.8.3.3. Penimbangan

- a) Filter blanko sebagai pembanding dan filter contoh ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik yang sama sehingga diperoleh berat filter blanko dan filter contoh masing-masing B2 (mg) dan W2 (mg).
- b) Catat hasil penimbangan berat filter blanko dan filter contoh sebelum pengukuran (lihat 4.8.3.1.b) dan sesudah pengukuran pada formulir seperti pada Lampiran A.

#### 3.8.3.4. Perhitungan

Kadar debu total di udara dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut dan hasilnya dicatat pada formulir seperti pada Lampiran B.

$$C = \frac{(W2 - W1) - (B2 - B1)}{v} \text{ mg/lt}$$

atau

$$C = \frac{(W2 - W1) - (B2 - B1)}{v} \times 103 \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

dengan:

- C : adalah kadar debu total (mg/l) atau (mg/m<sup>3</sup>);
- W2 : adalah berat filter contoh setelah pengambilan contoh (mg);
- W1 : adalah berat filter contoh sebelum pengambilan contoh (mg);
- B2 : adalah berat filter blanko setelah pengambilan contoh (mg);
- B1 : adalah berat filter blanko sebelum pengambilan contoh (mg);
- V : adalah volume udara pada waktu pengambilan contoh (l).

#### 4.8. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data yang dikumpulkan dari penelitian awal hingga akhir yaitu :

1. Pemeriksaan kembali terhadap kuesioner yang telah dibagikan kepada 90 responden apakah ada pertanyaan yang ada dalam kuesioner tersebut yang belum diisi. Jika ada, maka kuesioner dikembalikan kepada responden untuk dilengkapi kembali karena akan berpengaruh kepada keakuratan data atau menghindari adanya missing system.
2. Selanjutnya, setelah kuesioner diisi lengkap oleh responden dilaksanakan pemeriksaan data (*editing*), pemberian kode (*coding*) dan pembersihan data (*cleaning*).
  - a. *Editing* yaitu memeriksa kelengkapan data, kesinambungan data dan keseragaman data secara keseluruhan, baik dari hasil wawancara maupun data sekunder hasil pengukuran dengan menggunakan instrumentasi.
  - b. *Coding* yaitu mengklasifikasikan data dari masing-masing variabel dengan kode tertentu dari ukuran penelitian yang digunakan. Setiap pertanyaan yang jawabanya negatif (beresiko) diberi kode yang lebih tinggi (1) sedangkan jawaban yang positif (tidak beresiko) diberi kode yang lebih rendah (0). *Coding* dibuat konsisten pada seluruh pertanyaan. Pemberian *Coding* ini sekaligus digunakan untuk *Scoring*. Data pada kuesioner yang telah dikoding kemudian di-*entry*. Pengolahan data yang dilakukan menggunakan *software* SPSS Versi 13.
  - c. *Cleaning* yaitu pembersihan data untuk mengecek kembali data yang sudah dimasukkan ke dalam komputer agar tidak mengganggu proses analisa.
3. Setelah semua pertanyaan di-*entry*, kemudian dilakukan manajemen data berdasarkan definisi operasional yang telah dibuat.

#### 1) Konsentrasi Debu (TSP) Dalam Ruang Rerja

Melakukan pengkategorian untuk variabel Konsentrasi Debu (TSP) Dalam Ruang Rerja sesuai DO yaitu melebihi NAB diberi kode 1 (beresiko) dan memenuhi atau sama dengan NAB diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel konsentrasi debu telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

#### 2) Variabel Umur

Melakukan pengkategorian untuk variabel umur sesuai DO yaitu umur  $\geq 31$  tahun diberi kode 1 (beresiko) dan  $< 31$  tahun diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel umur telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

#### 3) Variabel Masa Kerja

Melakukan pengkategorian untuk variabel masa kerja sesuai DO yaitu masa kerja  $\geq 10$  tahun diberi kode 1 (beresiko) dan  $< 10$  tahun diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel masa kerja telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

#### 4) Variabel Kebiasaan Merokok

Melakukan pengkategorian untuk variabel kebiasaan merokok sesuai DO yaitu merokok diberi kode 1 (beresiko) dan tidak merokok diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel kebiasaan merokok telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

#### 5) Variabel Kebiasaan Olah Raga

Melakukan pengkategorian untuk variable olah raga sesuai DO yaitu tidak berolahraga kode 1 (beresiko) dan olahraga diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel kebiasaan olah raga telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

#### 6) Variabel Riwayat Penyakit

Melakukan pengkategorian untuk variabel riwayat penyakit sesuai DO yaitu mempunyai riwayat penyakit kode 1 (beresiko) dan tidak mempunyai riwayat penyakit diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel riwayat penyakit telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

#### 7) Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD).

Melakukan pengkategorian untuk variabel pemakaian APD sesuai DO yaitu tidak memakai APD kode 1 (beresiko) dan memakai APD diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel pemakaian APD telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

#### 8) Gangguan Fungsi Paru

Melakukan pengkategorian untuk variabel Gangguan Fungsi Paru (Obstruktif, Restriktif dan Kombinasi Obstruktif dan Retiktif) sesuai DO yaitu mempunyai Gangguan Fungsi Paru kode 1 (beresiko) dan normal (tidak mempunyai Gangguan Fungsi Paru diberi kode 0 (tidak beresiko). Variabel Gangguan Fungsi Paru telah dikategorikan, selanjutnya memberi label koding 1 dan 0.

### 4.9. Analisa Data

Teknik pengolahan dan analisis data dilakukan dengan uji statistik dengan analisis menggunakan SPSS dengan interpretasi hasil sebagai berikut :

1. Jika  $p \text{ value} \leq 0,01$  maka hasil uji dinyatakan sangat signifikan.
2. Jika  $p \text{ value} > 0,01$  tetapi  $\leq 0,05$  maka hasil uji dinyatakan signifikan.
3. Jika  $p \text{ value} > 0,05$  maka hasil uji dinyatakan tidak signifikan. (Sugiyono, 2007)

#### 4.9.1. Analisa Univariat

Analisa univariat dilakukan untuk menjelaskan karakteristik masing-masing variabel yang diteliti. Analisa univariat dilakukan dengan meringkas

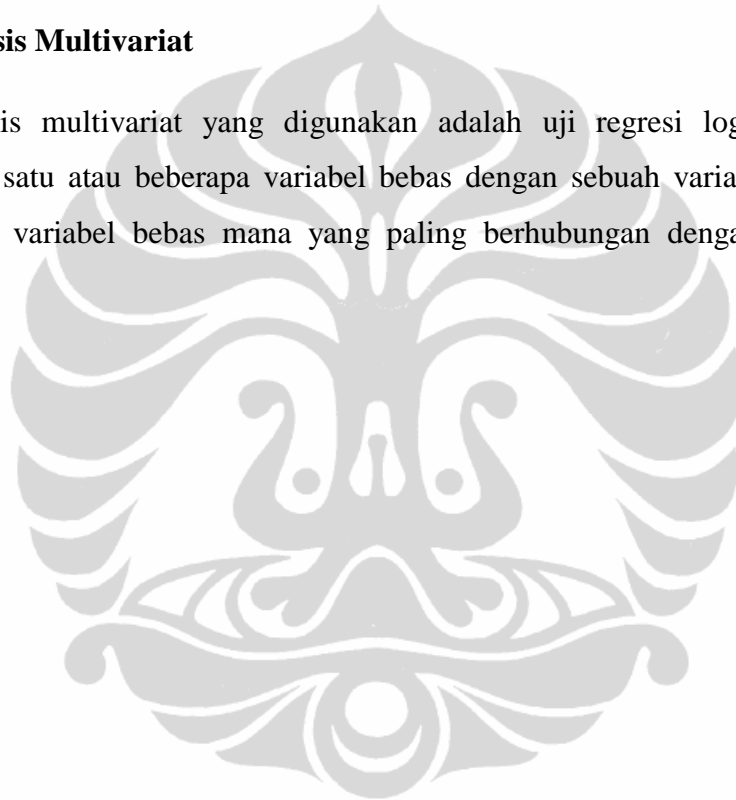
kumpulan data menjadi ukuran tengah dan ukuran variasi. Data disajikan dalam bentuk tabel frekuensi pada tiap variabel (Hastono, 2001)

#### **4.9.2. Analisa Bivariat**

Analisa bivariat digunakan untuk melihat hubungan antara variabel independen (Pajanan Debu TSP) dengan variabel dependen (gangguan obstruksi paru) dan variabel *confounding* dengan variabel dependen.

#### **4.9.3. Analisis Multivariat**

Analisis multivariat yang digunakan adalah uji regresi logistik yang menganalisis satu atau beberapa variabel bebas dengan sebuah variabel terikat, serta melihat variabel bebas mana yang paling berhubungan dengan variabel terikat.



## BAB V HASIL PENELITIAN

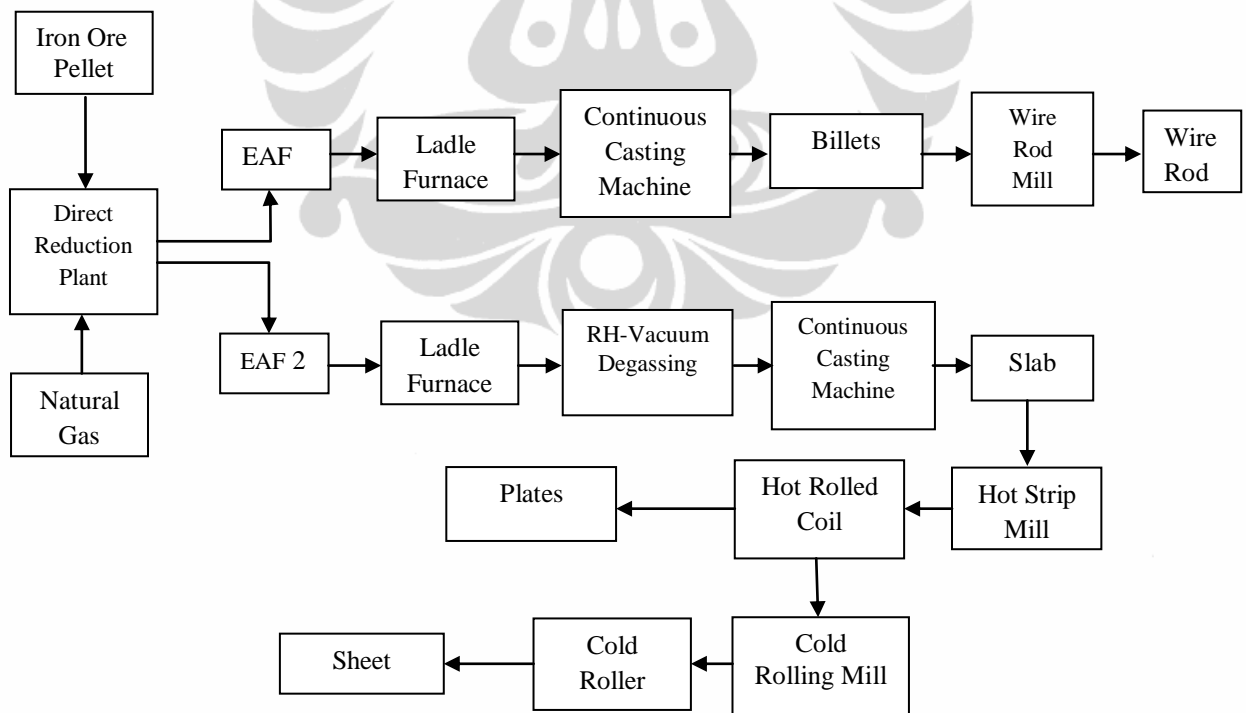
### 5.1. Gambaran Umum Perusahaan

#### 5.1.1. Informasi Umum

Perusahaan ini mulai berdiri pada tahun 1970 termasuk dalam jenis industri peleburan baja. Luas area 2.815,83 hektar yang terletak di Kawasan Industri Krakatau Steel. Jumlah karyawan untuk semua unit sebanyak 6000 orang. Kapasitas produksi terpasang 2.5 juta ton (*Cold Rolled Coil, Hot Rolled Coil, Wire Rod*). Bahan baku yang digunakan Scrap dan spongs dengan bahan penolong menggunakan besi tua impor dan domestik.

#### 5.1.2. Bahan Baku dan Proses Produksi

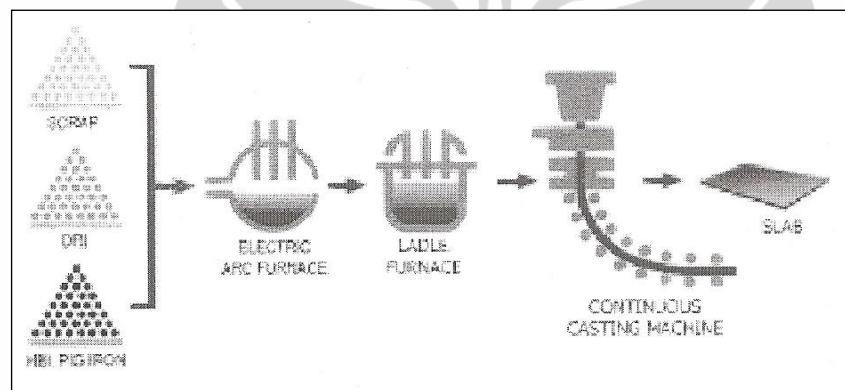
Perusahaan ini merupakan *intergrated steel plant* dengan produk utama billet baja dan slab baja, dengan alur produksi secara keseluruhan sebagai berikut:



Sumber: *Company Profile PT.KS*

**Gambar 5.1. Diagram Alir Proses Produksi *Integrated Steel Plant* PT. KS**

Bahan baku Besi spons yang diperlukan yaitu 108 ton/heat atau 3678 ton per hari, scrap dan skill 32 ton atau 920 ton per hari. Bahan penolong yang digunakan yaitu kapur bakar 246 ton/hari, *refractory* 1680 ton/bulan, grafit 40 ton/hari dan *alloys* 37 ton/hari. Produksi pabrik SSP 1 berupa slab yang digunakan sebagai bahan baku pabrik *Hot Strip Mill* (HSM) dengan kapasitas 1200 ton/tahun dengan ukuran slab: tebal 200 mm, lebar 980~2080 mm, panjang 6-12 m dan berat 18-30 ton. Pabrik SSP1, dilengkapi dengan empat buah dapur listrik (*electric arc furnace*) dengan kapasitas masing-masing 130 ton *liquid steel*. Proses *electrical furnace* (*direction current electrode*) dilengkapi dengan dua buah mesin *continuous casting*. Secara umum aliran proses produksi pada SSP 1 sebagai berikut:



**Gambar 5.2. Aliran Produksi Slab Steel Plant 1**

Tahapan proses produksi dimulai dari besi spons dan scrap (besi tua) dimasukkan ke dalam dapur listrik (EAF), melalui konvensional *bucket* dan *continuous feeding*. Untuk setiap proses dicampurkan 23 ton scarp dan 10 ton besi spons, kemudian dipanaskan pada suhu 1615-1650°C, pada suhu tersebut terjadi 60% cair dan 40% padat. Selanjutnya ditambahkan besi spons dengan cara *continuous feeding* sehingga mencapai 130 ton. Untuk menghilangkan kotoran ditambahkan kapur ( $\text{CaO}$ )  $\pm$  8 ton kemudian dimasukkan carbon (C). Hasil proses ini kemudian di tapping dengan kontrol mekanik masuk kedalam ladle dengan menambah bahan *alloy* yang mengandung unsur C, Fe, Mn, Al sesuai dengan produk yang diharapkan. Penambahan Al untuk menghilangkan  $\text{O}_2$  sehingga besi tidak berpori-pori dan juga ditambahkan juga  $\text{CaO}$  dan Kalsium Aluminat

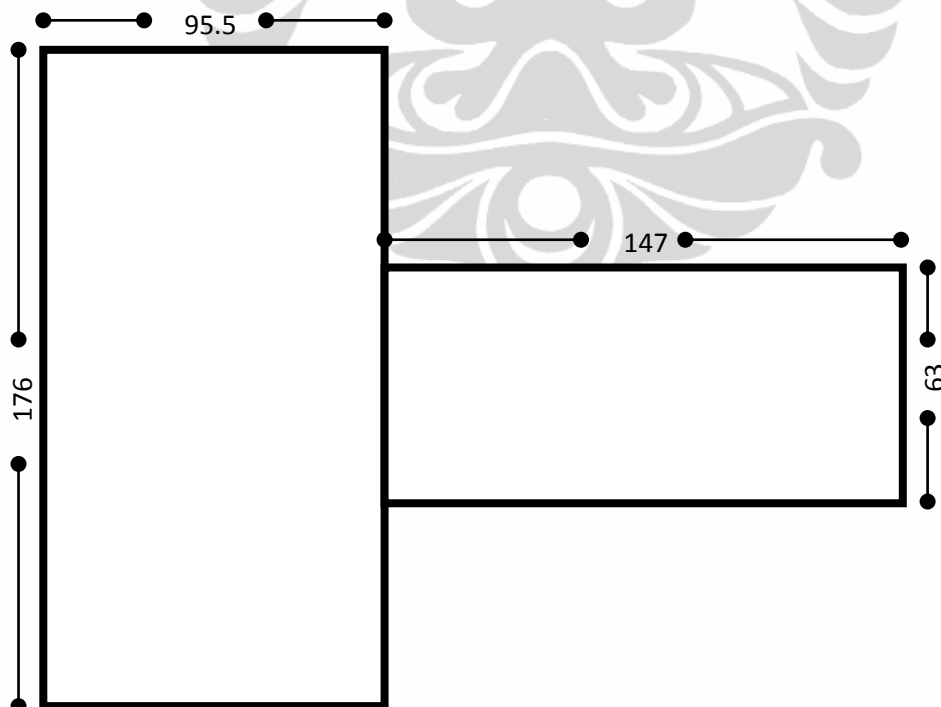
( $\text{CaAl}_2\text{O}_3$ ), dengan tujuan untuk melunakkan slag dan memudahkan mengambil sulfur. Proses selanjutnya adalah penuangan ke dalam tundish dan dilanjutkan dengan pencetakan melalui *casting*.

### 5.1.3. Ketenagakerjaan

Perusahaan ini secara keseluruhan mempunyai tenaga kerja sebanyak 6000 orang, di area proses produksi *Slab Steel Plant 1* sebanyak 233 orang. Pekerja setiap harinya bekerja selama delapan jam dimulai pukul 08.00-17.00 WIB. Jenis kelamin pekerja di proses produksi ini semuanya laki-laki, dengan usia di atas 40 tahun.

### 5.1.4. Karakteristik Lingkungan Kerja

Bagunan pada ruang proses peleburan pada slab steel plant 1 berbentuk huruf "T" dengan luas  $6.808 \text{ m}^2 + 9.261 \text{ m}^2$  sehingga luas totalnya  $26.069 \text{ m}^2$  dengan ketinggian bangunan dari lantai dasar (*ground*) sampai ke atap adalah 38.681 meter.



**Gambar 5.3. Denah Luas Bangunan Produksi1 Slab Steel**







**Gambar 5.5. Ruang Peleburan Slab Steel Plant I**



**Gambar 5.6. Peleburan Tanur Busur Listrik (EAF)**

### **5.1.5. Hasil Penelitian**

#### **5.1.5.1. Hasil Pemantauan Kadar Debu (TSP) di Proses Produksi SSP 1**

Dalam penelitian ini tidak dilakukan pemantauan kadar debu (TSP) diruang produski SSP1, data pemantauan debu dalam ruangan menggunakan data sekunder perusahaan. Berdasarkan hasil pemantauan kadar Debu (TSP) ruang produksi SSP1 ada beberapa parameter debu (TSP) yang melebihi NAB yaitu 10 mg/Nm<sup>3</sup> tertuang pada tabel 5.1 berikut:

**Tabel 5.1**  
**Data Series Hasil Pengukuran Debu Dalam Ruangan Tahun 2006-2010**

Kode Lokasi	LOKASI	TITIK PENGUKURAN	Tahun					Satuan
			2006	2007	2008	2009	2010	
1	<i>Dedusting</i>	Lantai bawah dedusting	7,7	11,1	--	7,7	11,1	mg/m <sup>3</sup>
2	<i>Scrap Yard</i>	Area pengisian scrap ke dalam bucket scrap	7,5	--	--	7,5	9,9	mg/m <sup>3</sup>
3	<i>Electric Arc Furnace 5</i>	Depan slag pot EAF (area kerja operator peleburan)	11,1	10,6	10,7	11,0	10,7	mg/m <sup>3</sup>
4	<i>Electric Arc Furnace 6</i>	Depan slag pot EAF (area kerja operator peleburan)	--	--	--	9,2	8,8	mg/m <sup>3</sup>
5	<i>Electric Arc Furnace 7</i>	Depan slag pot EAF (area kerja operator peleburan)	--	7,5	--	8,9	9,6	mg/m <sup>3</sup>
6	<i>Electric Arc Furnace 8</i>	Depan slag pot EAF (area kerja operator peleburan)	5,3	--	--	9,4	10,2	mg/m <sup>3</sup>
7	<i>Ladle Furnace 1</i>	Depan mesin furnace (area kerja operator pengolahan baja)	3,4	--	--	9,3	7,2	mg/m <sup>3</sup>
8	<i>Ladle Furnace 2</i>	Depan mesin furnace (area kerja operator pengolahan baja)	5,5	--	9,3	9,2	5,5	mg/m <sup>3</sup>
9	<i>Concast Machine 1</i>	Depan mesin concast (area kerja operator pengecoran)	6,5	8,7	--	4,0	7,8	mg/m <sup>3</sup>
10	<i>Concast Machine 2</i>	Depan mesin concast (area kerja operator pengecoran)	--	--	--	5,1	6,4	mg/m <sup>3</sup>
11	<i>Refractory Ladle</i>	Area reparasi ladle	--	--	10,2	10,1	8,0	mg/m <sup>3</sup>
12	<i>Refractory Tundish</i>	Area reparasi tundish	0,5	8,8	6,2	6,2	5,0	mg/m <sup>3</sup>
13	<i>Slab Handling</i>	Area penanganan slab bagian tengah	1,5	1,4	--	1,5	1,4	mg/m <sup>3</sup>

Sumber: Departemen K3LH, PT.KS

### 5.1.5.2. Hasil Pemeriksaan Spirometer Pekerja di Proses Produksi SSP 1

Dalam penelitian ini tidak dilakukan pemeriksaan paru secara langsung dengan spirometer, sehingga data yang digunakan untuk penelitian menggunakan data sekunder hasil pemeriksaan spirometri milik perusahaan. Berdasarkan hasil pemeriksaan spirometer sebagian besar pekerja di unit produksi *Slab Steel Plant 1* telah mengalami gangguan fungsi paru, seperti terlihat pada lampiran 3.

## 5.2. Analisis Univariat

### 5.2.1. Distribusi Data Variabel Dependen Gangguan Fungsi Paru

Pada sampel ini didapat 72 (49,3%) responden yang mengalami gangguan fungsi paru dan sebanyak 70 orang (50,7%) tidak mengalaai gangguan fungsi paru (normal). Distribusi gangguan fungsi paru disajikan pada tabel 5.2. berikut.

**Tabel 5. 2**  
**Distribusi Responden Menurut Gangguan Fungsi Paru**  
**Pekerja PT. KS Tahun 2010**

Kategori	Frekuensi	Persentase
Tidak ada	70	49,3
Ada gangguan	72	50,7
Total	142	100,0

### 5.2.2. Distribusi Data Variabel Independen Pajanan Debu

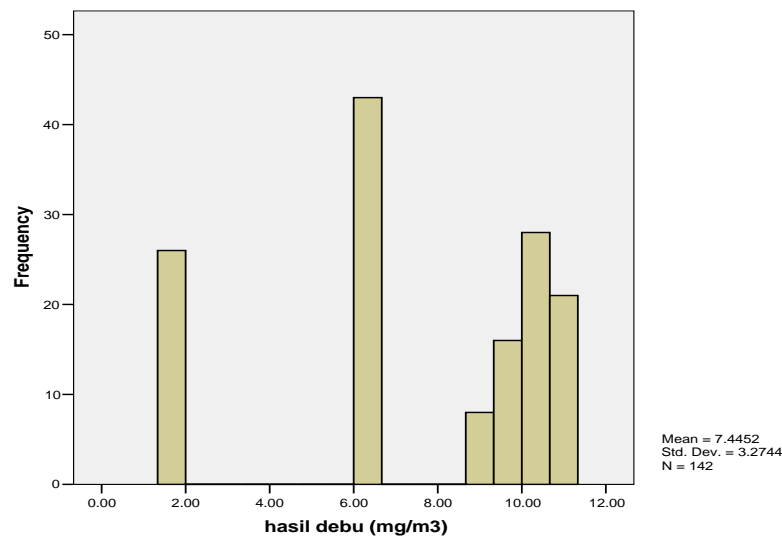
Distribusi data pajanan debu TSP dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut:

**Tabel 5. 3**  
**Distribusi Total Debu Ruangan (mg/m<sup>3</sup>) PT. KS Tahun 2010**

Variabel	Mean	Std. Deviation	Median	Minimum	Maksimum
Pajanan Debu	7,44	3,27	9,16	1,54	11,10

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa rata-rata total debu ruangan berkisar antara 1,54 hingga 11,10 mm/mg dengan *mean* sebesar 7,44, standar deviasi

(simpangan baku) sebesar 3.27 dan median 9,16. Grafik histogram debu ruangan data dilihat pada gambar 5.6 berikut ini.



**Gambar 5. 7**  
**Histogram Pajanan Debu**

Hasil uji kenormalan dengan *One sampel-Kolmogorov Smirnov* ditemukan bahwa distribusi data tidak normal ( $p = 0.000$ ). Untuk kepentingan analisis data, variabel pajanan debu dikelompokkan menjadi 2 kategori berdasarkan *cutoff* 10 mm/mg. Sebaran total debu ruangan berdasarkan 2 kategori yang telah dibuat disajikan pada tabel 5.4 berikut.

**Tabel 5.4**

**Distribusi Responden Menurut Pajanan Debu**

Kategori	Frekuensi	Persentase
$\leq 10$ mg/m <sup>3</sup>	93	65,5
$> 10$ mg/m <sup>3</sup>	49	34,5
Total	142	100,0

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa mayoritas responden dengan pajanan debu ruangan dibawah ambang batas yaitu sebanyak 65% dan sisanya sebanyak 35 orang (27,8%) dengan pajanan debu ruangan diatas ambang batas.

### 5.2.3. Distribusi Data Variabel *Confounding*

#### 5.2.3.1. Kebiasaan Olahraga

Sebagian responden mempunyai kebiasaan olahraga yaitu sebanyak 52,1% sedangkan 47,9% tidak mempunyai kebiasaan olahraga. Distribusi kebiasaan olahraga responden disajikan pada tabel 5.5. berikut.

**Tabel 5. 5**  
**Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Olahraga**

Kategori	Frekuensi	Persentase
Olah raga	74	52.1
Tidak olah raga	68	47.9
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>100.0</b>

Sementara menurut durasi olah raga, terlihat bahwa sebanyak 18,3% berolahraga  $\geq 3$  kali dalam 1 minggu dan 33,8% berolahraga  $< 3$  kali seminggu. Distribusi durasi olahraga responden disajikan pada tabel 5.6. berikut.

**Tabel 5. 6**  
**Distribusi Responden Menurut Durasi Olahraga**

Kategori	Frekuensi	Persentase
Olah raga $\geq 3$	26	18.3
Olah raga $< 3$	48	33.8
Tidak olah raga	68	47.9
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>100.0</b>

### 5.2.3.2. Umur

Mayoritas responden berusia  $\geq 31$  tahun yaitu sebanyak 128 orang (90,1%) dan sisanya sebanyak 14 orang (9,9%) berusia  $< 31$  tahun. Distribusi responden menurut umur disajikan pada tabel 5.7 berikut.

**Tabel 5. 7**  
**Distribusi Responden menurut Umur**

Kategori	Frekuensi	Persentase
<31 tahun	14	9.9
$\geq 31$ tahun	128	90.1
Total	142	100.0

### 5.2.3.3. Masa Kerja

Mayoritas responden memiliki masa kerja  $\geq 10$  tahun yaitu sebanyak 80,3% dan sisanya sebanyak 19,7% dengan masa kerja  $< 10$  tahun. Distribusi responden menurut masa kerja disajikan pada tabel 5.8 berikut.

**Tabel 5. 8**  
**Distribusi Responden Menurut Masa Kerja**

Kategori	Frekuensi	Persentase
<10	28	19,7
$\geq 10$	114	80,3
Total	142	100,0

### 5.2.3.4. Pemakaian APD

Mayoritas responden memakai APD yaitu sebanyak 106 orang (74,6%), dan sisanya sebanyak 36 orang (25,4%) kadang-kadang memakai APD. Distribusi responden menurut pemakaian APD disajikan pada tabel 5.9 berikut.

**Tabel 5. 9**  
**Distribusi Responden Menurut Pemakaian APD**

Kategori	Frekuensi	Persentase
Memakai APD	106	74.6
Kadang-kadang memakai apd	36	25.4
Total	142	100.0

#### 5.2.3.5. Kebiasaan Merokok

Sebagian responden memiliki kebiasaan merokok yaitu sebanyak 65 orang (45,8%) dan sisanya sebanyak 77 orang (54,2%) tidak memiliki kebiasaan merokok. Distribusi responden menurut kebiasaan merokok disajikan pada tabel 5.10 berikut.

**Tabel 5. 10**  
**Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Merokok**

Kategori	Frekuensi	Persentase
Tidak merokok	77	54,2
Merokok	65	45,8
Total	142	100,0

#### 5.2.3.6. Riwayat Penyakit Paru

Mayoritas responden tidak memiliki riwayat penyakit paru yaitu sebanyak 131 orang (92,3%) dan sisanya sebanyak 11 orang (7,7%) memiliki riwayat penyakit paru. Distribusi responden menurut riwayat penyakit paru disajikan pada tabel 5.11 berikut.

**Tabel 5. 11**  
**Distribusi Responden Menurut Riwayat Penyakit Paru**

Kategori	Frekuensi	Persentase
Tidak ada	131	92,3
Ada	11	7,7
Total	142	100,0



### 5.2.3.7. Lokasi Kerja Responden

Berdasarkan lokasi titik pemantauan debu di dalam ruangan dan lokasi dimana responden tersebut bekerja, mayoritas responden bekerja di unit Slab Yard (18,3%). Paling sedikit bekerja di *Ladle Furnace* 1 dan 2 (2,8%). Distribusi responden menurut lokasi kerja disajikan pada tabel 5.12 berikut:

**Tabel 5. 12**  
**Distribusi Responden Menurut Lokasi Kerja Responden**

Kategori	Frekuensi	Persentase
Concast Machine 1	15	10.6
Concast Machine 2	20	14.1
Dedusting	9	6.3
Electric Arc Furnace 5	12	8.5
Electric Arc Furnace 6	10	7.0
Electric Arc Furnace 7	10	7.0
Electric Arc Furnace 8	10	7.0
Ladle Furnace 1	4	2.8
Ladle Furnace 2	4	2.8
Refractory Ladle	8	5.6
Refractory Tundish	8	5.6
Scrap Yard	6	4.2
Slab Yard	26	18.3
Total	142	100.0

### 5.3. Analisis Bivariat

Hasil analisis bivariat dengan *chi-square* ( $\chi^2$ ) menunjukkan ada 2 variabel yang signifikan ( $p < 0.05$ ) yaitu pemakaian APD dan merokok. Riwayat penyakit paru hampir signifikan ( $p = 0.056$ ). Sedangkan variable yang lainnya tidak signifikan. Analisis Bivariat Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Paru Pekerja Di PT. KS Tahun 2010 disajikan pada tabel 5.13 berikut:

**Tabel 5. 13.**

#### **Analisis Bivariat Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Paru Pekerja Di PT. KS Tahun 2010**

Kategori Konsentrasi Debu	Gangguan Fungsi Paru				Total	p <sup>a</sup>	OR	95%CI OR	
	Tidak ada	Ada gangguan	% tidak ada	% ada gangguan					
Di bawah Nilai Ambang Batas ( $\leq 10$ mg/m <sup>3</sup> )	43	50	46,2	53,8	93	0,315	0,7	0,35	~ 1,4
Di atas Nilai Ambang Batas ( $> 10$ mg/m <sup>3</sup> )	27	22	55,1	44,9	49				
<b>Status Olahraga</b>									
Olah raga	36	38	48,6	51,4	74	0,872	0,95	0,49	~ 1,83
Tidak olah raga	34	34	50	50	68				
<b>Umur Responden</b>									
<31	9	5	64,3	35,7	14	0,237	1,98	0,63	~ 6,22
$\geq 31$	61	67	47,7	52,3	128				
<b>Masa Kerja Responden</b>									
<10	16	12	57,1	42,9	28	0,354	1,48	0,64	~ 3,41
$\geq 10$	54	60	47,4	52,6	114				
<b>Pemakaian APD</b>									
Memakai APD	60	46	56,6	43,4	106	0,003 <sup>b</sup>	3,39	1,49	~ 7,73
Tidak memakai APD	10	26	27,8	72,2	36				
<b>Merokok</b>									
Tidak merokok	51	26	66,2	33,8	77	0,000 <sup>b</sup>	4,75	2,33	~ 9,69
Merokok	19	46	29,2	70,8	65				
<b>Riwayat Penyakit Paru</b>									
Tidak ada	68	63	51,9	48,1	131	0,056	4,86	1,01	~ 23,35
Ada	2	9	18,2	81,8	11				

Ket: <sup>a</sup> p value Pearson kecuali untuk variable riwayat penyakit paru, menggunakan p value Fisher exact. <sup>b</sup>  $p < 0.05$

Dari tabel di atas dapat diinterpretasikan terdapat 2 (dua) variabel yang dinyatakan signifikan terhadap gangguan fungsi paru yaitu:

1. Dari 100 responden yang memakai APD, sebanyak 43,4% mengalami gangguan paru, sementara dari 100 responden yang tidak memakai APD hanya 72,2% mengalami gangguan paru. Perbedaan prosentase tersebut

signifikan ( $p=0,003$ ).  $OR=3,39$  menunjukkan, yang tidak memakai APD berisiko mendapat gangguan paru sebanyak 3,39 kali dibanding yang tidak memakai APD. 95% CI OR sebesar 1,49-7,73 berarti di populasi, bila digeneralisasi, dari 100 penelitian yang sama tentang hubungan antara APD dengan gangguan paru, 95 penelitian akan mendapatkan OR dalam kisaran 1,49-7,73

2. Dari 100 responden yang tidak merokok, sebanyak 33,8% mengalami gangguan paru, sementara dari 100 responden yang merokok, sebanyak 70,8% mengalami gangguan paru. Perbedaan prosentase tersebut signifikan ( $p=0,000$ ).  $OR=4,75$  menunjukkan, yang merokok akan mendapat gangguan paru sebanyak 4,75 kali dibanding yang tidak merokok. 95% CI OR sebesar 2,33-9,69 berarti di populasi, bila digeneralisasi, dari 100 penelitian yang sama tentang hubungan antara rokok dengan gangguan paru, 95 penelitian akan mendapatkan OR dalam kisaran 2,33-9,69.

#### 5.4. Analisis Multivariat

Berdasarkan analisis bivariat ditemukan 2 (dua) variabel yaitu pemakaian APD dan merokok. Oleh karena itu kedua variabel tersebut yang dilibatkan dalam analisis multivariate menggunakan regresi logistik berganda. Hasil analisis regresi logistik berganda (*multiple logistic regression*) disajikan pada tabel 5.14 di bawah ini.

**Tabel 5. 14**

#### **Hasil Analisis Regresi Logistik Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Fungsi Paru Pekerja Di PT KS Tahun 2010**

Variabel Independen	Coeff.	p-value	OR	95% CI
Pemakaian APD	1,312	0,004	3,71	1,53 ~ 9,01
Merokok	1,614	0,000	5,02	2,39 ~ 10,57
Konstanta	-1,016	0,000	0,36	

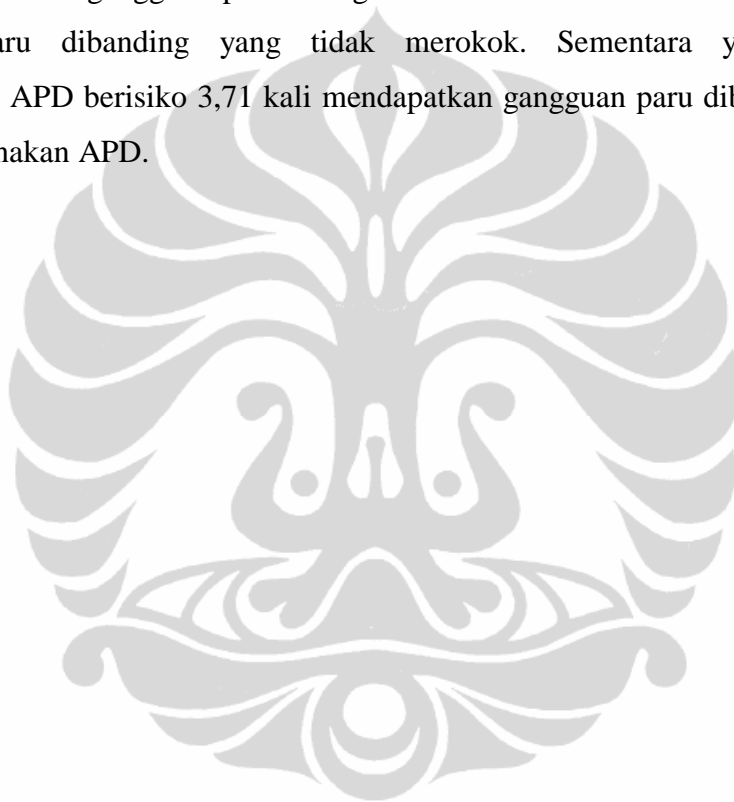
**Variabel dependen: Gangguan Fungsi Paru**

**$R^2$  (Nagelkerke)= 0,246**

**p-value = 0,000**

Model regresi di atas menunjukkan bahwa variable pemakaian APD dan merokok merupakan dua variable yang berhubungan signifikan dengan gangguan paru.  $R^2$  model sebesar 0,246 atau 24,6% berarti perubahan-perubahan pada variabel gangguan fungsi paru mampu diterangkan sebesar 24,6 % oleh kedua variable tersebut. Sisanya sebesar 75,4% oleh variable lain yang tidak diteliti di penelitian ini.

Pada model diatas, merokok merupakan factor yang paling besar risikonya untuk mendapatkan gangguan paru. Yang merokok berisiko 5 kali mendapatkan gangguan paru dibanding yang tidak merokok. Sementara yang tidak menggunakan APD berisiko 3,71 kali mendapatkan gangguan paru dibandingkan yang menggunakan APD.



## BAB VI PEMBAHASAN

### 6.1 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini mempunyai keterbatasan-keterbatasan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Keterbatasan-keterbatasan tersebut, yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan desain studi *cross sectional* atau desain potong lintang yang hanya menggambarkan variabel yang diteliti, baik independen maupun dependen berdasarkan pengamatan pada satu saat saja sehingga tidak bisa melihat adanya hubungan sebab akibat.
2. Kerangka konsep yang digunakan dalam penelitian ini hanya menghubungkan variabel-variabel yang diduga berhubungan dengan variabel dependen, sehingga masih ada variabel-variabel lain yang ada di dalam kerangka teori yang belum masuk dalam kerangka konsep yang diduga berhubungan dengan variabel dependen.
3. Karena penelitian ini menggunakan data sekunder berupa hasil *medical check up* khususnya hasil pemeriksaan spirometri maka variabel-variabel yang diteliti hanya terbatas pada variabel yang datanya tersedia dalam hasil *medical check up* yaitu hasil pemeriksaan paru. Sedangkan variabel-variabel lain yang ada dalam kerangka teori tidak tersedia dalam data hasil *medical check up*.
4. Data *medical check up* yang digunakan adalah data terakhir yaitu data tahun 2007 sampai dengan tahun 2010, hal ini dikarenakan tidak setiap pekerja melakukan pemeriksaan secara rutin setiap tahun.
5. Data sekunder dari hasil pengisian kuesioner dari pekerja disetiap unit kegiatan, kemungkinan banyak pekerja yang tidak mengisi sesuai dengan kenyataan, hal ini dikarenakan para pekerja takut jika di *non shift*-kan.
6. Data pembacaan pengukuran spirometri belum tentu benar walaupun dilakukan oleh petugas yang sudah memenuhi standar kompetensi;
7. Data sekunder hasil pengukuran kadar debu ruangan dengan menggunakan metode LVS (*Low Volume Sample*) di setiap titik dengan waktu pengukuran selama 10 menit dapat dimungkinkan pada saat pengambilan sampel dalam

kondisi normal atau tidak dalam kondisi konsentrasi debu sangat tinggi (proses *charging*, *penetration* atau penuangan);

8. Hasil pengisian kuesioner sangat tergantung kepada kejujuran pekerja pada saat pengisian.

## 6.2 Gangguan Fungsi Paru Pekerja Di PT. KS Tahun 2010

Pada penelitian terhadap 142 pekerja di unit Slab Steel Plant 1 PT. KS terdapat pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 72 orang atau 50.7% dan yang tidak mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 70 Orang atau 49.3%. Pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru dapat dipengaruhi oleh besar konsentrasi debu ruangan yang berbeda-beda pada setiap lokasi dimana pekerja tersebut berada melakukan aktivitas pekerjaan. Hal ini sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa Partikel yang berukuran kurang dari 2 mikron akan berhenti di bronkiolus respiratorius dan alveolus. Partikel yang berukuran kurang dari 0,5 mikron biasanya tidak sampai mengendap di saluran pernapasan akan tetapi akan dikeluarkan lagi. Partikulat bersama polutan lain seperti ozon dan sulfurdioksida akan menimbulkan penurunan faal paru, sedangkan partikulat saja tidak menimbulkan gangguan faal paru pada orang normal. Gangguan faal paru yang terjadi adalah penurunan VEP 1 dan rasio VEP 2/KVP, yaitu gangguan obstruksi saluran napas, (permenkes No. 1022 tahun 2008)

## 6.3 Konsentrasi Debu (*Total Suspended Particulate*) Ruangan

Pada penelitian ini, terdapat 13 lokasi kerja di unit Slab Steel Pant 1 dengan konsentrasi rata-rata debu berkisar antara  $1.54 \text{ mg/m}^3$  sampai dengan  $11.10 \text{ mg/m}^3$  dengan mean sebesar 7.44 dan median 9.16, sehingga baik responden dengan konsentrasi debu (TSP)  $\geq 9.16 \text{ mg/m}^3$  maupun responden dengan konsentrasi  $< 9.16 \text{ mg/m}^3$  cenderung mempunyai gangguan obstruksi paru. Angka 9.16 jika dihitung berdasarkan reliabilitas alat sebesar 10 % maka bisa jadi konsentrasi  $10.12 \text{ mg/m}^3$  atau  $8.28 \text{ mg/m}^3$ . Berdasarkan hal tersebut maka perlu mengetahui konsentrasi debu ruangan secara kontinyu dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas. Nilai Ambang Batas atau *Threshold Limit Value* (TLV) adalah kadar yang pekerja sanggup menghadapinya dengan tidak

menunjukkan penyakit atau kelainan dalam pekerjaan mereka sehari-hari untuk waktu 8 jam sehari dan 40 jam seminggu (Suma'mur PK, 2009). NAB dinyatakan dengan “juta partikel per meter kubik udara” disingkat JPPMK atau *million of particke per cubik meter of air* (mppcm).

Analisa bivariat untuk menunjukkan hasil uji signifikansi didapatkan tidak ada hubungan antara konsentrasi debu (TSP) di dalam ruangan kerja terhadap terjadinya gangguan paru diperoleh nilai  $p=0.315$  ( $P>0.05$ ) dan nilai  $OR=0.7$ .

Pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Lin Yuarni (2003) pada pekerja pabrik semen didapati tidak ada hubungan antara kadar debu total konsentrasi terhadap terjadinya kelainan fungsi paru obstruktif. Hal ini tersebut dapat dilihat dari besarnya nilai  $p = 0.463$  ( $p > 0.05$ ) dan  $OR=0.506$ . demikian juga halnya dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahutami (2002) pada pekerja pabrik saniter di Jawa Barat menunjukkan adanya hubungan antara kadar debu total di atas NAB (16.54 mg/hari) dan adanya kelainan fungsi paru. Dalam penelitian tersebut diperoleh nilai  $p=0.004$  dan  $OR=1.222$ . Penelitian yang sama mengenai hubungan debu dengan dengan gangguan fungsi paru dilakukan oleh Widiartha (1984), terhadap pembuatan ukiran batu paras di Bali, menemukan kadar debu total sebesar 1.905 mg/hari, nilai ini masih di bawah nilai ambang batas. Pada penelitian ini didapati tidak ada hubungan bermakna antara kadar debu total terhadap adanya kelainan fungsi paru. Serta Pada penelitian Pricella Maulana (2002) mengenai pengaruh debu organik terhadap kesehatan paru kerjadi di pabrik bumbu berdasarkan studi crossectional dengan uji statistik menunjukkan hubungan bermakna antara konsentrasi debu organik dengan terjadinya gangguan kesehatan paru pekerja berupa berdahak kronik dengan nilai  $p= 0.0045$  dan  $OR=1.463$  dan Batuk Kronik nilai  $p=0.002$  dan  $OR=1.744$ .

Menurut Wallaert (1990), terdapat dua penyebab utama terjadinya gangguan fungsi paru obstruksif pada kelompok orang yang selalu terpajan debu. Penyebab pertama adalah lama konsentrasi debu berlangsung di atas 10 tahun. Sedangkan penyebab kedua adalah kadar debu yang memajani seseorang harus melebihi Nilai Ambang Batas (NAB).

Pada penelitian ini, sebagian besar pekerja (83.3%) yang menjadi subyek penelitian telah bekerja pada ruangan berdebu selama lebih dari 10 tahun, tetapi sebagian besar (41%) dari mereka bekerja pada ruangan dengan kadar debu total di bawah Nilai Ambang Batas.

Dengan demikian dapat dipahami apabila dalam penelitian ini tidak di jumpai adanya hubungan yang signifikan antara konsentrasi debu total dan kejadian gangguan fungsi.

Walaupun tidak ada hubungan antara konsentrasi debu total dan kejadian fungsi paru, namun pekerja yang berada di lokasi unit Slab Steel Plant 1 dengan konsentrasi debu rata-rata 1.54 hingga 11.10 mg/m<sup>3</sup> terdapat 72 pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru (obstruktif, restriktif dan Kombinasi obstruktif dan restriktif) dengan demikian nilai ambang batas 10 mg/m<sup>3</sup> belum tentu aman terhadap kesehatan pekerja jika para pekerja bekerja lebih dari 10 tahun.

#### **6.4 Umur Responden**

Kelompok umur yang digunakan sebagai dasar penelitian dilakukan dua pengelompokan umur responden, yaitu kurang dari 31 tahun dan lebih atau sama dengan 31 tahun. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan untuk menjaring pekerja dengan lama bekerja sama dengan atau di atas 10 tahun berdasarkan rata-rata usia masuk kerja 20 tahun dengan lama pajanan 10 tahun maka ditentukan cut off usia di 31 tahun. Responden dengan umur  $\geq 31$  tahun sebanyak 128 orang atau 90.1 % sedangkan yang berusia  $< 31$  tahun sebanyak 14 orang atau 9.9 %.

Analisa bivariat untuk menunjukkan hasil uji signifikansi, didapatkan baik kelompok umur kurang dari 31 tahun maupun lebih atau sama dengan 31 tahun tidak mempunyai hubungan yang signifikan antara umur dengan gangguan fungsi paru. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis yang menunjukkan nilai  $p=0.237$  ( $P>0.05$ ) dan nilai  $OR=1.98$  menunjukkan pekerja yang mempunyai umur lebih atau sama dengan 31 tahun beresiko mendapat gangguan fungsi paru sebanyak 1.98 kali dibanding dengan yang berumur kurang dari 31 tahun.

Menurut naskah lengkap workshop COPD pada pertemuan ilmiah Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi 2003, secara fisiologis fungsi paru seseorang akan mengalami penurunan selaras dengan bertambahnya usia. Fungsi



paru seorang akan berkembang dari masa bayi dan anak-anak selanjutnya mengalami puncak pada usia 15-25 tahun, dan mulai menurun pada usia setelah 25 tahun.

Informasi tersebut sangat penting karena berhubungan dengan penentuan nilai prediksi fungsi parunya saat dilakukan pemeriksaan spirometri tanpa nilai prediksi yang sesuai pemeriksaan spirometri tidak dapat dimanfaatkan sebagai petunjuk adanya kelainan fungsi paru. Meskipun fungsi paru menurun selaras dengan bertambahnya usia, hal tersebut tidak pernah berhubungan langsung dengan kejadian kelainan fungsi paru.

Dengan demikian dapat dipahami apabila dalam penelitian ini tidak terdapat adanya hubungan antara umur pekerja yang menjadi subyek penelitian dan kejadian gangguan fungsi paru, meskipun sebagian besar 128 pekerja atau (90.1%) usianya di atas 31 tahun.

### **6.5 Lama Bekerja**

Lama bekerja atau masa kerja pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu kurang dari 10 tahun dan lebih besar atau sama dengan 10 tahun. Pada penelitian ini didapatkan bahwa mayoritas pekerja berjumlah 114 orang atau 80.3% sudah bekerja lebih atau sama dengan 10 tahun.

Analisa bivariat untuk menunjukkan hasil uji signifikansi, didapatkan tidak ada hubungan yang signifikan antara lama bekerja dan gangguan fungsi paru. Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $p = 0.354$  ( $p > 0.05$ ) dan nilai OR = 1.48. menunjukkan pekerja yang mempunyai masa kerja lebih atau sama dengan 10 tahun beresiko mendapat gangguan fungsi paru sebanyak 1.48 kali dibanding dengan yang mempunyai masa kerja kurang dari 10 tahun. Hal ini sesuai dengan penelitian Naik Suryanta 2009, menyebutkan bahwa masa kerja tidak mempunyai hubungan langsung terhadap terjadinya gangguan pernafasan tetapi dapat menjadi faktor risiko terjadinya gangguan fungsi pernafasan. Keadaan ini disebabkan oleh karena variabel masa kerja tidak secara langsung atau tidak dapat berdiri sendiri untuk mempengaruhi gangguan pernafasan, sehingga memerlukan variabel lain untuk bersama-sama mempengaruhi gangguan fungsi pernafasan. Kemungkinan lain yaitu debu yang terhirup membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat

menimbulkan gangguan pernafasan, karena setiap jenis debu organik maupun anorganik sampai menimbulkan gangguan pernafasan mempunyai jangka waktu berbeda, tergantung konsentrasi atau kadar serta ukuran debu tersebut dan hal lain kemungkinan adalah adanya kerentanan pekerja terhadap *pollutan*.

Sesuai dengan prinsip di atas maka masa kerja tidak dapat berdiri sendiri sebagai faktor resiko atas terjadinya gangguan fungsi paru.

Dengan demikian, dapat dipahami apabila dalam penelitian ini tidak didapati adanya hubungan antara lama bekerja dengan kejadian kelainan fungsi paru, meskipun sebanyak 114 pekerja atau 80.3% telah bekerja selama lebih dari 10 tahun.

#### **6.6 Kebiasaan Merokok**

Kebiasaan merokok dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua, yaitu merokok dan tidak merokok serta tidak menghitung berapa banyak batang rokok yang pernah dihisap oleh pekerja.

Analisa bivariat untuk menunjukkan hasil uji signifikansi, didapatkan adanya hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dengan kejadian kelainan fungsi paru. Hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai  $p = 0.000$  ( $p > 0.05$ ) dan  $OR = 4.75$ . menunjukkan pekerja yang mempunyai kebiasaan merokok beresiko mendapat gangguan fungsi paru sebanyak 4.75 kali dibanding dengan yang tidak merokok. Hal ini sesuai dengan penelitian Joko Suyono, 2001 yang menyebutkan Inhalasi asap tembakau baik primer maupun sekunder dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan pada orang dewasa. Asap rokok mengiritasi paruparu dan masuk ke dalam aliran darah. Merokok lebih merendahkan kapasitas vital paru dibandingkan beberapa bahaya kesehatan akibat kerja. Pengaruh asap rokok dapat lebih besar dari pada pengaruh debu hanya sekitar sepertiga dari pengaruh buruk rokok (Depkes RI, 2003). Rokok dapat meningkatkan kekerapan kelainan paru, dengan demikian rokok memperburuk efek debu terhadap paru, merupakan kesimpulan dari Kurniawidjaya, 1994.

Demikian juga dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zulmiar Yanri (1996), yang telah melakukan penelitian tentang pengaruh debu semen terhadap kelainan fungsi paru dan penyakit paru di Semen Padang, mendapatkan adanya

hubungan yang kuat antara merokok dengan kejadian penyakit paru pada para pekerja.

Pada penelitian Lin Yuarni (2003) menyebutkan, secara teori, perokok terbagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok pertama adalah mereka yang tetap memiliki fungsi paru yang baik sesuai dengan usianya saat melakukan pemeriksaan spirometri. Kelompok tersebut secara genetis memang tidak dapat terpengaruh oleh akibat buruk asap rokok yang masuk kedalam saluran nafasnya, karena didalam tubuhnya terdapat mekanisme yang dapat mengeliminasi racun-racun yang terdapat dalam asap rokok. Sedangkan kelompok kedua adalah mereka yang sensitif terhadap asap rokok. Pada kelompok ini akan terjadi bronkitis kronis, emfisema atau menimbulkan asma. Ketiga, kelainan tersebut adalah penyebab utama terjadinya gangguan fungsi paru obstruktif.

Hal ini sesuai dengan pendapat Golding JF, 1990 yang menyebutkan merokok dapat memicu terjadinya bronkitis kronis karena adanya iritasi kronis pada selaput lendir (mukosa) saluran nafas. Selanjutnya terjadi hipertrofi selaput lendir dan hipersekresi lendir (mukus). Merokok juga mengakibatkan gagalnya mekanisme pertahanan saluran nafas yang terjadi karena rusaknya silia atau tidak aktifnya makrofag.

Dalam penelitian ini tidak dilakukan pendataan tentang lamanya kebiasaan merokok para pekerja yang menjadi subyek penelitian, sehingga bukan tidak mungkin terdapat banyak perokok yang memulai kebiasaannya kurang dari masa yang diperlukan untuk terjadinya gangguan fungsi paru.

Telah diketahui bahwa kebiasaan merokok dapat dibagi menurut indeks Brinkman menjadi bukan perokok, perokok ringan, perokok sedang dan perokok berat. Dalam penelitian ini besarnya jumlah perokok ringan tidak dapat disingkirkan mengingat cara pengelompokannya yang kurang spesifik.

### **6.7 Riwayat Penyakit**

Pada penelitian ini, yang dimaksud dengan riwayat penyakit adalah pekerja yang pernah atau sedang menderita penyakit paru. Berdasarkan data, mayoritas pekerja tidak memiliki riwayat penyakit sebanyak 131 pekerja atau

92.3% dan hanya 11 pekerja atau (7.7%) yang mempunyai riwayat penyakit yaitu penyakit asma, alergi, bronchities dan jantung.

Analisa bivariat untuk menunjukkan hasil uji signifikansi, didapatkan tidak ada hubungan yang signifikan antara riwayat penyakit dan gangguan fungsi paru. Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $p = 0.056$  ( $p > 0.05$ ) dan nilai  $OR = 4.86$ . menunjukkan pekerja yang mempunyai riwayat penyakit paru beresiko mendapat gangguan fungsi paru sebanyak 4.86 kali dibanding dengan yang tidak mempunyai riwayat penyakit paru. Hal ini selaras dengan pendapat Shulman Stanford T, 1994, yang menyebutkan bahwa penyakit-penyakit yang berpengaruh terhadap volume udara dalam paru antara lain: bronchitis, emfisema, asma bronchial, tuberculosa paru dan pneumonia disamping penyebab lain seperti trauma dada, kelainan dinding dada dan tumor pada paru. Sesuai dengan prinsip di atas maka riwayat penyakit tidak dapat berdiri sendiri sebagai faktor resiko atas terjadinya gangguan fungsi paru obstruktif.

Dengan demikian, dapat dipahami apabila dalam penelitian ini tidak didapati adanya hubungan antara riwayat penyakit dengan kejadian kelainan fungsi paru.

### **6.8 Kebiasaan Olahraga**

Beberapa kebiasaan olah raga yang dilakukan oleh pekerja, yaitu senam aerobic, bersepeda, jalan cepat, sepak bola, berenang, bulu tangkis dan lari yang dilakukan dalam satu minggu ada yang kurang dari 3 kali dan ada yang lebih dari 3 kali, sehingga untuk kepentingan analisis data responden dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu berolah raga dan tidak berolah raga. Dari 142 responden yang mempunyai kebiasaan olahraga sebanyak 74 orang atau 52.1% dan yang tidak olahraga sebanyak 68 orang atau 47.9%.

Analisa bivariat untuk menunjukkan hasil uji signifikansi, didapatkan adanya hubungan yang tidak signifikan antara kebiasaan olahraga dengan kejadian kalainan fungsi paru. Hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai  $p = 0.872$  ( $p > 0.05$ ) dan  $OR = 0.95$ .

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Khumaidah, 2009. Menunjukkan ada hubungan antara kebiasaan olah raga pekerja dengan gangguan

fungsi paru menggunakan analisis statistik uji *chi square* diperoleh *p value* = 0,045 nilai  $X^2 = 2,605$  dan nilai *Odd Ratio* = 0,188 (95% CI = 0,033-1,072). Hal ini menunjukkan bahwa pekerja yang tidak melakukan olah raga mempunyai risiko terjadi gangguan fungsi paru sebesar 0,188 kali dibanding pekerja yang melakukan olahraga.

Namun demikian kemungkinan bagi pekerja yang tidak melakukan olah raga, secara tidak langsung dalam aktivitas sehari-hari mulai berjalan kaki dari pintu gerbang perusahaan berjalan kaki sampai dengan tempat kerja bisa dikatakan relatif jauh mengingat luas area perusahaan 2.815, 83 hektar dan aktifitas pekerjaanpun lebih banyak dilakukan secara fisik.

## 6.9 Kebiasaan Pemakaian APD

Penelitian ini membagi kebiasaan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) berupa masker debu menjadi tiga, yaitu kelompok pekerja yang selalu memakai APD, kelompok yang kadang-kadang menggunakan APD dan kelompok yang tidak menggunakan APD. Oleh karena dalam perhitungan distribusi responden menurut pemakaian APD didapatkan hanya 1 pekerja yang tidak menggunakan APD maka untuk penelitian ini hanya dibuat 2 kelompok saja, yaitu yang menggunakan APD dan kadang-kadang memakai APD.

Dalam penelitian ini didapatkan mayoritas pekerja memakai APD yaitu sebanyak 106 pekerja atau (74.6%) dan 36 pekerja atau (25.4%) yang kadang-kadang memakai APD. Diketahui pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 72 pekerja atau 50.7% dan 49 orang atau (34.5%) yang berkerja pada ruangan dengan kadar debu ruangan  $> 10 \text{ mg/m}^3$ .

Analisa bivariat untuk menunjukan hasil uji signifikansi, didapatkan adanya hubungan yang signifikan antara pemakaian APD dengan kejadian kalainan fungsi paru. Hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai  $p = 0.003$  ( $p < 0.05$ ) dan *OR* = 3.39 menunjukan pekerja yang kadang-kadang atau tidak memakai APD beresiko mendapatkan gangguan fungsi paru sebanyak 3.39 kali dibanding dengan pekerja yang memakai APD.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ratuhami (2002), yang melakukan penelitian pada pabrik saniter di Jawa Barat, mendapatkan adanya hubungan erat

antara pemakaian APD dan kejadian kelainan fungsi paru. Dalam penelitian tersebut, para pekerja terpajan debu total di atas nilai ambang batas (16.54 mg/hari), didapatkan nilai  $p=0.004$  ( $p<0.05$ ) dalam uji bivariat dan  $p=0.0002$  ( $p,0.05$ ) dalam uji multivariat dengan OP sebesar 11.43.

Dalam penilaian kebiasaan memakai APD tidak dapat dipisahkan dengan konsentrasi debu total konsentrasi. Pada lingkungan kerja dengan kadar debu total yang tinggi (di atas NAB) telah diketahui bahwa kebiasaan memakai APD yang baik dapat melindungi para pekerja dari resiko menderita kelainan fungsi paru. Sedangkan pada lingkungan kerja dengan kadar debu total konsentrasi yang rendah dapat diasumsikan bahwa pekerja tidak akan terpajan debu di atas NAB meskipun tidak menggunakan APD dengan baik. Hal ini sesuai dengan Frans Suharyanto, 2007. Yang menyebutkan Alat Pelindung Diri yang digunakan untuk alat pernafasan bertujuan untuk melindungi alat pernafasan terhadap gas, uap, debu atau udara di tempat kerja yang telah terkontaminasi dan sifat racun atau menimbulkan rangsangan. Tanpa alat pelindung diri, debu akan menimbulkan efek yang lebih buruk, terutama debu respirabel terhadap timbulnya kelainan klinis.

Kebiasaan memakai APD sesuai dengan tulisan Suharto, 2010. Alat pelindung Diri berfungsi melindungi tubuh manusia seperti mata, kepala, tangan dan kaki kontak dengan benda asing yang berbahaya. Pada manajemen limbah padat kimia, B3 maupun non B3 maka para operator dilapangan diwajibkan memakai APD terhadap limbah padat agar tidak terganggu kesehatannya. APD atau PPE bertujuan agar karyawan dapat dilindungi antara daerah berbahaya dan karyawan. APD merupakan pertahanan terakhir bagi para karyawan dari daerah berbahaya. Oleh sebab itulah pemilihan dan kriteria alat APD sangat diperlukan dan berbasis pada peraturan keselamatan kerja yang berlaku baik nasional maupun internasional.

#### **6.10 Hubungan Antara Kebiasaan Merokok dan Pemakaian APD dengan Gangguan Fungsi Paru Obstruktif**

Berdasarkan analisis bivariat didapatkan 2(dua) variabel yaitu pemakaian APD dan merokok yang mempunyai hubungan signifikan dengan gangguan

fungsi paru (obstruktif, restriktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif). Dari sekian banyak faktor-faktor yang mempengaruhi gangguan fungsi paru seperti yang tertulis dalam kerangka teori yaitu :

- Sumber pencemaran udara eksternal, yang disebabkan oleh letusan gunung, kebakaran hutan, pembakaran sampah, aktivitas transportasi, aktivitas pabrik di dalam komplek kawasan industri KS, aktivitas industri diluar kompleks kawasan industri KS
- Sumber pencemaran internal, yang dihasilkan dari aktivitas internal perusahaan yaitu proses pengangkutan besi tua, proses peleburan (*heat*), proses penuangan (*ladle*), proses *reheating furnace*
- Efektifitas peralatan pengendalian pencemaran debu (*dust collector system*) yang terpasang yaitu dust collector system primer yang terpasang di tungku peleburan (*furnace*) dan dust collector system sekunder yang terpasang di langit-langit atap ruang produksi yang biasa disebut dengan *canopy*.
- Karakteristik pekerja yaitu umur pekerja, lama bekerja atau masa kerja, kebiasaan merokok para pekerja, riwayat penyakit paru yang pernah atau sedang diderita oleh pekerja, kebiasaan olah raga yang dilakukan oleh pekerja dan kebiasaan pekerja memakai peralatan pelindung diri (APD).

Oleh karena keterbatasan data dalam penelitian maka dari sekian banyak faktor-faktor yang dapat menimbulkan gangguan fungsi paru (obstruktif, restriktif dan kombinasi obstruktif dan restriktif) tersebut, berdasarkan hasil analisis regresi logistik didapatkan 2 (dua) variabel yaitu kebiasaan merokok dengan nilai  $p = 0.000$ , nilai OR 5.02 dan pemakaian APD dengan nilai  $p = 0.000$ , nilai OR=3.71 yang dapat secara signifikan mempunyai hubungan dengan gangguan fungsi paru. Dengan nilai  $R^2$  model sebesar 0.246 atau 24.6% maka faktor-faktor pada gangguan fungsi paru mampu diterangkan sebesar 24.6%.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang diperoleh dari 142 responden pekerja pabrik peleburan baja unit Slab Steel Plant 1 PT. KS di Cilegon Banten pada tahun 2010 sebagai berikut :

1. Pada kadar konsentrasi debu rata-rata antara 1.54 – 11.10 mg/m<sup>3</sup> terdapat pekerja yang menderita gangguan fungsi paru sebanyak 72 pekerja atau (50.7%) dan yang tidak mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 70 pekerja atau (49.3%), sehingga tidak didapatkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi debu ruangan dengan gangguan fungsi paru.
2. Umur pekerja mempunyai hubungan yang tidak signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru;
3. Lama bekerja mempunyai hubungan yang tidak signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru;
4. Kebiasaan olahraga mempunyai hubungan yang tidak signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru;
5. Kebiasaan merokok mempunyai hubungan yang signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru;
6. Riwayat penyakit paru mempunyai hubungan yang tidak signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru;
7. Pemakaian APD mempunyai hubungan yang signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru.
8. Variabel kebiasaan merokok dan pemakaian APD jika dianalisis secara simultan maka kebiasaan merokok mempunyai hubungan yang signifikan dengan kejadian gangguan fungsi paru.



9. Variabel merokok merupakan faktor yang paling besar resikonya untuk mengalami gangguan fungsi paru.

## 7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka peneliti dapat memberikan saran untuk perbaikan sebagai berikut:

### 1. Bagi Pekerja

Perlu memperbaiki perilaku dengan selalu menggunakan Alat Pelindung Diri yang sesuai dengan keadaan, melakukan kebiasaan olah raga secara teratur, berhenti merokok, *check* kesehatan secara teratur dan meningkatkan peran aktif dalam kegiatan promosi kesehatan yang dilakukan oleh manajemen perusahaan.

### 2. Bagi Perusahaan

- Perusahaan agar melakukan pemantauan kualitas udara di semua ruangan kerja khususnya SSP 1 secara periodik, dengan menggunakan laboratorium eksternal yang sudah terakreditasi sebagai *cross check*;
- Pemilihan APD jenis respirator adalah yang paling tepat untuk melindungi pekerja dari udara yang terkontaminasi, dan pekerja dilatih menggunakan alat respirator terutama bagaimana mengidentifikasi dan evaluasi daerah bahaya;
- Melakukan pemantauan konsentrasi debu ruangan secara kontinyu ( 8 jam) sehingga dapat diperoleh data konsentrasi debu pada saat proses *charging*, *penetration* dan *ladle* dimana pada saat proses tersebut berlangsung dihasilkan konsentrasi debu yang cukup tinggi.
- Melakukan pemantauan pajanan debu kepada para pekerja dengan menggunakan peralatan Personal Dust sampler sehingga dosis pajanan debu dapat diketahui;
- Meningkatkan kinerja peralatan *dust collector system*, baik *dust collector* primer maupun sekunder sehingga semua debu dapat terhisap dan terkumpul di dalam *back house filter*;
- Promosi kesehatan yang sudah ada dapat dikembangkan berdasarkan suatu kerangka konsep berbasis kepada strategi, lokasi prioritas dan faktor-faktor

yang mempengaruhi sesuai dengan hasil pemeriksaan kesehatan berkala yang berhubungan dengan fungsi dan gambaran paru.

- Pemeriksaan kesehatan berkala yang berhubungan dengan fungsi paru yang telah dilakukan yaitu dengan foto thorax dan spirometer, sebaiknya menyertakan kadar debu pajanan terukur, dan data debu ruangan yang dipantau secara kontinyu (8 jam);
- Dimasa datang sebaiknya dibuat sistem yang terintegrasi dapat menyatukan antara data pemeriksaan kesehatan pekerja, data kualitas udara di dalam lingkungan kerja setiap unit kerja, data kualitas udara ambien dan data kualitas emisi udara sehingga analisis serta evaluasi terhadap kondisi kesehatan pekerja dapat menghasilkan kesimpulan yang lebih akurat.

### 3. Bagi Peneliti Lain

Dari hasil penelitian ini, diketahui bahwa faktor usia, lama bekerja, kebiasaan olah raga dan riwayat penyakit yang diteliti tidak terbukti berhubungan secara signifikan dengan gangguan paru. Oleh Karena itu, penulis menyarankan perlunya dilakukan penelitian yang sejenis dengan meneliti variabel-variabel lain yang berbeda dan lebih lengkap untuk memastikan terjadi hubungan yang signifikan antara pajanan debu TSP dan kejadian gangguan fungsi paru.

Penelitian dapat dikembangkan berdasarkan toksisitas masing-masing logam yang terkandung di dalam debu EAF dengan kandungan logam antara lain Cd, Pb, Cu, Ni dan Zn.

## DAFTAR PUSTAKA

- AM. Sugeng Budiono. (2003). *Bunga Rampai Hiperkes dan KK*. Semarang: Badan Penerbit Undip
- Anizar, 2009, *Teknik Keselamatan Dan Kesehatan Kerja di Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Budiono, Sugeng. (1990). *Pedoman Pelayanan Hiperkes dan Kesehatan Kerja*. Semarang: Tri Tunggal Tata fajar
- Barbara A. Plog. (2002), *Fundamentals Industrial Hygiene, 5 th. Edition*, USA.
- Creswel, (2010). *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta
- Daryanto,( 2010), *Proses Pengolahan Besi dan Baja (Ilmu Metalurgi)*, Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, Bandung.
- Depnaker RI, 1998. *Metode Pemeriksaan Fungsi Paru Dengan Menggunakan Spirometer, Badan Perencanaan Dan Pengembangan Tenaga Kerja, Pusat Hiperkes Dan Keselamatan Kerja, Proyek Pengembangan Hugiene Dan Keselamatan Kerja*, Jakarta
- Fatma Lestari, (2010), *Bahaya Kimia Sampling & Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Fishman, (1998), *Pulmonary Desease And Disorders*, International Edition, 3rd Edition
- Gempur Santoso, (2004) *Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja*, Prestasi Pustaka, Jakarta
- Guyton, Arthur C. 1991. *Fisiologi dan Mekanisme Penyakit*. Jakarta : EGC.
- Guyton dan Hall. 1997. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 9*. Jakarta : Buku Kedokteran EGC.
- Khumaidah, (2009), Tesis. Analisis Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Mebel Pt Kota Jati Furnindo Desa Suwawal Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara
- Kusnidar. *Tingkat Pencemaran Debu Tergadap di beberapa wilayah DKI Jakarta*. Majalah Sanitasi. Volume 1. Nomor 3, Edisi Agustus 2006
- Lin Yuarni (2003), Tesis, Studi debu Semen dan faktor-faktor Lain terhadap gangguan paru obstruktif

- Lemeshow S, et.al, (1997), *Besar Sampel Dalam Penelitian Kesehatan*, Terjemahan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Meily Kurniawidjaja,( 2010), *Teori dan Aplikasi Kesehatan Kerja*,Universitas Indonesia, Jakarta
- Mason R,J, (1995), *Occupational Lung Diseases In Wyngaarden JB, Smith LH eds, Cecil's Text Book Of Medicine, W.B. Saunders, Philadelphia.*
- Neneng Hasanah,( 2006). Tesis. Faktor-Faktor Resiko Yang Berhubungan Dengan Penyakit Jantung Koroner Pada Karyawan VICO Indonesia Muara Badak, Kalimantan Timur.
- Philip Kristianto. (2002), *Ekologi Industri*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Parkes, W.R., "*Inhaled Particles and their Fate in the Lungs*," *Occupational Lung Disorders*, 2nd ed., Boston, MA., 1983, p. 48-49.
- Riduwan, (2008), *Metode dan Teknik Menyusun Tesis*, Alfabeta, Bandung
- Raharjoe, N. Boediman, L dkk. 1994. *Perkembangan dan Masalah Pulmonology Anak Saat Ini*. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rabovsky, J., "*The Laboratory Studies On Silica Induced Toxicity and Relationship to Carcinogenicity*," *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, vol. 7, no. 3, 1997, p. 269.
- Suma'mur PK. (1995). *Hyperkes Kesehatan Kerja dan ergonomi*, Dharma Sakti Menara Agung Jakarta.
- Suma'mur PK. (2009). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Hiperkes)*. CV. Agung Seto, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 19-0232-2005, Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia Di Tempat Kerja
- Soekidjo Notoatmodjo. (2010), *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Suharto (2008), *Higiene Industri*, Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
- Soeripto M. (2008), *Limbah Kimia dalam Pencemaran Air dan Udara*, Andi Offset, Yogyakarta
- Soehatman Ramli. (2010), *Sistem manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001*, Dian Rakyat, Jakarta

The Scottish Health Education Group, 2006, June 30,  
(<http://www.anti.rokok.or.id/product.isi.org.htm>)

Wisnu Arya Wardhana, (2001), Dampak Pencemaran Lingkungan, Andi Offset,  
Yogyakarta

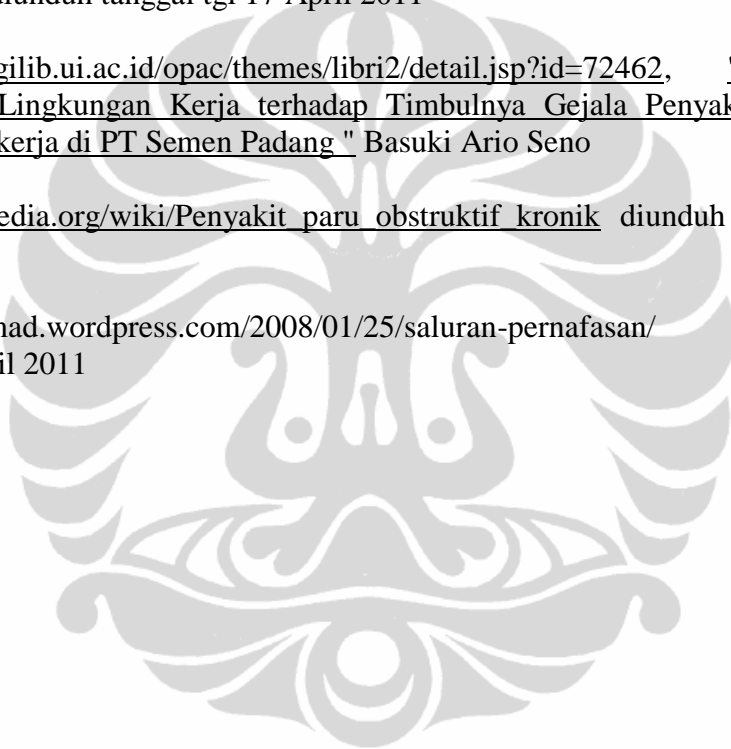
Yunus, F, (1997), *Dampak Debu Industri pada Paru Pekerja dan Pengendaliannya*, Cermin Dunia Kedokteran

<http://randyismail.wordpress.com/2010/11/18/pemantauan-dan-pengukuran-lk3-yang-efektif/> diunduh tanggal tgl 17 April 2011

<http://www.digilib.ui.ac.id/opac/themes/libri2/detail.jsp?id=72462>, "Hubungan Kadar Debu Lingkungan Kerja terhadap Timbulnya Gejala Penyakit Saluran Pernafasan Pekerja di PT Semen Padang" Basuki Ario Seno

[http://id.wikipedia.org/wiki/Penyakit\\_paru\\_obstruktif\\_kronik](http://id.wikipedia.org/wiki/Penyakit_paru_obstruktif_kronik) diunduh tanggal 7 Mei 2011

<http://rofiqahmad.wordpress.com/2008/01/25/saluran-pernafasan/> diunduh tanggal 24 april 2011



# Lampiran



# LAMPIRAN 1



**Holcim Indonesia (HIL) Laboratory**  
 PT. Holcim Indonesia Tbk  
 Narogong Plant  
 Jl. Raya Narogong KM.7 Bogor 16829  
 Telp. (+62-21) 8231 260 ext. 5296  
 Fax. (+62-21) 8234868  
[www.holcim.co.id](http://www.holcim.co.id)



## Prospecting Analysis Report

Our Reference : 3718  
 Customer ID : Geocycle Dept, PT. Holcim Indonesia  
 Sample Name : Debu EAF  
 Sample Source : Krakatau Steel  
 Collector/Transporter : Buana Krakatau Sejahtera  
 Date Received : 09-Jun-11  
 Date of Analyzed : 13-Jun-11  
 Date of Issued : 16-Jun-11

Fingerprint Analysis		Detail Analysis				
Test	Result	Parameter	Result	Unit	Method	
Physically *	Solid	Main Oxides	SiO2 *	35.93	USEPA-6010+3051	
Homogeneity *	Homogen		Al2O3 *	<0.08		%
Heterogeneity *	NA		Fe2O3 *	<0.01		%
Color *	NA		CaO *	<0.01		%
Odor *	None		MgO *	<0.001		%
pH estimate *	10-11		K2O *	<0.09		%
Sulfide *	< Detection		TiO2 *	55.49		%
Cyanide *	< Detection		P2O5 *	0.19		%
Oxidizer *	< Detection	Organics	S *	0.21	EPA-9020A	
Ammonia *	< Detection		Gross CV	NA	Kcal/Kg	ASTM D5468-02
Phenol *	< Detection		Ash *	96.61	%	ASTM D5488-02
Chlorine *	< Detection		Flash Point *	NA	Celsius	ASTM D93-02a
Water solubility *	Not soluble (sinks)	Trace Elements	Cl *	none	%	EPA-9020A
Water reactivity *	Not reactive		Cr	471.30	ppm	USEPA-6010+3051
Compatibility *	NA		Mn	9524.85	ppm	
Polymerisation *	NA		As	<0.073	ppm	
Radioactivity *	Negative		Cd	108.22	ppm	
Flammability *	Not flammable		Hg	<0.0001	ppm	
Viscosity *	NA		Tl	<0.007	ppm	
			Pb	6488.44	ppm	
			Ni	32.63	ppm	
			Co	27.03	ppm	
			Cu	431.81	ppm	
			V	827.44	ppm	
			Zn	78742.80	ppm	
			Sb	62.32	ppm	
			Se *	<0.121	ppm	
		Physical	Moisture *	NA	%	
			pH *	NA		ASTM D4980-89
			SG *	NA		ASTM D5057-80
			Viscosity *	NA	cP	ASTM D2196-05

Note : NA = Not Analyzed, \* Parameter diluar lingkup akreditasi

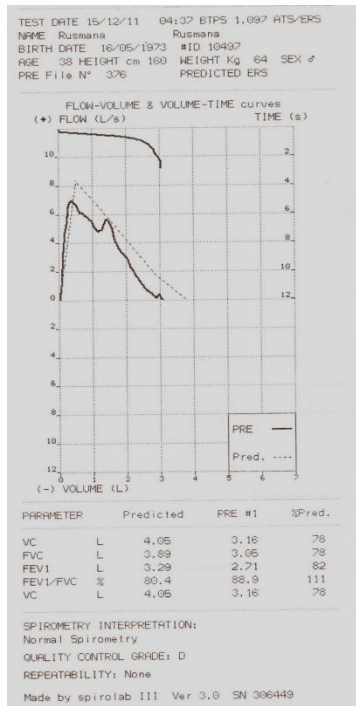
Comment : metal binder. Ash 96.61%

The test result(s) relate only to the sample(s) tested and the test report/certificate shall not be reproduced without written approval of Holcim Indonesia Laboratory

## LAMPIRAN 2

### GRAFIK PEMERIKSAAN SPIROMETRI

Contoh -1

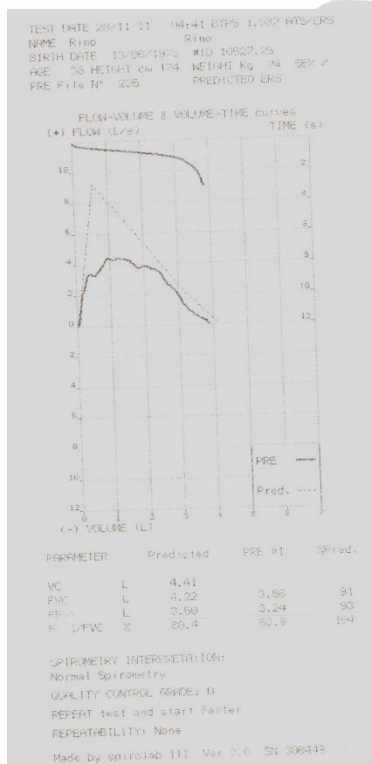


#### J. HASIL PEMERIKSAAN SPIROMETRI

UNSUR	V.PREDIKSI	HASIL UKUR	%	NORMA
FVC (KVP)	4050	3160	78%	> 80 %
FEV <sub>1</sub> (VEP <sub>1</sub> )	3890	3050	78%	> 75 %
FEV <sub>1</sub> /FVC (VEP <sub>1</sub> /KVP)				> 75 %

**KESIMPULAN**  
 Restriksi ringan

Contoh 2



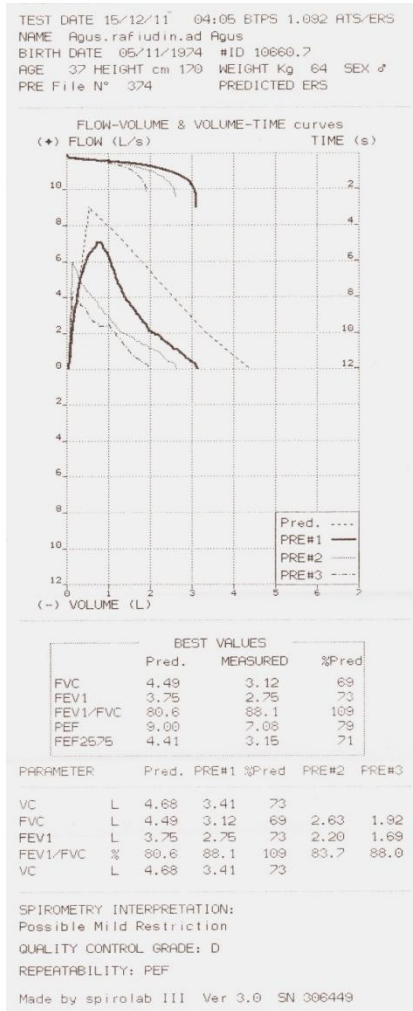
#### J. HASIL PEMERIKSAAN SPIROMETRI

UNSUR	V.PREDIKSI	HASIL UKUR	%	NORMA
FVC (KVP)	4220	3860	91%	> 80 %
FEV <sub>1</sub> (VEP <sub>1</sub> )	3500	3240	93%	> 75 %
FEV <sub>1</sub> /FVC (VEP <sub>1</sub> /KVP)	-	-	#####	> 75 %

**KESIMPULAN**  
 Normal



### Contoh 3



#### J. HASIL PEMERIKSAAN SPIROMETRI

UNSUR	V.PREDIKSI	HASIL UKUR	%	NORMA
FVC (KVP)	4490	3120	69%	> 80 %
FEV1 (VEP1)	3750	2750	73%	> 75 %
FEV1 /FVC (VEP1/KVP)				> 75 %

#### KESIMPULAN

Restriksi ringan dan Obstruksi ringan

## LAMPIRAN 3

Data Lokasi Responden dan Gangguan Fungsi Paru

NO	ID	LOKASI KERJA	Kode Lokasi	Hasil Debu (Mg/m <sup>3</sup> )	SPIROMETRI			
				Thn. 2010	Normal	Rest	Obst	Campuran
1	12	Refractory Tundish	12	6.24	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
2	60	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
3	21	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
4	25	Refractory Ladle	11	10.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
5	30	Concast Machine 1	9	6.52	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
6	70	Slab Yard	13	1.54	Normal	-	-	-
7	67	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	Normal	-	-	-
8	59	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
9	44	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
10	46	Slab Yard	13	1.54	Normal	-	-	-
11	40	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
12	1	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
13	42	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	Normal	-	-	-
14	41	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
15	79	Concast Machine 1	9	6.52	Normal	-	-	-
16	91	Dedusting	1	11.10	Normal	-	-	-
17	136	Refractory Tundish	12	6.24	Normal	-	-	-
18	13	Refractory Tundish	12	6.24	Normal	-	-	-
19	137	Refractory Tundish	12	6.24	Normal	-	-	-
20	135	Refractory Tundish	12	6.24	Normal	-	-	-
21	7	Ladle Furnace 2	8	9.16	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
22	109	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	Normal	-	-	-
23	34	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
24	98	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	Normal	-	-	-
25	5	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
26	90	Concast Machine 1	9	6.52	Normal	-	-	-
27	119	Concast Machine 1	10	6.52	Normal	-	-	-
28	88	Concast Machine 1	9	6.52	Normal	-	-	-

NO	ID	LOKASI KERJA	Kode Lokasi	Hasil Debu (Mg/m <sup>3</sup> )	SPIROMETRI			
				Thn. 2010	Normal	Rest	Obst	Campuran
29	120	Concast Machine 1	10	6.52	Normal	-	-	-
30	123	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
31	63	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
32	8	Concast Machine 1	9	6.52	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
33	65	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
34	99	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	Normal	-	-	-
35	140	Slab Yard	13	1.54	Normal	-	-	-
36	35	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
37	73	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
38	14	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
39	33	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
40	26	Refractory Ladle	11	10.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
41	62	Ladle Furnace 1	7	9.30	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
42	114	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	Normal	-	-	-
43	22	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
44	89	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
45	92	Dedusting	1	11.10	Normal	-	-	-
46	95	Scrap Yard	22	9.92	Normal	-	-	-
47	24	Scrap Yard	2	9.92	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
48	115	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	Normal	-	-	-
49	48	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
50	96	Scrap Yard	2	9.92	Normal	-	-	-
51	36	Dedusting	1	11.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
52	97	Scrap Yard	2	9.92	Normal	-	-	-
53	54	Concast Machine 1	9	6.52	Normal	-	-	-
54	53	Concast Machine 1	9	6.52	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
55	45	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
56	38	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
57	4	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
58	39	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix

NO	ID	LOKASI KERJA	Kode Lokasi	Hasil Debu (Mg/m3)	SPIROMETRI			
				Thn. 2010	Normal	Rest	Obst	Campuran
59	3	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
60	83	Slab Yard	13	1.54	Normal	-	-	-
61	141	Slab Yard	13	1.54	Normal	-	-	-
62	139	Slab Yard	13	1.54	Normal	-	-	-
63	6	Dedusting	1	11.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
64	100	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	Normal	-	-	-
65	32	Dedusting	1	11.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
66	127	Ladle Furnace 1	7	9.30	Normal			
67	61	Ladle Furnace 1	7	9.30	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
68	11	Ladle Furnace 2	8	9.16	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
69	129	Ladle Furnace 2	8	9.16	Normal	-	-	-
70	94	Dedusting	1	11.10	Normal	-	-	-
71	128	Ladle Furnace 1	7	9.30	Normal	-	-	-
72	130	Ladle Furnace 2	8	9.16	Normal	-	-	-
73	29	Dedusting	1	11.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
74	15	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
75	74	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
76	18	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
77	142	Slab Yard	13	1.54	Normal	-	-	-
78	20	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
79	121	Concast Machine 1	10	6.52	Normal	-	-	-
80	19	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
81	58	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
82	122	Concast Machine 1	10	6.52	Normal	-	-	-
83	80	Concast Machine 1	9	6.52	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
84	82	Concast Machine 1	9	6.52	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
85	9	Concast Machine 1	9	6.52	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
86	68	Scrap Yard	2	9.92	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
87	57	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
88	56	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
89	87	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
90	2	Concast	10	6.40	Normal	-	-	-

NO	ID	LOKASI KERJA	Kode Lokasi	Hasil Debu (Mg/m <sup>3</sup> )	SPIROMETRI			
				Thn. 2010	Normal	Rest	Obst	Campuran
		Machine 2						
91	85	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
92	51	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
93	77	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
94	66	Dedusting	1	11.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
95	37	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
96	86	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
97	81	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
98	50	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
99	47	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
100	131	Refractory Ladle	11	10.10	Normal	-	-	-
101	101	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	Normal	-	-	-
102	71	Refractory Tundish	12	6.24	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
103	72	Refractory Ladle	11	10.10	-	Obstruksi sedang	Restriksi ringan	Mix
104	102	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	Normal	-	-	-
105	93	Dedusting	1	11.10	Normal	-	-	-
106	124	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
107	84	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
108	27	Refractory Ladle	11	10.10	Normal	-	-	-
109	132	Refractory Ladle	11	10.10	Normal	-	-	-
110	69	Slab Yard	13	1.54	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
111	103	Electric Arc Furnace 5	3	10.70	Normal	-	-	-
112	28	Refractory Tundish	12	6.24	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
113	76	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
114	52	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
115	78	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
116	49	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
117	125	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-
118	126	Concast Machine 2	10	6.40	Normal	-	-	-

NO	ID	LOKASI KERJA	Kode Lokasi	Hasil Debu (Mg/m3)	SPIROMETRI			
				Thn. 2010	Normal	Rest	Obst	Campuran
119	104	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	Normal	-	-	-
120	116	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	Normal	-	-	-
121	43	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	Normal	-	-	-
122	55	Concast Machine 1	9	6.52	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
123	118	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	Normal	-	-	-
124	105	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	Normal	-	-	-
125	106	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	Normal	-	-	-
126	107	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	Normal	-	-	-
127	134	Refractory Ladle	11	10.10	Normal	-	-	-
128	133	Refractory Ladle	11	10.10	Normal	-	-	-
129	108	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	Normal	-	-	-
130	31	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
131	110	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	Normal	-	-	-
132	111	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	Normal	-	-	-
133	23	Scrap Yard	2	9.92	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
134	112	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	Normal	-	-	-
135	113	Electric Arc Furnace 7	5	9.60	Normal	-	-	-
136	75	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
137	16	Electric Arc Furnace 6	4	10.10	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
138	117	Electric Arc Furnace 8	6	10.20	Normal	-	-	-
139	10	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
140	64	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi ringan	Mix
141	17	Concast Machine 2	10	6.40	-	Obstruksi ringan	Restriksi sedang	Mix
142	138	Refractory Tundish	12	6.24	Normal	-	-	-

## LAMPIRAN 4

No. Kuesioner

### KUESIONER PENELITIAN PAJANAN DEBU

Petunjuk Pengisian Kuesioner :

1. Isilah kuesioner secara berurutan.
2. Isilah jawaban pada titik-titik yang disediakan dengan jelas dan menggunakan pulpen.
3. Lingkarilah atau berikan tanda (X) sesuai dengan jawaban dari pertanyaan yang tersedia.

#### I. KARATERISTIK RESPONDEN

1. Nama Responden : .....
2. Jabatan : .....
3. NIK : .....
4. Tanggal Lahir : .....
5. Umur : .....
6. Kapan anda mulai bekerja di PT. KS : .....
7. Berapa jam dalam sehari anda bekerja : .....
8. Kapan Terakhir Melakukan *Medical Check Up* atau Pemeriksaan Kesehatan Paru : .....

#### II ALAT PELINDUNG PERNAFASAN

1. Apakah di tempat kerja Anda bekerja disediakan alat pelindung Pernafasan (masker)? (pilih satu jawaban)
  - a. Ya
  - b. Tidak
2. Jika Ya, Apakah Anda menggunakan /memakainya pada saat sedang bekerja? (pilih satu jawaban)
  - a. Ya
  - b. Kadang-kadang
  - c. Tidak
3. Bila Anda menggunakan masker, jenis apakah alat pelindung pernafasan yang sering Anda gunakan ? (pilih satu jawaban yang paling sering)
  - a. Masker Kain
  - b. Respirator
  - c. Tidak tau
  - d. Lainnya:.....

4. Apakah pelatihan/training tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) ?
- a. Ya
  - b. Tidak

## II MASA KERJA

5. Sudah berapa lama anda bekerja di bagian kerja saat ini ?
- a. < 10 tahun
  - b.  $\geq$  10 Tahun

## III PEMERIKSAAN SPIROMETRI

6. Apakah Anda pernah dilakukan pemeriksaan Spirometri :
- a. Ya
  - b. Tidak
7. Kapan dilakukan pemeriksaan spirometri :
- a. < 1 tahun
  - b.  $\geq$  1 tahun
8. Hasil dari pemeriksaan Spirometri
- a. < Normal
  - b. Tidak Normal

## IV. KEBIASAAN OLAH RAGA

9. Apakah anda melakukan olah raga? :
- a. Ya
  - b. tidak
10. Jika ya, jenis olah raga apa yang anda lakukan:
- a. Fitness
  - b. Lari
  - c. Lainnya:.....
11. Berapa frekuensi olah raga dalam 1 minggu:
- a. < 3 kali
  - b. > 3 kali

## V FAKTOR INTRINSIK DAN STATUS KESEHATAN

12. Apakah Anda pernah bekerja di perusahaan lain **yang ruang kerjanya berdebu** sebelum bekerja di perusahaan tempat Anda bekerja sekarang ?
- a. Pernah
  - b. Tidak Pernah



