

TESIS

**PENGARUH PAPARAN DEBU DAN KARAKTERISTIK INDIVIDU  
TERHADAP KAPASITAS PARU PADA TENAGA KERJA DI  
UNIT PRODUKSI DI PT. INDUSTRI KAPAL INDONESIA  
(PERSERO) MAKASSAR TAHUN 2024**

*THE EFFECT OF DUST EXPOSURE AND INDIVIDUAL  
CHARACTERISTICS ON LUNG CAPACITY IN LABO  
IN PRODUCTION UNITS AT PT. INDUSTRY  
INDONESIAN SHIP (PERSERO)  
MAKASSAR IN 2024*



**Ilma Helmalia Putri**

**K032212004**



**Program Studi S2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Hasanuddin  
Makassar  
2024**

**PENGARUH PAPARAN DEBU DAN KARAKTERISTIK INDIVIDU  
TERHADAP KAPASITAS PARU PADA TENAGA KERJA DI UNIT  
PRODUKSI DI PT. INDUSTRI KAPAL INDONESIA  
(PERSERO) MAKASSAR TAHUN 2024**

**ILMA HELMALIA PUTRI**

**K032212004**



**Program Studi S2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Hasanuddin  
Makassar  
2024**

**PENGARUH PAPARAN DEBU DAN KARAKTERISTIK INDIVIDU TERHADAP  
KAPASITAS PARU PADA TENAGA KERJA DI UNIT  
PRODUKSI DI PT. INDUSTRI KAPAL INDONESIA  
(PERSERO) MAKASSAR TAHUN 2024**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Keselamatan dan Kesehatan kerja

Disusun dan diajukan oleh

**ILMA HELMALIA PUTRI**

**K032212004**

Kepada

**Program Studi S2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Hasanuddin  
Makassar  
2024**

**TESIS**

**PENGARUH PAPARAN DEBU DAN KARAKTERISTIK INDIVIDU  
TERHADAP KAPASITAS PARU PADA TENAGA KERJA DI  
UNIT PRODUKSI DI PT. INDUSTRI KAPAL INDONESIA  
(PERSERO) MAKASSAR TAHUN 2024**

**ILMA HELMALIA PUTRI**

**K032212004**

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada 19 Juli 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

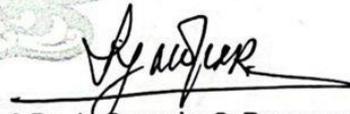
pada

**Program Studi S2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Hasanuddin  
Makassar**

Mengesahkan:

  
Pembimbing Utama  
Dr. dr. Masyitha Muis, MS  
NIP 19690901 199903 2 002

Pembimbing Pendamping,

  
Prof. Dr. dr. Syamsiar S. Russeng, MS  
NIP 19591221 198702 2 001

Ketua Program Studi S2  
Keselamatan dan Kesehatan  
Kerja,

  
Prof. Dr. dr. Syamsiar S. Russeng, MS  
NIP 19591221 198702 2 001

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Hasanuddin,

  
Prof. Sukri Paluttun, SKM., M.Kes., M.Sc.PH., Ph.D  
NIP.19720529 200112 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Pengaruh Paparan Debu dan Karakteristik Individu Terhadap Kapasitas Paru pada Tenaga Kerja di Unit Produksi di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar Tahun 2024" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Dr. dr. Masyitha Muis, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Prof. Dr. dr. Syamsiar S. Russeng, MS. Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun Kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di *Journal of Chemical Health Risks* sebagai artikel dengan judul "*The Effect of Dust Exposure and Individual Characteristics on Lung Capacity in Labor in Production Unit of the Indonesia Ship Industry (Persero) in Makassar*". Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin

Makassar, 19 Agustus 2024



Ilma Helmalia Putri

## PRAKATA

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan tesis ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan Dr. dr. Masyitha Muis, MS. sebagai Pembimbing I, Prof. Dr. dr. Syamsiar S. Russeng, MS. sebagai Pembimbing II, Prof. Dr. Atjo Wahyu, SKM., M. Kes. sebagai Penguji I, Prof. Yahya Thamrin, SKM., M. Kes., MOHS., Ph.D. sebagai Penguji II, dan Dr. Hj. A. Ummu Salmah, SKM., M.Sc. sebagai Penguji III. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Bapak Akbar Nur, ST selaku Manager K3 dan seluruh pekerja PT. IKI yang ikut berpartisipasi dan telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program magister serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.

Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada adik tercinta atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Makassar, 19 Agustus 2024



Ilma Helmalia Putri

## ABSTRAK

Ilma Helmalia Putri. **PENGARUH PAPARAN DEBU DAN KARAKTERISTIK INDIVIDU TERHADAP KAPASITAS PARU PADA TENAGA KERJA DI UNIT PRODUKSI DI PT. INDUSTRI KAPAL INDONESIA (PERSERO) MAKASSAR TAHUN 2024** (dibimbing oleh Masyitha Muis dan Syamsiar S. Russeng).

**Latar Belakang.** Paparan polutan membawa risiko infeksi saluran pernapasan atas. Penyakit saluran pernafasan merupakan penyakit akibat kerja yang ditemukan secara global di negara-negara berkembang. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan debu dan karakteristik individu terhadap kapasitas paru pada tenaga kerja di unit produksi PT. industri kapal Indonesia (Persero) Makassar. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode observasional analitik dengan pendekatan cross sectional study. Populasi penelitian adalah seluruh tenaga kerja bagian produksi di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar yaitu, sebanyak 100 pekerja dengan sampel berjumlah 72 dengan pengambilan sampel dengan metode menggunakan rumus lemeshow. Data diperoleh secara langsung dengan menggunakan alat dusttrak, spirometri, wawancara sesuai kuesioner. Analisis data dilakukan dengan menggunakan model chi-square dan regresi logistik dengan nilai  $P < 0,005$ , odds rasio (OR) dengan interval kepercayaan (CI) 95%, analisis jalur untuk mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung. Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan statistik deskriptif meliputi frekuensi, persentase, mean dan analisis regresi linier untuk variabel dan data dianalisis menggunakan SPSS 25.0 dan menggunakan analisis univariat, bivariat dan multivariat. **Hasil.** Hasil penelitian ini menunjukkan ada pengaruh paparan debu, ( $P=0,028$ ), penggunaan APD ( $P=0,000$ ), dan Riwayat penyakit ( $P=0,000$ ). Sedangkan, masa kerja ( $P=0,267$ ), kebiasaan merokok ( $P=1,000$ ) dan kebiasaan olahraga ( $P=0,241$ ) tidak berpengaruh secara positif dan signifikan dengan kapasitas paru; ada pengaruh masa kerja ( $P=0,019$ ), penggunaan APD ( $P=0,000$ ) dan Riwayat penyakit ( $P=0,000$ ). Sedangkan paparan debu ( $P=0,115$ ), kebiasaan merokok ( $P=1,000$ ) dan kebiasaan olahraga ( $P=0,112$ ) tidak berpengaruh secara positif dan signifikan dengan gangguan fungsi paru pada pekerja di PT IKI (Persero) Makassar. **Kesimpulan.** Kapasitas paru dapat dipengaruhi oleh paparan debu, riwayat penyakit, dan penggunaan APD, sedangkan gangguan fungsi paru dapat dipengaruhi oleh masa kerja, riwayat penyakit dan penggunaan APD. Oleh karena itu diharapkan pemeriksaan kesehatan secara berkala dan penyediaan alat pelindung diri (APD) bagi pekerja di unit produksi diperlukan untuk mengurangi risiko gangguan kapasitas paru dan fungsi paru.

Kata kunci : Paparan Debu; Karakteristik Individu; Kapasitas Paru; Tenaga Kerja



## ABSTRACT

Ilma Helmalia Putri. **THE INFLUENCE OF DUST EXPOSURE AND INDIVIDUAL CHARACTERISTICS ON LUNG CAPACITY IN WORKFORCE IN PRODUCTION UNITS AT PT. INDOONESIAN SHIP INDUSTRY (PERSERO) MAKASSAR IN 2024** (supervised by Masyitha Muis dan Syamsiar S. Russeng).

**Background.** Exposure to pollutants carries the risk of upper respiratory tract infection. Respiratory tract disease is an occupational disease found globally in developing countries. **Aim.** This study aims to determine the effect of dust exposure and individual characteristics on the lung capacity of workers in production units PT. Indonesian ship industry (Persero) Makassar. **Method.** This research uses an analytical observational method with a cross sectional study approach. The research population is all production workers at PT. Indonesian Ship Industry (Persero) Makassar, namely, as many as 100 workers with a sample of 72 by taking samples using the lemeshow formula. Data analysis was performed using the chi-square and logistic regression models with a P value of 0.005, odds ratio (OR) with a 95% confidence interval (CI), pathway analysis to determine the direct and indirect effects. Statistical analysis was performed using descriptive statistics including frequencies, percentages, means and linear regression analysis for variables and data were analyzed using SPSS 25.0 and using univariate, bivariate and multivariate analysis. **Results.** The results of this study showed that there was an influence of dust exposure ( $P=0.028$ ), use of PPE ( $P=0.000$ ), and history of illness ( $P=0.000$ ). Meanwhile, work experience ( $P=0.267$ ), smoking habits ( $P=1.000$ ) and exercise habits ( $P=0.241$ ) did not have a positive and significant effect on lung capacity; there was an influence of length of service ( $P=0.019$ ), use of PPE ( $P=0.000$ ) and history of illness ( $P=0.000$ ). Meanwhile, dust exposure ( $P=0.115$ ), smoking habits ( $P=1.000$ ) and exercise habits ( $P=0.112$ ) did not have a positive and significant effect on lung function disorders in workers at PT IKI (Persero) Makassar. **Conclusion.** Lung capacity can be influenced by exposure to dust, history of illness, and use of PPE, while lung function disorders can be influenced by work period, history of illness and use of PPE. Therefore, it is hoped that regular health checks and the provision of personal protective equipment (PPE) for workers in production units are needed to reduce the risk of impaired lung capacity and lung function.

**Keywords:** Dust Exposure; Individual Characteristics; Lung Capacity; Labor



## DAFTAR ISI

SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
1.5 Tinjauan Umum tentang Debu .....	7
1.6 Tinjauan Umum tentang Kapasitas Paru .....	15
1.8 Tinjauan Umum tentang Karakteristik Individu.....	19
1.9 Tinjauan Umum tentang Kapasitas Paru .....	21
1.12 Kerangka Teori .....	23
1.13 Kerangka Konsep .....	23
1.14 Hipotesis Penelitian .....	24
1.15 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif .....	24
BAB II METODE PENELITIAN.....	28
2.1 Jenis Penelitian.....	28
2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
2.3 Populasi dan Sampel Penelitian .....	28
2.4 Pengumpulan Data .....	29
2.5 Pengolahan dan Analisis Data .....	30
2.6. Penyajian Data.....	31

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....	32
3.1 Hasil Penelitian .....	32
3.2 Pembahasan.....	44
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....	61
4.1 Kesimpulan.....	61
4.2. Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> 72

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Distribusi Responden Berdasarkan Karakteristik Umur .....	33
Tabel 3.2	Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Pekerjaan .....	34
Tabel 3.3	Distribusi Paparan Debu Berdasarkan Titik Lokasi Pengukuran .....	34
Tabel 3.4	Distribusi Responden Berdasarkan Paparan Debu .....	35
Tabel 3.5	Distribusi Responden Berdasarkan Kapasitas Paru .....	35
Tabel 3.6	Distribusi Pekerjaan Responden Berdasarkan Kapasitas Paru .....	36
Tabel 3.7	Distribusi Responden Berdasarkan Gangguan Fungsi Paru.....	36
Tabel 3.8	Distribusi Responden Berdasarkan Masa Kerja.....	37
Tabel 3.9	Distribusi Responden Berdasarkan Kebiasaan Merokok .....	37
Tabel 3.10	Distribusi Responden Berdasarkan Kebiasaan Olahraga .....	38
Tabel 3.11	Distribusi Responden berdasarkan Penggunaan APD.....	38
Tabel 3.12	Distribusi Responden Berdasarkan Riwayat Penyakit .....	39
Tabel 3.13	Pengaruh Paparan Debu Dengan Gangguan Fungsi Paru .....	39
Tabel 3.14	Pengaruh Masa Kerja, Kebiasaan merokok, Kebiasaan Olahraga, Riwayat Penyakit dan Penggunaan APD Dengan Gangguan Fungsi Paru .....	40
Tabel 3.15	Hasil Analisis Multivariat Menggunakan Persamaan Regresi Logistik Berdasarkan Faktor yang Mempengaruhi Gangguan Fungsi Paru .....	43
Tabel 3.16	Besarnya Pengaruh Antar Variabel melalui Nilai Estimate.....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spirometer .....	21
Gambar 2.2	Kerangka Teori .....	23
Gambar 2.3	Kerangka Konsep.....	23
Gambar 3.1	Lokasi Titik Sampling .....	32

## DAFTAR SINGKATAN

APD	: Alat Pelindung Diri
ATS	: <i>American Thoracic Society</i>
DNA	: <i>Deoxyribo Nucleic Acid</i>
FEF	: <i>Forced EXPIRATORY FLOW</i>
FEV	: <i>Forced Expiratory Volume</i>
FVC	: Forced Vital Capacity
I	: Interval
IKI	: Industri Kapal Indonesia
ILO	: <i>International Labour Organization</i>
ISPA	: Infeksi Saluran Pernapasan Akut
KEPRES	: Keputusan Presiden
K3	: Keselamatan dan Kesehatan Kerja
KTP	: Kapasitas Total Paru-paru
KV	: Kapasitas Vital
KVP	: Kapasitas Vital Paksa
LFS	: <i>Labour Force Survey</i>
ML	: Milimeter
MSHA	: <i>Mine Safety and Health Administration</i>
MVV	: <i>Maximum Voluntary Ventilation</i>
NAB	: Nilai Ambang Batas
NIOSH	: <i>The National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NO	: Nomor
OLD	: <i>Occupational Lung Diseases</i>
OSHA	: <i>Occupational Safety &amp; Health Administration</i>
P2PL	: Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan
PAK	: Penyakit Akibat Kerja
PEFR	: <i>Peak Expiratory Flow Rate</i>
PERMENKES	: Peraturan Menteri Kesehatan
PPOK	: Penyakit Paru Obstruktif Kronik
PT	: Perseroan Terbatas
R	: Range
RD	: <i>Respiral Dust</i>
RI	: Republik Indonesia
RISKESDAS	: Riset Kesehatan Dasar
SPSS	: <i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TBC	: Tuberculosis
TLC	: <i>Total Lung Capacity</i>
UK	: <i>United Kingdom</i>
UU	: Undang-Undang
USB	: Universal Serial Bus
VR	: Volume Residual
WHO	: <i>World Health Organization</i>

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di era globalisasi membuat industri berkembang semakin pesat sehingga pemakaian berbagai jenis peralatan pekerjaan termasuk mesin-mesin dengan teknologi canggih digunakan agar dapat meningkatkan efisiensi maupun kualitas produksi dari berbagai industri. Berbagai peralatan yang digunakan pada industri dapat berupa penggunaan mesin alat produksi, bahan baku yang digunakan pada proses produksi dan sebagainya. Penggunaan mesin dan alat kerja, material, dan pelaksanaan proses produksi dapat menjadi sumber bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan maupun penyakit akibat kerja serta dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan maupun pekerja itu sendiri (Ramadhani et al., 2021).

Debu adalah partikel kimia padat yang terbentuk dari bahan organik atau anorganik seperti batu bara, kayu, bijih logam, batu gamping dan batu sebagai akibat dari gaya alam atau mekanik seperti pengolahan, penghancuran, penggilingan, pengepakan cepat, peniupan dan sejenisnya. Sifat debu adalah tidak berflokulasi (tidak menggumpal) kecuali ada tarikan listrik, tidak menyebar dan dibiarkan mengendap di bawah pengaruh gravitasi (Suma'mur, 2017).

Pada dasarnya debu sering digunakan sebagai indikator pencemaran untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun kesehatan dan keselamatan kerja. Efek kesehatan dari debu tergantung pada kelarutan debu, komposisi kimia, konsentrasi debu dan ukuran partikel. Paparan debu dapat menyebabkan hambatan aliran udara (penyakit obstruktif), penebalan dinding bronkus, peningkatan sekresi mukus, penurunan ambang refleks kontraksi dan batuk, serta peningkatan kerentanan terhadap infeksi saluran pernapasan dan gejala asma (Suyono, 1995).

Paparan debu termasuk dalam kelompok yang perlu mendapatkan perhatian serius, karena besarnya dampak yang dapat ditimbulkan, baik terhadap manusia maupun lingkungan. Paparan debu dapat menimbulkan berbagai penyakit pada manusia yang mengakibatkan gangguan fungsi paru dan kecacatan. Berbagai faktor yang berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran napas akibat debu adalah faktor-faktor yang meliputi ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, serta lama paparan debu (Bongakaraeng et al., 2019).

Lingkungan kerja yang terpapar debu konsentrasi tinggi dapat menyebabkan berbagai penyakit akibat kerja yang disebut *pneumoconiosis*, seperti *silikosis*, *asbestosis*, *hemosiderosis*, *byssinosis*, *antrakosis*, *bronkitis*, *beriliosis*, *pneumonitis* kimiawi, asma akibat kerja, *pneumonitis hipersensitivitas*, dan kanker paru-paru. Debu merupakan penyebab utama penyakit pernapasan dan penyakit pada manusia. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, konsentrasi, kelarutan, sifat kimia dan waktu paparan partikel. Debu yang terhirup oleh pekerja dapat menyebabkan penurunan

fungsi paru sampai stadium lanjut, yang dapat menurunkan elastisitas paru dan menurunkan volume udara (Widhiyanto, 2023).

Adapun bahaya debu terhadap kesehatan dimana debu merupakan bahan partikel apabila masuk ke dalam organ pernafasan manusia maka dapat mengakibatkan penyakit pada tenaga kerja berupa gangguan pernafasan yang ditandai dengan pengeluaran lendir secara berlebihan yang menimbulkan gejala utama yang sering terjadi adalah batuk, sesak nafas dan kelelahan umum (Tasidjawa, 2022). Dampak pajanan bahan-bahan berbahaya seperti polutan di tempat kerja dan lingkungan terhadap kesehatan, mengakibatkan bermacam-macam gangguan diantaranya ISPA. Penyakit saluran pernafasan merupakan penyakit akibat kerja pada industri yang sering dijumpai di negara berkembang, prevalensinya bervariasi antara 2-20% (Ningtyas, 2020).

Faktor yang sangat berpengaruh terhadap gangguan saluran pernafasan salah satunya disebabkan oleh debu yang terhirup. Semakin tinggi konsentrasi partikel debu dalam udara, jumlah partikel yang mengendap di paru juga akan semakin banyak (Sunuh & Subagyo, 2022).

Data dari *International Labour Organization* (ILO) tahun 2018 menyebutkan bahwa, menurut perkiraan ILO, lebih dari 1,8 juta kematian akibat kerja terjadi setiap tahunnya di kawasan Asia dan Pasifik. Bahkan dua pertiga kematian akibat kerja di dunia terjadi di Asia. Kurniawidjaja menyatakan pada tingkat global, lebih dari 2,78 juta orang meninggal setiap tahun akibat PAK. Data Kementerian Kesehatan mencatat jumlah kasus PAK yang terjadi di Indonesia masih sangat tinggi dari tahun 2011-2014 (tahun 2011 = 57.292 kasus, tahun 2012 = 60.322 kasus, tahun 2013 = 97.144 kasus, tahun 2014 = 40.694 kasus) (Zaman et al., 2022).

Data yang dilaporkan oleh *Internasional Labor Organization* (ILO) tercatat bahwa pada tahun 2005, ada sebanyak 250 juta kasus penyakit akibat kerja (PAK) dengan kasus penyakit paru tercatat lebih dari 30%. Penelitian yang dilakukan pada kawasan batu kapur, menyatakan bahwa 6 pekerja mengalami gangguan fungsi paru (Yulaekah et al., 2007). Penelitian di industri kerajinan cor aluminium, Yogyakarta, menunjukkan bahwa rerata dari debu total pada bagian produksi di pengecoran yaitu sebesar 0,65 mg/m<sup>3</sup> dan pembubutan 2,75 mg/m<sup>3</sup>. Hasil tersebut jika dibandingkan dengan Nilai Abang Batas (NAB) masih dibawah NAB yaitu 10 mg/m<sup>3</sup>. Faktor yang mempengaruhi gangguan fungsi paru di industri pengolahan kayu adalah jenis kelamin dan kebiasaan merokok. Penggunaan masker merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi fungsi paru akibat paparan debu di industri (Abidin et al., 2021).

*World Health Organization* atau WHO, memperkirakan bahwa pada tahun 2016 sekitar 3 juta kematian pertahun terkait dengan paparan polutan udara diluar ruangan, meski begitu polutan udara dalam ruangan bisa juga sama mematakannya. Diperkirakan lebih dari 6,5 juta kematian didunia (11,6%) berkaitan dengan pencemaran udara. Hampir 90% kematian yang diakibatkan oleh pencemaran udara berkaitan dengan negara yang memiliki nilai ekonomi rendah atau menengah, dimana 2 dari 3 kasus terjadi di wilayah Pasifik Barat dan Asia Tenggara, sekitar 94% disebabkan oleh penyakit tidak menular

terutama penyakit *stroke*, kanker paru-paru, kardiovaskular, Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) dan polutan udara juga dapat menambah potensi munculnya risiko infeksi saluran pernapasan akut (Tri Thursina, 2021). Data *World Health Organization* (WHO) tahun 2018 dilaporkan bahwa 7 juta orang di dunia meninggal setiap tahunnya karena pencemaran udara. Di Asia Tenggara lebih dari 2 juta orang meninggal akibat pencemaran udara (Suryadi et al., 2022).

Penyakit pernapasan merupakan salah satu jenis penyakit yang sering kali tidak disadari oleh pekerja sebagai penyakit yang diakibatkan oleh pekerjaan karena timbul setelah pekerja tidak lagi bekerja. Penyakit ini banyak ditemukan berhubungan pada lingkungan kerja yang memiliki banyak potensi bahaya. Salah satunya adalah bahaya kimiawi, yaitu potensi bahaya yang berasal dari bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi. Potensi bahaya kimiawi dapat mempengaruhi atau memasuki tubuh tenaga kerja melalui *inhalation* (pernapasan), *ingestion* (melalui mulut ke saluran pencernaan), dan *skin contact* (melalui kulit). Faktor kimiawi yang paling sering ada dan berbahaya di tempat kerja adalah debu (*Particulate matter*) (Halajur, 2019).

Penyakit sistem pernapasan akibat kerja sesuai dengan hasil riset *Labour Force Survey* (LFS) selama tiga tahun terakhir (2017, 2018 dan 2019) di Inggris Raya ditemukan 18.000 kasus baru penyakit paru yang berhubungan dengan pekerjaan (*Health Safety Executive UK, 2021*) (*Health Safety, 2021*). Penyakit gangguan paru akibat kerja di Indonesia diperkirakan memiliki angka cukup banyak meskipun data yang ada masih kurang. Hasil pemeriksaan kapasitas paru yang dilakukan di Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Sulawesi Selatan tahun 1999 terhadap 200 tenaga kerja di delapan perusahaan, diperoleh hasil sebesar 45% responden yang mengalami *restrictive* (*penyempitan paru*), 1% responden yang mengalami *obstructive* (*penyumbatan paruparu*), dan 1% responden mengalami *combination* (*gabungan antara restrictive dan obstructive*) (Darmawan., 2013).

Di negara Indonesia menempati urutan nomor 8 dari 15 negara dengan tingkat pencemaran udara paling mematikan di dunia dengan angka kematian mencapai 50 ribu jiwa tiap tahunnya (Suryadi et al., 2022).

Berdasarkan laporan dari *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) angka kematian terkait penyakit paru akibat kerja, atau yang oleh publikasi internasional disebut sebagai “penyakit paru akibat kerja” *Occupational Lung Diseases* (OLD) adalah Diperkirakan sekitar 70% dari semua kematian adalah penyakit paru-paru yang berhubungan dengan pekerjaan. Kematian terkait. Penyakit pernafasan umumnya disebabkan oleh paparan partikel debu yang menurunkan kualitas udara ke tingkat yang berbahaya bagi kesehatan, yang pada akhirnya menyebabkan dan memperparah penyakit pernafasan seperti ISPA (Wahyuni et al., 2019).

Prevalensi *pneumonia* menurut Riskesdas Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2018 sebesar 1,62 menurut diagnosis tenaga kesehatan, menurut diagnosis atau gejala responden sebesar 5,07, jumlah penderita sebanyak 50.127 orang. Sedangkan menurut data Riskesdas tahun 2018 dari Provinsi

Sulawesi Selatan prevalensi ISPA sebesar 1,85% dengan diagnosis atau gejala yang dialami oleh 8,26% responden dan total 50.127 pasien (Risikedas, 2018).

Di Kota Makassar, berdasarkan data yang diperoleh dari Bidang Pembinaan P2PL Dinas Kesehatan Kota Makassar tahun 2020, terdapat 287 pasien baru asma usia hamil di Puskesmas, dan juga terdapat 5 kematian di antara pasien asma. Pada tahun 2021 jumlah penderita asma meningkat sebanyak 839 orang, kemudian jumlah penderita PPOK pada tahun 2020 yaitu. 174 orang, dan pada tahun 2021 jumlah penderita PPOK meningkat menjadi 351 orang di Kota Makassar (Dinas Kesehatan Kota Makassar, 2022).

Hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Ferial et.al (2021) pada pekerja pabrik semen di PT. X Kota Cilegon Banten menunjukkan bahwa Kadar debu (PM10) pada ruang pengepakan semen 1002,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan pada ruang pembuatan kantong semen adalah 142,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh debu PM10 pada ruang pengepakan dan pembuatan kantong semen terhadap gangguan sistem pernapasan pekerja dengan nilai  $p = 0,005$  signifikan.

Berdasarkan penelitian Pramesti & Sutiari (2021) pada perajin batu bara merah di kabupaten bandung yaitu paparan debu, 85,71% perajin terpapar debu batu bata merah melebihi NAB ( $> 3 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) yaitu dengan rata-rata paparan debu sebesar 9,8  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Berdasarkan hasil penelitian, perajin dengan paparan debu  $>\text{NAB}$  yang memiliki gangguan kapasitas fungsi paru-paru sebanyak 97,22% dan hanya 2,78% yang memiliki kapasitas fungsi paru-paru normal.

Penelitian Wahyuni et.al (2019) Wahyuni et.al (2019) di PT. Makassar Tene meunjukkan hasil bahwa pekerja yang memiliki kapasitas paru tidak normal yang bekerja pada area boiler yang memiliki paparan debu di atas NAB dan kategori perokok berat didapatkan sebanyak 16 orang (45,7%), dan pekerja yang memiliki kapasitas paru normal yang bekerja pada area boiler dengan paparan debu di atas NAB dan kategori perokok berat didapatkan sebanyak 19 orang (54.3%). Pekerja yang memiliki kapasitas paru tidak normal yang bekerja pada area boiler yang memiliki paparan debu di atas NAB dan kategori perokok ringan di dapatkan sebanyak 2 orang (50,0%) dan pekerja yang memiliki kapasitas paru normal yang bekerja di area boiler dengan paparan debu di atas NAB dan berkategori ringan di dapatkan sebanyak 2 orang (50,0%).

Menurut penelitian Rana et.al (2023) di semen bosowa maros dengan hasil Penelitian ini menunjukkan pekerja dengan masa kerja  $>26 - 31$  tahun dengan jumlah 25 orang (6,6%) menunjukkan fungsi paru normal sebanyak 10 orang (2,6%), fungsi paru restriktif sebanyak 14 orang (3,7%) dan fungsi paru campuran sebanyak 1 orang (0,3%). Dilansir dari *Occupational Safety & Health Administration* (OSHA), menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dari masa kerja baru dan masa kerja lama, dikarenakan masa kerja ditempat kerja sama sama memiliki risiko yang tinggi untuk mengalami penyakit akibat kerja.

Menurut penelitian Ambiya *et.al* (2022) Ambiya *et.al* (2022) hasil penelitian menunjukkan bahwa yang bekerja < 5 tahun dari 21 responden yang tidak memiliki keluhan pernafasan ataupun normal sejumlah 9 responden (42,9%) dan yang mempunyai keluhan pernafasan sejumlah 12 responden (57,2%), sedangkan pekerja kayu yang memiliki masa kerja  $\geq$  5 tahun dari 19 responden yang tidak memiliki keluhan pernafasan ataupun normal sebanyak 3 responden (15,8%) dan yang memiliki keluhan pernafasan sebanyak 16 responden (84,3%) Berlandaskan uji statistik memakai uji *MannWhitney*, diperoleh *p value* yaitu 0,003 yang menandakan bahwa < 0,05 alhasil bisa dinyatakan ada hubungan antara lamanya paparan debu kayu dengan keluhan pernafasan pada pekerja kayu.

Menurut penelitian Nazira *et.al* (2022) di desa talang belido pada pekerja batu bata dengan hasil penelitian menunjukan pekerja dengan alat pelindung diri yang menggunakan sebanyak 20 pekerja (52,6%), dan pekerja tidak menggunakan apd sebanyak 18 pekerja (47,4%). Berdasarkan hasil analisis bivariat diperoleh *p-value*=0,001 (*p-value*<0,05) sehingga ada hubungan antara penggunaan APD masker dengan kapasitas paru pada pekerja batu bata di desa talang belido kecamatan sungai gelam kabupaten muaro jambi.

Menurut penelitian Sari *et.al* (2020) pada pekerja tambal ban pinggir jalan dengan hasil penelitian kebiasaan olahraga rutin kategori normal 9 orang (75,0) tidak normal 3 (25,0%) sedangkan tidak rutin kategori normal 2 orang (12,5%) tidak normal 14 orang (87,5%) dengan nilai *p value* 0,001 berarti signifikan, kebiasaan olahraga memiliki hubungan dengan KVP. Olahraga yang teratur dilakukan akan meningkatkan KVP dan FVC terutama olahraga yang melibatkan latihan fisik akan berpengaruh pada sistem kembang napas Rutin berolahraga menyebabkan terlatihnya otot saluran pernapasan, meningkatkan aliran darah ke dalam paru sehingga pertukaran oksigen didalam pembuluh kapiler lebih maksimal.

Menurut penelitian Tipa *et.al* (2021) penambang emas di desa tatelu kabupaten minahasa utara menunjukkan bahwa ada 5% responden yang tidak merokok memiliki kapasitas vital paru normal, 5 % responden yang tidak merokok memiliki kapasitas vital paru tidak normal, ada 27,5% responden yang merokok memiliki kapasitas vital paru normal, dan 62,5% responden yang merokok memiliki kapasitas vital paru tidak normal. Berdasarkan hasil uji *chi square*, didapat *p value* = 0,0431 <  $\alpha$  = 0,05. Maka terdapat hubungan antara kebiasaan merokok dan kapasitas vital paru.

Menurut penelitian Heriana *et.al* (2020) pada tenaga kerja industri kapur di cv sumber rejeki kabupaten majalengka menunjukan bahwa pekerja yang memiliki riwayat penyakit dengan kategori normal sebanyak 3 orang (60%) tidak normal 2 orang (40%) sedangkan pekerja yang tidak memiliki riwayat penyakit dengan kategori normal sebanyak 30 orang (66,7%) dan tidak normal sebanyak 15 orang (33,3%) dengan hasil 0,765 Dari hasil uji *Chi-Square* didapat hasil bahwa nilai *p* menunjukan angka 0,765 atau  $p > 0,05$ . Hal ini menunjukan bahwa tidak terdapat hubungan antara Riwayat penyakit dengan penurunan fungsi paru pada tenaga kerja industri kapur di cv sumber rejeki kabupaten Majalengka tahun 2020. Berdasarkan nilai OR Riwayat penyakit

pekerja di industri kapur 0,750 (0,113-4,982). Hal ini berarti bahwa pekerja industri kapur memiliki risiko 0,75 kali lebih kecil untuk mengalami gangguan fungsi paru (penurunan).

PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) merupakan salah satu galangan kapal yang berlokasi di Kota Makassar tepatnya dipantai Paotere Kecamatan Tallo. PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) sendiri bergerak dibidang usaha produksi, reparasi, dan modifikasi kapal. Berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan peneliti di galangan kapal PT. IKI (Persero) Kota Makassar, terdapat unit produksi *sandblasting* yaitu suatu proses berupa penghalusan, pembentukkan dan membersihkan permukaan yang keras dengan menembakkan partikel dengan kecepatan tinggi ke permukaan.

Kegiatan *sandblasting* ini diketahui dapat menimbulkan potensi bahaya yang dapat mengancam kesehatan dan keselamatan pekerja. Bahaya yang teridentifikasi adalah bahaya paparan debu. Pasir merupakan bahan utama yang digunakan dalam proses *sandblast*. Pasir tersebut akan disemprotkan dengan tekanan yang tinggi ke arah plat sehingga karat dan kotoran-kotoran yang ada pada plat dapat menghilang. Akibat semprotan pasir itulah selama proses *sandblast* banyak terdapat paparan debu yang berasal dari pasir yang digunakan tersebut. Paparan debu ini apabila mengenai pekerja dapat berisiko terjadi iritasi mata dan infeksi saluran pernafasan (Dekanawati et al., 2021).

Berdasarkan survei dan wawancara singkat yang dilakukan pada beberapa pekerja bagian produksi di PT. IKI (Persero), mereka mengeluh mengalami keluhan gejala gangguan sistem pernafasan seperti batuk pada saat bekerja, gatal pada tenggorokan, sesak pada dada, dan merasa sulit bernafas pada saat bekerja. Selain itu, beberapa pekerja teridentifikasi belum menggunakan alat pelindung diri berupa masker yang memadai untuk melindungi diri dari paparan debu sehingga memungkinkan pekerja memiliki risiko untuk terpajan debu akibat proses *sandblasting*.

Berdasarkan uraian masalah di PT. IKI (Persero), desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasional analitik melalui pendekatan eksperimental dimana peneliti melakukan pengukuran paparan debu terhadap pekerja menggunakan alat ukur/instrumen berupa *dust truck* dan pengukuran kapasitas paru terhadap pekerja menggunakan alat/instrumen berupa *spirometer*. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga, Riwayat penyakit, penggunaan APD dan gangguan fungsi paru terhadap pekerja menggunakan alat ukur/instrumen berupa kuesioner penelitian dengan tujuan untuk melakukan pengujian hipotesis dan analisis mengenai pengaruh paparan debu dan karakteristik individu terhadap kapasitas dan gangguan fungsi paru pada tenaga kerja di unit produksi di PT. Industri Kapal Indonesia (persero) Makassar.

## 1. 2 Rumusan Masalah

Bagaimana hubungan paparan debu dengan karakteristik individu gangguan fungsi paru pada tenaga kerja di Unit Produksi di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1. Tujuan Umum**

Untuk menilai hubungan paparan debu dengan karakteristik individu gangguan fungsi paru

#### **1.3.2. Tujuan Khusus**

1. Untuk menilai hubungan paparan debu dengan gangguan fungsi paru
2. Untuk menilai hubungan masa kerja dengan gangguan fungsi paru
3. Untuk menilai hubungan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru
4. Untuk menilai hubungan kebiasaan olahraga dengan gangguan fungsi paru
5. Untuk menilai hubungan Riwayat penyakit dengan gangguan fungsi paru
6. Untuk menilai hubungan penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru
7. Untuk menilai hubungan kapasitas paru dengan gangguan fungsi paru

### **1.4 Manfaat Penelitian**

#### **1.4.1 Manfaat Praktis**

Sebagai masukan, saran dan bahan pertimbangan untuk membuat kebijakan perusahaan sehingga dapat meningkatkan kesehatan para pekerja dan untuk menambah wawasan dan memperkaya ilmu pengetahuan yang merupakan bahan bacaan serta pembanding terkait tema penelitian serta dapat dijadikan sumber informasi bagi peneliti selanjutnya.

#### **1.4.2 Manfaat Teoritis**

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan memperkaya penelitian dalam ilmu keselamatan dan Kesehatan kerja khususnya di bidang keselamatan.

#### **1.4.3 Manfaat Bagi Peneliti**

Penelitian ini menjadi sebuah pengalaman berharga bagi peneliti untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh studi di program Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Universitas Hasanuddin.

### **1.5 Tinjauan Umum tentang Debu**

#### **1.5.1 Definisi Debu**

Debu adalah kumpulan partikel berukuran mikron dan berbentuk padat yang berasal dari bahan organik atau anorganik yang tercipta karena adanya kekuatan alam atau melalui proses mekanisme seperti proses pengolahan, penghancuran, pelembutan, peledakan, pembakaran dan lain- lain. Debu biasanya berada di udara untuk beberapa saat dan akan turun kebawah karena adanya gravitasi bumi. Dari berbagai ukuran partikel debu, ukuran yang berbahaya bagi

kesehatan manusia adalah 0,1 sampai 10 mikron. Debu dengan ukuran 5 – 10 mikron hanya akan sampai di saluran pernapasan bagian atas, ukuran 3 – 5 mikron hanya akan sampai di saluran pernapasan bagian tengah, ukuran 1 – 3 mikron bisa masuk ke bronkeolus dan bisa sampai ke permukaan alveolus, ukuran 0,5 – 1 mikron akan mudah hinggap pada permukaan alveolus, dan debu dengan ukuran 0,1 – 0,5 mikron hanya akan melayang di permukaan alveolus, tetapi juga bisa menempel di permukaan alveolus (Suma'mur., 2009).

Menurut *Mine Safety and Health Administration* (MSHA, 1999), debu atau *dust* merupakan partikel padat yang berukuran sangat kecil dengan ukuran 1 sampai 500 mikron yang dibawa oleh udara. Partikel-partikel kecil ini dibentuk dalam proses disintegrasi atau fraktur seperti penggilingan, penghancuran atau pemukulan terhadap benda padat. Debu sebagai padatan halus yang tersuspensi di udara yang tidak mengalami perubahan secara kimia ataupun fisika dari bahan padatan aslinya.

### 1.5.2 Sifat-sifat Debu

Menurut Departemen Kesehatan RI yang dikutip oleh Handika (2020), partikel-partikel debu di udara mempunyai sifat:

- a. Sifat pengendapan adalah sifat debu yang cenderung selalu mengendap karena gaya gravitasi bumi. Namun karena kecilnya ukuran debu, kadang-kadang debu ini relatif tetap berada di udara.
- b. Sifat permukaan debu akan cenderung selalu basah, dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis. Sifat ini penting dalam pengendalian debu dalam tempat kerja.
- c. Oleh karena permukaan debu selalu basah, sehingga dapat menempel satu sama lain dan dapat menggumpal. Turbulensi udara meningkatkan pembentukan penggumpalan debu. Kelembaban di bawah saturasi, kecil pengaruhnya terhadap penggumpalan debu. Kelembaban yang melebihi tingkat huminitas di atas titik saturasi mempermudah penggumpalan debu. Oleh karena itu partikel debu bias merupakan inti dari pada air yang berkonsentrasi sehingga partikel menjadi besar.
- d. Sifat listrik statis Debu mempunyai sifat listrik statis yang dapat menarik partikel lain yang berlawanan. Dengan demikian, partikel dalam larutan debu mempercepat terjadinya proses penggumpalan.
- e. Sifat optis Debu atau partikel basah atau lembab lainnya dapat memancarkan sinar yang dapat terlihat dalam kamar gelap.

### 1.5.3 Klasifikasi Debu

Adapun klasifikasi debu berdasarkan ukurannya, partikulat debu dibagi menjadi tiga kelompok Natali et.al (2021), yakni.

- a. Faktor Partikulat debu *inhalable*, merupakan partikulat debu yang dapat terhirup ke dalam mulut atau hidung serta berbahaya bila tertimbun dimanapun dalam saluran pernafasan.

- b. Partikulat debu *thoracic*, merupakan partikulat debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernafasan atas dan masuk ke dalam saluran udara di paru-paru.
- c. Partikulat debu *respirable*, adalah partikulat *airborne* yang dapat terhirup dan dapat mencapai daerah *bronchiola* sampai alveoli di dalam sistem pernafasan. Partikulat debu jenis ini berbahaya bila tertimbun di alveoli yang merupakan daerah pertukaran gas di dalam sistem pernafasan

#### 1.5.4 Ukuran Partikel Debu

Menurut Yuniawati (2020), partikulat adalah zat dengan diameter kurang dari 10 mikron.

- a. Partikulat berdiameter kurang dari 1 mikron  
Zat yang termasuk partikulat ini adalah aerosol dan fume (asap).
- b. Partikulat berdiameter lebih dari 1 mikron  
Mist dan debu merupakan partikulat yang diameternya lebih dari 1 mikron.

Ukuran partikel mempengaruhi masuknya debu ke dalam sistem saluran pernafasan. Partikel dengan ukuran antara 0,1 mikron sampai 10 mikron berbahaya dan mengganggu kesehatan. Pada hidung, nasofaring, trakea dan percabangan bronkus ukuran partikel 5 mikron atau lebih akan mengendap. Sedangkan partikel disaluran pernafasan yang tidak mengendap akan dikeluarkan kembali karena ukuran partikel kurang dari 0,5 mikron. Gangguan obstruksi saluran nafas berupa penurunan faal paru berupa penurunan VEP1 dan rasio VEP2/KVP disebabkan oleh ozon dan sulfuroksida bersama partikulat.

#### 1.5.5 Nilai Ambang Batas (NAB) Debu di Tempat Kerja

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011, nilai ambang batas adalah standar faktor bahaya di tempat kerja sebagai kadar/intensitas rata-rata tertimbang waktu (*time weighted average*) yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Jika NAB telah ditetapkan, bukan berarti tenaga kerja telah terbebas dari semua risiko yang mungkin muncul di tempat kerja. Nilai Ambang Batas (NAB) yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011 yaitu 10 mg/m<sup>3</sup>.

#### 1.5.6 Pengukuran Debu di Udara

Tujuan dilakukannya pengukuran kadar debu di udara untuk mengetahui apakah kadar debu pada suatu lingkungan, konsentrasinya sudah sesuai dengan kondisi lingkungan yang aman dan sehat bagi masyarakat. Singkatnya, apakah kadar debu tersebut berada di bawah atau di atas Nilai Ambang Batas (NAB) debu udara. Pengukuran kadar debu di udara biasanya dilakukan dengan menggunakan metode

gravimetric, yaitu dengan menghisap dan melewatkan udara dalam suatu volume tertentu melalui serat gelas/kertas saring. Alat-alat yang biasanya digunakan untuk pengukuran sampel debu total (TSP) di udara antara lain (Rahmilah, 2020):

a. Faktor *High Volume Air Sampler*

Alat ini mampu menghisap udara ambien dengan pompa berkecepatan 1,1-1,7 m<sup>3</sup>/menit, partikel debu berdiameter 0,1-100 mikron bisa masuk bersama aliran udara melewati saringan dan terkumpul pada permukaan serat gelas. Alat ini juga dapat digunakan untuk mengambil contoh udara selama 24 jam, dan jika kandungan partikel debu sangat tinggi maka waktu pengukuran dapat dikurangi menjadi 6-8 jam.

b. *Low Volume Air Sampler*

Alat ini mampu menangkap debu dengan ukuran sesuai yang diinginkan dengan cara mengatur *flow rate*. Untuk *flow rate* 20 liter/menit bisa menangkap partikel berukuran 10 mikron. Pengukuran kadar debu dapat dihitung melalui hasil timbangan berat kertas saring sebelum dan sesudah pengukuran.

c. *Low Volume Dust Sampler*

Alat ini memiliki prinsip kerja dan metode yang sama dengan alat low volume air sampler.

d. *Personal Dust Sampler (LVDS)*

Alat ini biasa dipakai untuk menentukan *Respiral Dust (RD)* di udara atau debu yang dapat lolos melalui filter bulu hidung manusia selama bernapas. Untuk *flow rate* 2 liter/menit bisa menangkap debu yang berukuran <10 mikron. Alat ini sering digunakan pada lingkungan kerja dan dipasang pada pinggang pekerja karena ukurannya yang sangat kecil.

### 1.5.7 Mekanisme Masuknya Debu dalam Paru

Adapun mekanisme masuknya debu ke paru-paru menurut Rahmilah (2020) yaitu.

a. Mekanisme timbulnya debu dalam paru

1) Kelembaban dari debu yang bergerak (*inertia*)

Pada saat udara membelok ketika jalan pernafasan yang tidak lurus, partikel-partikel debu yang bermassa cukup besar tidak dapat membelok mengikuti aliran udara, tetapi tetap lurus dan akhirnya menumpuk menjadi selaput lendir dan hinggap di paru-paru.

2) Pengendapan (*Sedimentasi*)

Pada bronchioli kecepatan udara pernafasan sangat kurang, ukurannya kira-kira 1 cm per detik sehingga gaya tarik bumi dapat bekerja terhadap partikel debu dan mengendapnya.

- 3) *Gerak Brown* terutama partikel berukuran sekitar  $0,1 \mu$ , partikel-partikel tersebut membentuk permukaan alveoli dan tertimbun di paru-paru.
- b. Jalan masuk dalam tubuh
- 1) *Inhalation* merupakan jalan masuk (*rute*) yang paling signifikan karena substansi yang berbahaya masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan dan dapat menimbulkan penyakit baik akut maupun kronis.
  - 2) *Absorbtion* merupakan paparan debu yang masuk ke dalam tubuh melalui absorpsi kulit di mana tidak menyebabkan perubahan berat pada kulit, tetapi menyebabkan kerusakan serius pada kulit.
  - 3) *Ingestion* merupakan jalan masuk yang melalui saluran pencernaan (jarang terjadi).

### 1.5.8 Bahaya Debu Bagi Pernafasan

Bahaya debu bagi pernafasan dapat menyebabkan timbulnya penyakit saluran pernafasan akibat masuk dan mengendapnya partikel debu dalam paru-paru atau biasa dikenal dengan *pneumoconiosis*. *Pneumoconiosis* memiliki banyak jenis, tergantung dari jenis partikel yang masuk atau terhisap ke dalam paru-paru. Adapun jenis-jenis penyakit *pneumoconiosis* Rahmilah (2020), antara lain:

a. Penyakit Silikosis

Penyakit ini diakibatkan oleh pencemaran debu silika bebas, yaitu  $\text{SiO}_2$  yang dihisap masuk ke paru-paru kemudian mengendap. Debu silika yang masuk ke paru-paru memiliki masa inkubasi sekitar 2-4 tahun. Gejala awal penyakit ini ditandai dengan sesak napas disertai dengan batuk tanpa dahak. Untuk penyakit silikosis tingkat sedang, gejalanya sama namun memiliki tingkat intensitas yang semakin tinggi. Sedangkan penyakit silikosis berat, sesak napas akan semakin parah dan diikuti dengan hipertropi jantung sebelah kanan yang memicu kegagalan kerja jantung.

b. Penyakit Asbestosis

Penyakit asbestosis merupakan penyakit akibat kerja yang diakibatkan oleh debu atau serat asbes yang tercemar di udara. Masa inkubasi asbestosis yaitu 10-20 tahun. Asbes berasal dari campuran berbagai macam silikat terutama magnesium silikat. Debu asbes yang masuk ke dalam paru-paru akan menyebabkan sesak napas dan batuk-batuk yang disertai dahak.

c. Penyakit Beriliosis

Penyakit beriliosis merupakan penyakit pada saluran pernafasan yang diakibatkan oleh pencemaran udara dari debu berilium. Debu tersebut dapat menyebabkan nasoparingitis, pneumonitis dan bronkitis yang memiliki gejala demam, batuk kering, dan sesak napas. Partikel-partikel berilium juga dapat menyebabkan gangguan pada radang hidung dan kulit. Masa inkubasi penyakit ini

relatif lama, sehingga sering tidak mendapatkan perhatian oleh manajemen perusahaan maupun oleh para pekerja itu sendiri.

d. Penyakit Bisinosis

Penyakit bisinosis merupakan penyakit pneumokoniosis yang diakibatkan oleh pencemaran debu kapas atau serat kapas di udara yang terhisap ke dalam paru-paru. Masa inkubasi penyakit ini sekitar 5 tahun. Gejala awal penyakit bisinosis ditandai dengan sesak napas. Penyakit bisinosis yang kronis biasanya disertai dengan penyakit bronkitis dan emphysema.

Adapun dampak debu terhadap kesehatan dapat menyebabkan beberapa penyakit Rahmilah (2020), antara lain:

a. Silikosis

Penyakit ini disebabkan oleh inhalasi dan retensi debu yang mengandung kristalin silikon dioksida atau silika. Secara klinis terdapat 3 bentuk silikosis, yakni silikosis akut, silikosis kronik dan silikosis terakselerasi.

1) Silikosis akut

Penyakit dapat muncul dalam beberapa minggu, jika seseorang terpapar silika dengan konsentrasi sangat tinggi. Perjalanan penyakit sangat unik, dimana terjadi gejala sesak napas yang progresif, demam, batuk dan penurunan berat badan setelah terpapar silika konsentrasi tinggi dalam waktu relatif singkat. Lama paparan berkisar antara beberapa minggu sampai 4 atau 5 tahun. Kelainan faal paru yang timbul yaitu restriksi berat dan hipoksemi yang disertai penurunan kapasitas di fusi. Pada foto toraks tampak fibrosis interstitial difus, fibrosis kemudian berlanjut dan terdapat pada lobus tengah dan bawah membentuk diffuse ground glass appearance hampir sama dengan edema paru.

2) Silikosis Kronik

Kelainan pada penyakit ini terdapat nodul yang biasanya dominan di lobus atas. Bentuk silikosis kronik yang paling sering ditemukan, terjadi setelah paparan 20 sampai 45 tahun oleh kadar debu yang relatif rendah. Pada stadium simple, nodul di paru biasanya kecil dan tanpa gejala atau minimal. Walaupun sudah tidak ada lagi paparan, tetapi kelainan paru dapat menjadi progresif sehingga terjadi fibrosis yang masif. Pada silikosis kronik yang sederhana, foto toraks menunjukkan nodul terutama di lobus atas dan mungkin disertai klasifikasi. Pada bentuk lanjut terdapat masa yang besar yang tampak seperti angel's wing. Hal ini sering menimbulkan reaksi pleura pada lesi besar yang padat. Kelenjar hilus biasanya membesar dan berbentuk bayangan egg shell calcification. Apabila fibrosis masif progresif terjadi, maka volume paru berkurang dan bronkus mengalami distorsi. Faal

paru menunjukkan gangguan restriksi, obstruksi atau campuran. Kapasitas difusi dan komplians akan menurun. Timbul gejala sesak napas yang biasa disertai batuk dan produksi sputum. Sesak pada awalnya terjadi pada saat aktivitas, kemudian pada waktu istirahat dan akhirnya timbul gagal kardiorespirasi.

### 3) Silikosis terakselerasi

Bentuk kelainan ini mirip dengan silikosis kronik, yang membedakan hanya perjalanan penyakit lebih cepat dari biasanya, menjadi fibrosis masif, sering terjadi infeksi mikobakterium tipikal atau atipik. Setelah paparan 10 tahun sering terjadi hipoksemi yang berakhir dengan gagal napas.

### b. Asbestosis

Penyakit ini diakibatkan oleh inhalasi debu asbes, menimbulkan pneumokoniosis yang ditandai oleh fibrosis paru. Paparan biasanya terjadi di daerah industri dan tambang, juga bisa timbul pada daerah sekitar pabrik atau tambang yang udaranya terpolusi oleh debu asbes. Pekerja yang dapat terkena asbestosis yaitu pekerja tambang, transportasi, penggilingan, pedagang, pekerja kapal dan pekerja penghancur asbes. Penderita sering mengalami infeksi saluran napas; keganasan pada bronkus, gastrointestinal dan pleura sering menjadi penyebab kematian. Pemeriksaan faal paru menunjukkan kelainan restriksi walaupun tidak ada gejala pada sebagian penderita terdapat kelainan obsiruksi. Kapasitas difusi dan komplians paru menurun, pada tahap lanjut terjadi hipoksemia.

### c. Asma kerja

Asma kerja merupakan penyakit yang ditandai oleh kepekaan saluran napas terhadap paparan zat di tempat kerja dengan manifestasi obstruksi saluran napas yang bersifat reversibel. Penyakit ini hanya mengenal sebagian pekerja yang terpapar, kemudian muncul setelah masa bebas gejala yang berlangsung antara beberapa bulan sampai beberapa tahun. Pada tiap individu, masa bebas gejala dan berat ringannya penyakit sangat beragam.

Berbagai debu dan zat di tempat kerja dapat menyebabkan asma kerja. Zat itu berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti tepung gandum, debu kayu, kopi, colophony, binatang seperti binatang pengerat, kucing, anjing, kutu ganchim, ulat sutra, kerang; zat kimia seperti isosionat, garam platina, khrom, enzim seperti tripsin dan papain. Selain itu juga berasal dari obat-obatan seperti pada produksi piperazin, tetrasiklin, spinamisin dan penisilin sintetik.

Pada individu atopik keluhan asma timbul setelah bekerja 4 sampai 5 tahun, sedangkan pada individu yang notatopik keluhan ini muncul beberapa tahun lebih lama. Di tempat yang mengandung zat paparan kuat seperti isosionat dan colophony, gejala akan timbul lebih awal bahkan kadang-kadang beberapa minggu setelah mulai

bekerja. Gejala yang timbul pada tiap individu bervariasi, kebanyakan akan membaik pada akhir pekan dan waktu libur. Anamnesis riwayat penyakit yang rinci sangat penting untuk menegakkan diagnosis. Ada individu yang terserang setelah paparan beberapa menit, ada juga individu lain sering timbul beberapa jam sesudah paparan dengan gejala yang mengganggu pada malam berikutnya.

d. Kanker paru

Mekanisme timbulnya kanker akibat paparan zat belum diketahui secara tuntas. Para ahli menyepakati bahwa paling kurang ada 2 stadium terjadinya kanker karena bahan karsinogen. Pertama adalah induksi DNA sel target oleh bahan karsinogen sehingga mengakibatkan mutasi sel, kemudian terjadi peningkatan multiplikasi sel yang merupakan manifestasi penyakit. Zat yang bersifat karsinogen dan dapat menyebabkan kanker paru antara lain adalah uranium, asbes, gas mustard, nikel, arsen, khrom, khlor metil eter, pembakaran arang, kalsium klorida dan zat radioaktif serta tar batubara. Pekerja yang berhubungan dengan zat-zat tersebut dapat menderita kanker paru setelah paparan yang lama, yaitu sekitar 15 sampai 25 tahun. Pekerja yang terkena adalah mereka yang bekerja di sekitar tambang, pabrik, tempat penyulingan dan industri kimia

### 1.5.9 Pengendalian Debu Ditempat Kerja

Menurut Setyaningsih (2018) pengendalian debu ditempat kerja sebagai berikut:

- a. Mekanisme *Dust Collection Systems* menggunakan prinsip ventilasi untuk menangkap debu dari sumbernya. Debu diambil dari udara bebas dengan menggunakan pompa dan dialirkan kedalam *dust collector*, kemudian udara bersih yang telah disaring dialirkan keluar.
- b. *Wet Dust Suppression Systems* menggunakan cairan (yang banyak digunakan adalah air, tapi bisa juga bahan kimia yang bisa mengikat debu) untuk membasahi sumber debu sehingga bahan tersebut tidak menghasilkan debu atau menghasilkan debu minimal.
- c. *Airborne Dust Capture Through Water Sprays* menyemprotkan bahan kimia pengikat atau air pada debu-debu yang timbul pada saat proses produksi, semprotan harus membentuk partikel cairan yang sangat kecil (*droplet*) sehingga bisa menyebar di udara dan mengikat debu yang berterbangan membentuk gumpalan dan jatuh ke bawah karena gravitasi.
- d. *Dilution Ventilation* adalah teknik untuk mengurangi konsentrasi debu di udara dengan mencampur udara berdebu dengan udara bersih. Secara umum sistem ini kurang baik untuk kesehatan karena debu masih mengkontaminasi udara bebas, akan tetapi sistem ini bisa digunakan jika sistem lain tidak memungkinkan digunakan.
- e. *Isolation* adalah teknik memisahkan tenaga kerja dengan udara yang terkontaminasi, pemisahan bisa dilakukan dengan mengisolasi

pekerja pada ruangan yang dialiri dengan udara bersih dari luar. Contoh *Supplier air system*.

Menurut Adelia & Mulyasari (2019). terdapat beberapa cara dalam mengendalikan bahaya di tempat kerja yaitu eliminasi, substitusi, *engineering control*, *administrative control*, Alat Pelindung Diri (APD). Upaya pengendalian dengan cara eliminasi sangat sulit untuk dilakukan karena harus menghilangkan sumber bahaya secara keseluruhan. Pengendalian dengan cara substitusi yang dapat dilakukan yaitu mengganti bahan baku atau alat dengan jenis lain yang tidak terlalu berbahaya. Misalnya mengganti mesin yang sudah rusak atau kuno dengan mesin yang lebih canggih.

Upaya pengendalian secara *Engineering control* yang dapat dilakukan adalah melengkapi ruangan pada bagian produksi dengan penyedot debu bersifat lokal yang diletakkan di dekat mesin/sumber debu.

Upaya pengendalian secara *administrative* yang dapat dilakukan antara lain: mengatur shift kerja dan waktu istirahat agar pekerja tidak terlalu lama terpapar debu, melakukan pengukuran untuk memantau konsentrasi debu, melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala pada pekerja.

Upaya pengendalian yang dilakukan sebagai upaya terakhir dalam melakukan pengendalian yaitu penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Alat pelindung diri (pernapasan) wajib digunakan oleh semua pekerja di industri yang menghasilkan debu dalam proses produksinya. Jenis alat pelindung pernapasan yang dapat digunakan oleh pekerja industri kayu antara lain respirator, katrit, dan kanister (Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri).

## 1. 6 Tinjauan Umum tentang Kapasitas Paru

### 1.6.1 Definisi Kapasitas Paru

Kapasitas paru-paru adalah jumlah volume dua atau lebih paru-paru. Volume paru-paru adalah jumlah udara bias yang dapat ditampung didalam paru-paru. Volume dan kapasitas paru-paru terdiri dari tidal volume (VT) adalah jumlah udara yang dihirup (inspirasi) dan dihembuskan (ekspirasi) setiap kali melakukan pernafasan normal atau pernafasan ketika aktivitas biasa (Putra et al., 2020).

Kapasitas paru yaitu jumlah dari dua volume atau lebih ke paru-paru Kapasitas paru terdiri dari kapasitas inspirasi, kapasitas esidual fungsional, kapasitas vital dan kapasitas paru total. Kapasitas vital paru-paru terdiri dari jumlah volume cadangan. Volume inspirasi ditambah volume inspirasi dan volume cadangan ekspirasi. Kapasitas vital paru diukur dengan spirometri (Desire et al., 2019).

Kapasitas paru adalah jumlah volume dua atau lebih paru. Volume paru-paru adalah jumlah udara yang dapat dikandungnya ke paru-paru

Volume dan kapasitas paru terdiri dari tidal volume (VT) adalah jumlah udara yang dihirup (inspirasi) dan dihembuskan (ekspirasi) saat Anda bernapas normal atau menghembuskan napas selama operasi normal (Fadhullah & Ratna, 2018).

Kapasitas vital paru adalah volume udara maksimum seseorang bergerak dengan satu napas. kemampuan ini meliputi volume cadangan inspirasi, volume ekspirasi dan volume cadangan ekspirasi. Menggunakan masker dengan kepadatan. Bahan masker juga bisa merusak fungsi paru-paru penyakit patologis (Febriani & Munawarah, 2021).

Kapasitas vital paru adalah ukuran utama Udara yang dapat dikeluarkan dari paru terlebih dahulu mengisi paru-paru secara maksimal dan keluarkan sebanyak yang Anda bisa, dan kapasitas paru-paru menggambarkan kapasitas Perkembangan paru-paru (Simarmata et al., 2021).

Kapasitas vital paru adalah kapasitas paru-paru. Tarik napas masuk dan keluar sebanyak mungkin. Kapasitas yang sangat penting adalah jumlah udara maksimum yang diizinkan yang dapat disuplai dan selama siklus pernapasan setelah terhirup dari paru-paru penuaan maksimal dan maksimal. nilai normal kapasitas vital tergantung pada usia, jenis kelamin, bentuk tubuh dan berat badan. Secara perhitungan matematis Kapasitas Total Paru-paru (KTP) dapat ditentukan dengan cara mengukur hiperventilasi maksimal dalam satu menit, atau dengan kata lain Kapasitas Vital (KV) ditambah Volume Residual (VR). Jadi nilai Kapasitas Total Paru-paru (KTP) = KV + VR (Juniati et al., 2021).

Kapasitas vital paru adalah kombinasi dari volume paru-paru jumlah udara di paru-paru di bawah kondisi pernapasan yang berbeda tergantung tinggi dan bentuknya. Kemudian volume dan kapasitas bervariasi tergantung pada posisi berdiri atau berbaring. Pada pada posisi terlentang, jumlah udara berkurang karena kemiringan isi Perut menekan diafragma.

Sedangkan pada posisi berdiri paru-paru dapat terisi penuh tanpa mengompres isi perut. Kapasitas vital paru-paru terdiri dari kapasitas inspirasi yaitu volume tidal ditambah volume cadangan inspirasi (kira-kira 3500 ml). Kapasitas residual fungsional mulai tingkat ekspirasi normal dan mengembangkan paru-paru sampai jumlah maksimum menjadi empat kapasitas paru yaitu kapasitas inspirasi sama dengan volume tidal di tambah dengan volume cadangan. Kapasitas residual fungsional sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume residual. Kapasitas vital sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah tidal volume dan volume cadangan ekspirasi, yaitu jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan dari paru-paru seseorang setelah mengisi sampai batas maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya 4600 ml. Sedangkan kapasitas total paru-paru

adalah volume maksimum pengembangan paru-paru dengan upaya inspirasi, sebanyak-banyaknya sebesar 5800 ml (Wijayanto et al., 2021).

### 1.6.2 Fungsi Paru

Fungsi paru-paru adalah tempat pertukaran oksigen dan gas Karbon dioksida saat bernapas melalui paru-paru atau pernafasan eksternal. Oksigen dikumpulkan melalui hidung dan mulut. Oksigen masuk melalui trakea dan pipa bronchial ke alveoli dan dapat erat berhubungan dengan darah di dalam kapiler pulmonalis, proses pernafasan dibagi menjadi 4 yaitu ventilasi pulmonal yaitu masuk keluarnya udara dari atmosfer kebagian alveoli dari paru, difusi oksigen dan karbondioksida di udara masuk ke pembuluh darah disekitar alveoli, transpor oksigen dan karbondioksida di darah ke sel dan pengaturan ventilasi (Lestari, 2019).

Paru-paru adalah salah satu organ system Nafas, yang berperan sebagai tempat pertukaran oksigen dengan karbon dioksida dalam darah. fungsi paru adalah untuk pertukaran gas karbon dioksida. Bernapas Paru-paru oksigen dihirup melalui rongga hidung. Tepat waktu selama bernafas, oksigen masuk melalui trakea (trakea) dan Bronkus ke alveoli dan berhubungan erat dengan peredaran darah di kapiler paru-paru. Hanya satu lapisan daun adalah daun Alveoli kapiler, memisahkan oksigen dari darah merah dan bawa ke hati. Dari sana dipompa melalui arteri (arteri) ke seluruh bagian tubuh. darah meninggalkan paru-paru Tekanan oksigen 100 mmHg dan pada level ini hemoglobinnya 95% oksigen jenuh (Ickhsan, 2020).

Paru-paru berfungsi sebagai sebuah alat tubuh yang sebagian besar terdiri dari gelembung (gelembung hawa atau alveoli). Gelembung alveoli ini terdiri dari sel-sel epitel dan endotel. Jika dibentangkan luas permukaannya kurang lebih 90 m<sup>2</sup>. Pada lapisan ini terjadi pertukaran udara, O<sub>2</sub> masuk ke dalam darah dan CO<sub>2</sub> dikeluarkan dari darah. Banyaknya gelembung paru-paru ini kurang lebih 700.000.000 buah (paru-paru kiri dan kanan) (Wulandari & Restuni, 2021).

Paru-paru berfungsi sebagai salah satu organ pernafasan dalam tubuh yang dihubungkan oleh peredaran darah. Fungsi utama paru-paru adalah tempat penampungan sementara dan pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Fungsi paru-paru dalam tubuh kita bisa terganggu penyakit (Meranda et al., 2020).

Paru-paru adalah organ dengan fungsi vital menjadi orang. Paru-paru berfungsi sebagai organ pernafasan. Orang yang membutuhkan oksigen dan melepaskan karbon. Karbon dioksida diperlukan untuk fungsi normal sel-sel internal tubuh Secara maksimal. Kapasitas paru-paru bagus bisa menjadi melalui olahraga atau latihan jasmani (Fadhullah, 2020).

Paru-paru adalah salah satu organ manusia yang paling penting. Pertukaran gas terjadi di paru-paru menstabilkan pasokan oksigen (O<sub>2</sub>) dalam aliran darah manusia. Proses Pertukaran oksigen terjadi melalui sistem peredaran darah kecil, yaitu ketika darah dipompa ke paru-paru untuk melaksanakannya menghilangkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan mengangkut oksigen didistribusikan ke seluruh tubuh sebagai sumber energi. Ada 2 level Pernapasan memiliki fase menghirup dan menghembuskan napas (Tresya et al., 2019).

Paru-paru adalah organ vital, oleh karena itu Menjaga kesehatan paru-paru sangatlah penting. Ingat fungsi paru-paru sebagai organ pernapasan pada manusia. Lingkungan kotor, meningkatnya polusi udara dan gaya hidup tidak sehat menyebabkan penyakit paru-paru (Hadnian 2019).

Paru-paru adalah bagian tubuh yang berfungsi menghirup udara segar, paru-paru adalah satu-satunya organ yang berkomunikasi dengan lingkungan di luar tubuh, yaitu melalui saluran udara. Fungsi utama paru-paru adalah mis respirasi menyerap O<sub>2</sub> dari luar saluran pernapasan dan masuk ke aliran darah. Oksigen yang digunakan untuk metabolisme CO<sub>2</sub> yang dihasilkan Itu dilepaskan dari darah ke udara (Pitriamaryani & Syahrastani, 2019).

### **1.6.3 Gangguan Fungsi Paru**

Gangguan kapasitas vital paru merupakan penyakit yang dapat disebabkan oleh partikel debu, kadar debu, lama pajanan, ukuran partikel dan bentuk partikel tetapi juga dapat dipengaruhi oleh karakteristik pekerjaan seperti umur, jenis kelamin, kebiasaan merokok, riwayat penyakit, masa kerja dan penggunaan APD. Serta dapat dikelompokkan menjadi 3 macam yaitu restriksik, obstruktif, dan campuran. Restriktik adalah terjadinya gangguan pada fungsi paru yang disebabkan karena keterbatasan paru dalam menjalankan fungsinya, obstruktif merupakan terjadinya gangguan pada fungsi paru yang sibeikan karena penyumbatan pada saluran napas sedangkan kombinasi merupakan gabungan dari restriktif dan obstruktif (Renni, 2020).

Gangguan fungsi paru juga bisa disebabkan oleh faktor Karakteristik karyawan. Faktor tipikal untuk pekerja yang bisa Faktor faktor seperti usia, jenis jenis kelamin, indeks massa tubuh, perilaku merokok dan Penggunaan APD (masker) (Roestijawati et al., 2020).

Banyak hal yang dapat mempengaruhi kapasitas vital paru seseorang seperti kebiasaan merokok, usia, aktivitas/pekerjaan, Suhu tubuh, posisi tubuh, tinggi dan berat badan, faktor keturunan atau Genetika. Kebiasaan merokok adalah salah satu hal yang bisa mempengaruhi vitalitas paru-paru. Metode merokok di dalam Dari segi kesehatan, tidak ada konsekuensi kecil. Dari Berdasarkan penelitian, telah ditemukan bahwa perokok adalah probabilitas kematian adalah 30-

80% lebih tinggi dari Jangan merokok. Menurut ATS (*American Thoracic Society*) ada Beberapa kategori gangguan fungsi paru dianggap berat jika KVP antara (kapasitas vital paru)  $\leq 50\%$ , dikatakan sedang jika KVP antara 51–59% dan dikatakan ringan jika KVP antara 60–79% (Pitriamaryani & Syahrastani, 2019).

Menurut Agustina (2018) adapun jenis gangguan fungsi paru digolongkan menjadi tiga, yaitu:

- a. Gangguan obstruktif Gangguan obstruktif adalah setiap kondisi obstruksi Aliran udara akibat penyumbatan atau penyempitan saluran Pernafasan Gangguan obstruktif mengganggu kinerja. Penuaan dan penyakit dalam bentuk paru-paru tidak dapat menghembuskan udara (*unable to get air out*). FEV1/FVC  $<75\%$  semakin parah obstruksinya:
  - 1) FEV1: 60-75% (ringan)
  - 2) FEV1: 40-59% (sedang)
  - 3) FEV1:  $<40\%$  (berat)

- b. Gangguan Restriktif

Gangguan restriktif adalah gangguan pada paru yang menyebabkan kekakuan paru sehingga membatasi pengembangan paru-paru.

- 1) *Forced Vital Capacity* (FVC) rendah, FEV1/FVC normal atau meningkat.
- 2) *Total Lung Capacity* (TLC) berkurang digunakan sebagai gold standart.

- c. Gangguan Kombinasi

Kombinasi gangguan obstruktif dan restriktif, terjadi karena proses patologi yang mengurangi volume paru, kapasitas vital dan aliran yang juga melibatkan saluran pernapasan.

Gangguan fungsi paru disebabkan oleh adanya hambatan pada pengembangan paru yang ditandai dengan FVC (*Forced Vital Capacity*). Adanya gangguan restriksi dan obstruksi merupakan indikasi kerusakan fungsi paru, gangguan faal obstruksi ditandai dengan adanya gangguan dalam terhambatan aliran yang ditandai dengan penurunan nilai FEV1 (*Forced Expiratory Volume in One Second*) (Anggia, 2020).

### 1. 7 Tinjauan Umum tentang Karakteristik Individu

Adapun karakteristik individu yang dapat mempengaruhi gangguan fungsi paru sebagai berikut:

#### 1. Masa Kerja

Masa kerja merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan memburuknya fungsi paru-paru dalam jangka waktu yang lebih lama atau memperpanjang masa pakai akan melemahkan kinerja ke paru-paru Masa kerja dapat memengaruhi penyakit kronis bernapas karena kapasitas paru-paru berkurang karena kemacetan Paparan debu (Islamiaty, 2020).

## 2. Kebiasaan merokok

Kebiasaan merokok dapat menimbulkan gangguan paru berupa *bronchitis* dan *emfisema*. Pada kedua keadaan ini terjadi penurunan fungsi paru dibandingkan dengan yang tidak menderita penyakit tersebut. Selain itu pecandu rokok sering menderita penyakit batuk kronis, kepala pusing, perut mual, sukar tidur dan lain-lain. Kalau gejala-gejala diatas tidak segera diatasi maka gejala yang lebih buruk lagi akan terjadi, seperti semakin sulit untuk pernapasan, laju pernapasan meningkat, kapasitas vital berkurang dan lain-lain. Merokok dapat menyebabkan perubahan Struktur dan fungsi saluran udara dan jaringan paru-paru. Di saluran udara besar, sel-sel lendir bertambah besar (hipertrofi) dan kelenjar mukosa membesar. Di saluran pernapasan peradangan kecil dan ringan terjadi sampai terjadi kontraksi proliferasi sel dan pembentukan mukus. Di jaringan paru-paru Jumlah sel inflamasi dan kerusakan alveoli meningkat. Akibat perubahan anatomi saluran napas menjadi perokok perubahan klinis terjadi. Ini adalah dasar utama penampilannya penyakit paru obstruktif kronik (Suhendar, 2018).

## 3. Kebiasaan Olahraga

Kebiasaan olahraga merupakan kebiasaan gerakan aktifitas fisik dari seseorang, olahraga yang teratur juga mampu meningkatkan kesehatan mental dan dapat mengurangi risiko depresi, penurunan kognitif dan menunda timbulnya demensia, serta meningkatkan perasaan kesejahteraan secara keseluruhan (Asri & Lely 2021).

## 4. Riwayat Penyakit

Riwayat penyakit merupakan riwayat kesehatan atau medis seseorang dengan kondisi kesehatan yang pernah dilalui biasanya disebut dengan anamnesa. Riwayat penyakit juga bisa diturunkan oleh keluarga seperti penyakit genetik, seseorang akan lebih rentan terkena penyakit tersebut jika memiliki keluarga yang menderita penyakit serupa. Namun, perlu diingat bahwa timbulnya suatu penyakit merupakan kombinasi faktor genetik, lingkungan dan gaya hidup yang kurang sehat (Nur et al., 2021).

Kondisi kesehatan dapat mempengaruhi kapasitas fungsi paru seseorang. Kekuatan otot-otot pernapasan dapat berkurang akibat sakit. Terdapat riwayat penyakit pekerjaan yang menghadapi debu akan mengakibatkan pneumokoniosis dan salah satu pencegahannya dapat dilakukan dengan menghindari diri dari debu dengan cara memakai masker saat bekerja (Suma'mur 2009).

## 5. Alat Pelindung Diri (APD)

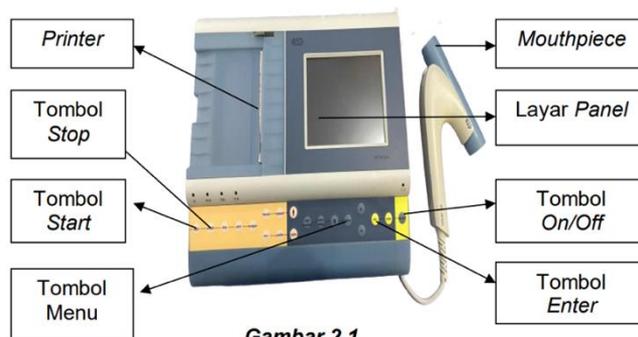
APD mengurangi konsumsi partikel debu adalah masker. Dengan Penggunaan APD ini dapat mengurangi resiko bahaya Potensi paparan partikel Pb dan debu dari tempat kerja. Cara pakai maskernya bagus mengurangi dan melindungi kesehatan. masker bekerja mencegah penetrasi partikel berbahaya Pernafasan B. mengandung gas, uap, debu

atau udara Polusi, racun dan zat pengganggu lainnya. Faktor: Oleh karena itu, penggunaan masker bisa menjadi sarana perlindungan untuk mencegah orang menghirup partikel berbahaya (Sinurat, 2020).

### 1. 8 Tinjauan Umum tentang Kapasitas Paru

Kapasitas Vital Paru (KVP) merupakan jumlah udara maksimal pada seseorang yang dikeluarkan dari satu tarikan nafas yang melewati paru setelah udara dipenuhi secara maksimal. Nilai KVP adalah suatu volume udara yang diekspirasikan seseorang setelah seseorang tersebut melakukan inspirasi secara maksimal dan kemudian seseorang tersebut melakukan ekspirasi secara maksimal. Nilai yang dihasilkan dari pengukuran ini sangat sensitive sehingga nilai KVP tersebut bisa digunakan untuk melakukan diagnosa atau menentukan ada atau tidaknya gangguan pada fungsi paru seseorang (Novianto, 2019).

Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kapasitas paru yaitu Spirometer, sebagai berikut.



**Gambar 2.1**

Spirometer

Sumber: Data Sekunder, 2024

Adapun fungsi dari bagian-bagian spirometer yaitu:

1. Layar panel sebagai monitor pada alat
2. *Mouthpiece* sebagai corong tempat dikeluarkannya nafas dari paru-paru
3. Tombol on/off untuk menginput pilihan yang telah dipilih pada menu.
4. Printer untuk mencetak hasil pengukuran kapasitas paru
5. Tombol stop untuk menghentikan perhitungan pada alat
6. Tombol start sebagai tombol untuk memulai perhitungan alat
7. Tombol menu untuk menampilkan pilihan yang harus diisi sebelum pengukuran dimulai.

Instrumen untuk mengukur kapasitas vital paru dalam spirometer. Spirometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur volume udara (liter) yang keluar dan masuk paru. Cara penggunaan spirometer yaitu dengan bernafas menggunakan mulut melalui *mouthpiece* dengan posisi hidung ditutup. Spirometer dihubungkan ke komputer melalalui sambungan USB. Aktivitas spirometer dipantau melalui komputer hingga mendapatkan angka

hasil dalam satuan liter. Pengukuran kapasitas vital dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan setiap subjek atau sampel dan diambil angka yang terbesar (Putra et al., 2020).

Spirometri sangat penting dalam mendeteksi beberapa kelainan yang berhubungan dengan gangguan pernapasan. Kapasitas vital paru adalah jumlah maksimum udara yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru setelah terlebih dahulu menghisap (Laksono et al., 2019). Menurut Muhammad (2020), faal paru dinamis terdiri dari 7 yaitu:

1. *Forced Vital Capacity*

FVC adalah volume ekspirasi maksimal (secara paksa) setelah individu melakukan inspirasi maksimal atau volume gas yang dihembuskan sekuatnya dan secepatnya setelah suatu inspirasi maksimal. FVC yang bertujuan untuk melihat apakah seseorang menderita obstruksi saluran pernapasan.

2. *Forced Expiratory Volume*

FEV adalah suatu volume gas yang dapat dikeluarkan selama jarak waktu yang telah ditentukan. FEV tersebut dapat mendeteksi suatu kelainan pada saluran pernapasan besar, akan tetapi FEV ini tidak dapat mendeteksi pada saluran pernapasan yang kecil.

3. *Forced expiratory flow*

FEF merupakan suatu aliran rata-rata dari jumlah gas yang dapat dikeluarkan setelah 200 ml gas pertama, FEF ini dapat diukur pada saat melakukan proses forced expiratory volume.

4. *Forced expiratory flow*

FEF merupakan aliran rata-rata pada saat proses pertengahan di forced expiratory volume dan dapat disebut dengan maximal mid flow rate

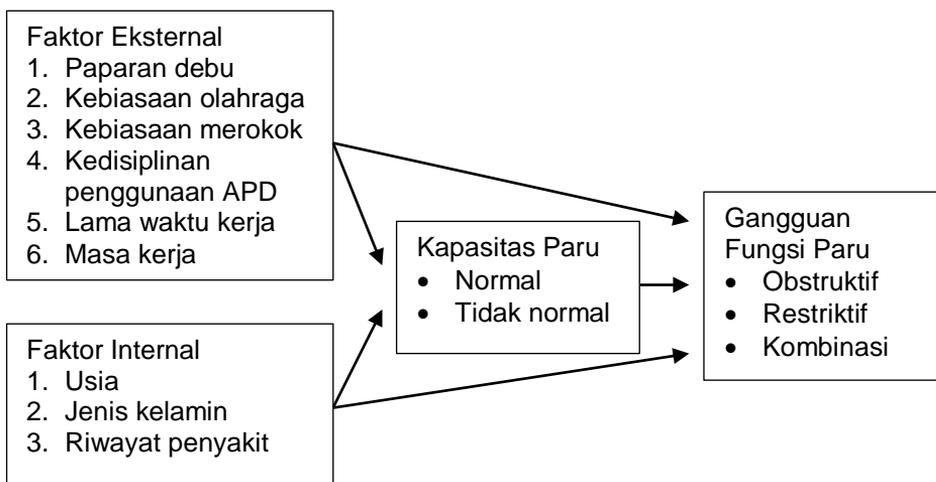
5. *Peak expiratory flow rate*

PEFR adalah aliran rata-rata yang dapat ditempuh pada saat manuver forced expiratory volume. Tujuan dari hal tersebut merupakan tes untuk pembantu diagnostik yang praktis untuk skrining atau follow up.

6. *Maximum voluntary ventilation*

MVV merupakan volume maksimal yang dapat dihirup selama 1 menit dengan suatu usaha. Tujuan tes ini untuk menentukan efek total dari sifat mekanik paru pada dinding *thorax*

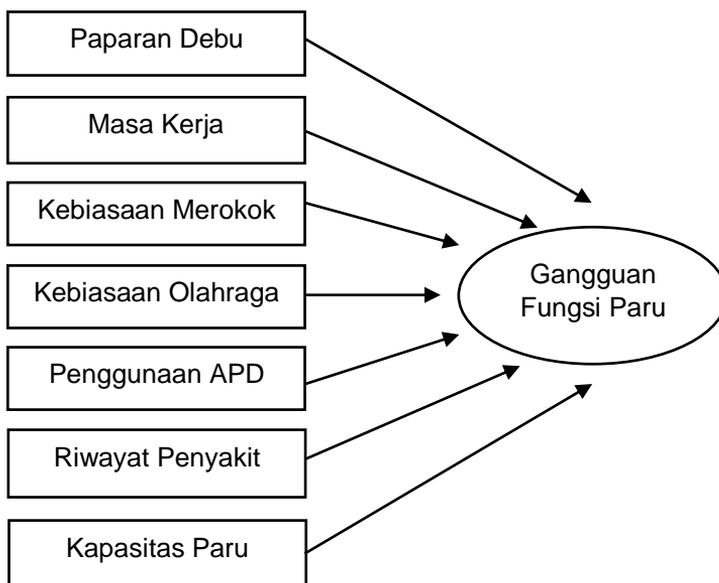
**1. 9 Kerangka Teori**



**Gambar 1.3. Kerangka Teori**

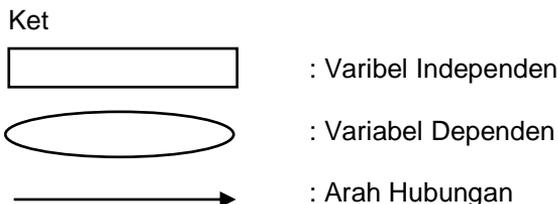
Sumber: Modifikasi Teori Rahmilah (2020), Agustina (2018), Islamiaty (2020), Susanti & Yuliawati (2018), Suhendar (2018)

**1. 10. Kerangka Konsep**



**Gambar 1. 4. Kerangka Konsep**

Sumber: Data Primer, 2024



### 1. 11. Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah dugaan sementara yang masih dibuktikan kebenarannya melalui penelitian. Berdasarkan beberapa pemaparan di atas maka pada penelitian ini diuraikan beberapa hipotesis:

- H1 Ada hubungan paparan debu dengan gangguan fungsi paru
- H2 Ada hubungan masa kerja dengan gangguan fungsi paru
- H3 Ada hubungan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru
- H4 Ada hubungan kebiasaan olahraga dengan gangguan fungsi paru
- H5 Ada hubungan Riwayat penyakit dengan gangguan fungsi paru
- H6 Ada hubungan penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru
- H7 Ada hubungan kapasitas paru dengan gangguan fungsi paru

### 1. 12 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

#### 1.12.1. Paparan Debu

Paparan debu yang dimaksud dalam penelitian ini adalah paparan debu yang mengganggu kesehatan pekerja di unit Produksi di PT. IKI dinilai dengan menggunakan alat ukur *Dust Truck*.

Kriteria Objektif:

1. Memenuhi Memenuhi syarat Kesehatan ( $<55 \mu\text{g}/\text{nm}^3$ )
2. Tidak memenuhi syarat Kesehatan ( $\geq 55 \mu\text{g}/\text{nm}^3$ )  
(Permenkes RI No.2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan)

#### 1.12.2. Gangguan Fungsi Paru

Gangguan Fungsi Paru yang dimaksud dalam penelitian ini adalah gangguan fungsi paru yang dialami oleh pekerja di Produksi di PT. IKI menggunakan kuesioner.

Penilaian kebiasaan olahraga diukur menggunakan kuesioner dengan skala gutman dengan total pertanyaan 12 butir. Jika responden menjawab tidak skor = 0 dan jika menjawab Ya skor = 1. Skor tertinggi dan terendah dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

Skor tertinggi	= Jumlah pertanyaan x skor tertinggi
	= $12 \times 1 = 12$ (100%)
Skor terendah	= Jumlah pertanyaan x skor terendah
	= $6 \times 0 = 0$ (0%)
Range (R)	= skor tertinggi – skor terendah
	= $100\% - 0\%$
	= 100%
Jumlah kategori (K)	= 2

$$\begin{aligned} \text{Interval (I)} &= R/K \\ &= 100/2 = 50\% \\ \text{Maka kriteria penilaian} &= \text{kor tertinggi} - \text{interval} \\ &= 100\% - 50\% = 50\% \end{aligned}$$

Kriteria objektif:

1. Terdapat gejala gangguan fungsi paru: jika presentase jawaban responden  $\geq 50\%$ .
2. Tidak terdapat gejala gangguan fungsi paru: jika presentase jawaban responden  $< 50\%$ .

### 1.12.3. Masa Kerja

Yang dimaksud masa kerja dalam penelitian ini yaitu pekerja di uni produksi di PT.IKI dimana memulai kerja sebagai karyawan sampai penelitian ini dilakukan dalam satuan tahun.

Kriteria objektif:

1. Baru :  $\leq 5$  tahun
2. Lama :  $> 5$  tahun

### 1.12.4. Kebiasaan Merokok

Kebiasaan merokok pekerja menghisap atau tidak menghisap rokok baik dalam keadaan istirahat maupun dalam keadaan tidak bekerja menggunakan Indeks Brikman:

Kriteria Objektif:

1. Ya, apabila pernah memiliki kebiasaan merokok
2. Tidak, apabila tidak pernah memiliki kebiasaan merokok

### 1.12.5. Kebiasaan Olahraga

Kebiasaan olahraga adalah latihan fisik teratur yang dapat meningkatkan kemampuan kapasitas pernapasan oleh pekerja dengan kategori rutin dengan tidak rutin oleh pekerja di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar.

Penilaian kebiasaan olahraga diukur menggunakan kuesioner dengan skala gutman dengan total pertanyaan 6 butir. Jika responden menjawab tidak skor = 0 dan jika menjawab Ya skor = 1. Skor tertinggi dan terendah dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Skor tertinggi} &= \text{Jumlah pertanyaan} \times \text{skor tertinggi} \\ &= 6 \times 1 = 6 \text{ (100\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Skor terendah} &= \text{Jumlah pertanyaan} \times \text{skor terendah} \\ &= 6 \times 0 = 0 \text{ (0\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Range (R)} &= \text{skor tertinggi} - \text{skor terendah} \\ &= 100\% - 0\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah kategori (K)} = 2$$

$$\begin{aligned} \text{Interval (I)} &= R/K \\ &= 100/2 = 50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kriteria penilaian} &= \text{kor tertinggi} - \text{interval} \\ &= 100\% - 50\% = 50\% \end{aligned}$$

Kriteria objektif:

1. Terdapat Rutin (Pekerja memiliki kebiasaan berolahraga): jika presentase jawaban responden  $\geq 50\%$ .
2. Tidak rutin (Pekerja tidak memiliki kebiasaan atau tidak pernah berolahraga): jika presentase jawaban responden  $< 50\%$ .

#### 1.12.6. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

Wujud tindakan sadar dari pekerja untuk selalu menggunakan APD yang digunakan seperti masker. Kepatuhan penggunaan APD semua harus dipakai saat bekerja (sesuai dengan rambu-rambu APD yang ada di tempat kerja).

Kriteria Objektif:

1. Ya Menggunakan: Jika pekerja menggunakan masker saat bekerja.
2. Tidak menggunakan: Jika pekerja tidak menggunakan masker saat bekerja

#### 1.12.7. Riwayat Penyakit

Riwayat penyakit yang diderita pekerja sebelum atau selama pekerja bekerja yang akan memberikan pengaruh pada gangguan pernafasan atau yang akan diperberat oleh gangguan fungsi paru seperti penyakit asma, TBC, pneumonia, ISPA dan PPOK.

Penilaian riwayat penyakit diukur menggunakan kuesioner dengan skala gutman dengan total pertanyaan 14 butir. Jika responden menjawab tidak skor = 0 dan jika menjawab Ya skor = 1. Skor tertinggi dan terendah dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Skor tertinggi} &= \text{Jumlah pertanyaan} \times \text{skor tertinggi} \\ &= 14 \times 1 = 14 \text{ (100\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Skor terendah} &= \text{Jumlah pertanyaan} \times \text{skor terendah} \\ &= 14 \times 0 = 0 \text{ (0\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Range (R)} &= \text{skor tertinggi} - \text{skor terendah} \\ &= 100\% - 0\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah kategori (K)} = 2$$

$$\begin{aligned} \text{Interval (I)} &= R/K \\ &= 100/2 = 50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kriteria penilaian} &= \text{kor tertinggi} - \text{interval} \\ &= 100\% - 50\% = 50\% \end{aligned}$$

Kriteria objektif:

1. Terdapat Memiliki (Jika pekerja pernah mengalami atau sedang memiliki penyakit asma, TBC, pneumonia, ISPA atau PPOK): jika presentase jawaban responden  $\geq 50\%$ .
2. Tidak memiliki (Jika pekerja tidak memiliki riwayat penyakit tersebut): jika presentase jawaban responden  $< 50\%$  pernah

#### 1.12.8. Kapasitas Paru

Kapasitas paru yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kapasitas paru yang dialami oleh pekerja di Produksi di PT.IKI dinilai

dengan menggunakan parameter forced vital capacity (FVC) dan forced expiratory in one second (FEV1) per FVC.

Fungsi paru normal: % prediksi FVC  $\geq$  75% FEV1/FVC  $\geq$  75%.

1. Gangguan restriksi = % prediksi FVC

2. Gangguan obstruksi = FEV1/FVC m

Kriteria Objektif:

1. Gangguan: Jika hasil pengukuran spirometer pada responden menunjukkan gangguan restriksi atau obstruksi.

2. Normal: Jika hasil pengukuran spirometer pada responden menunjukkan fungsi paru normal

(Rachman, 2023)

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah metode observasional analitik melalui pendekatan eksperimental dengan *cross sectional study*. Untuk menilai hubungan paparan debu dengan karakteristik individu gangguan fungsi paru pada tenaga kerja di Unit Produksi di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar.

### 2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan september sampai dengan bulan february 2024 di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar.

### 2.3 Populasi dan Sampel Penelitian

#### 2.3.1 Populasi

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pekerja bagian produksi di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Kota Makassar yaitu, sebanyak 100 pekerja. maka dari itu paparan debu hasil standblasting menyebar didaerah tersebut sehingga saya mengambil populasi dibagian produksi.

#### 2.3.2 Sampel

Sampel Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan Metode purposive sampling dan mempersempit populasi yaitu dengan jumlah seluruh pekerja bagian produksi sebanyak 100 orang dengan menghitung ukuran sampel yang dilakukan dengan menggunakan rumus lemeshow.

Adapun penentuan besar sampel yang dibutuhkan ditentukan dengan rumus Lemeshow (1997) dalam (Saputra 2017):

$$n = \frac{Z^2 \times p \times (1-p) \times N}{d^2 (N-1) + Z^2 \times p \times (1-p)}$$

Keterangan:

n = besar sampel

N = jumlah populasi (100)

z = tingkat kemaknaan yang dikehendaki (1,96)

p = perkiraan proporsi kasus yang diteliti (jika tidak diketahui maka estimasi yang digunakan adalah 0,5)

d = tingkat ketelitian yang dikehendaki (0,1)

$$= \frac{Z^2 \times p \times (1-p) \times N}{d^2 (N-1) + Z^2 \times p \times (1-p)}$$

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times (1-0,5) \times 100}{0,1^2 (100-1) + 1,96 \times 0,5 \times (1-0,5)}$$

$$n = \frac{3,8416 \times 0,25 \times 100}{0,01 \times 99 + 1,96 \times 0,25}$$

$$n = \frac{96,04}{0,99 + 0,49}$$

$$n = 64,89$$

$$n = 65$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh 65 sampel, untuk mencegah terjadinya bias pada sampel maka jumlah sampel ditambahkan 10% dari total sampel. Maka total sampel dalam penelitian ini adalah 72. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel pekerja adalah secara *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan pengambilan sampel berdasarkan atas suatu pertimbangan tertentu. Adapun kriteria inklusi sampel yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bersedia menjadi responden untuk dilakukan wawancara hingga penelitian selesai
2. Pekerja bekerja minimal 1 tahun
3. Pekerja yang bekerja di 6 titik yang diteliti.

Adapun kriteria eksklusi sampel:

1. Pekerja yang tidak bersedia diwawancarai hingga penelitian selesai.
2. Pekerja yang bekerja kurang dari 1 tahun.
3. Pekerja yang bekerja di luar 6 titik yang diteliti

## 2.4 Pengumpulan Data

### 2.4.1 Jenis Data

#### 1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari subjek penelitian dengan menggunakan alat pengukur seperti Dust Trak DRX untuk mengukur debu, Spirometer untuk mengukur kapasitas paru dan menggunakan Kuesioner sebagai sumber informasi yang dicari. Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium dan hasil wawancara menggunakan kuesioner.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain tidak langsung diperoleh oleh pihak peneliti dari subjek penelitiannya. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari jurnal, skripsi, tesis dan bahan bacaan lainnya yang ada hubungannya dengan penelitian ini.

### 2.4.2 Pengumpulan Data

#### 1. Observasi

Obeservasi ini merupakan metode pengamatan langsung yang dilakukan oleh peneliti dilokasi penelitian dengan melihat kondisi lingkungan perusahaan.

## 2. Wawancara

Wawancara yang digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara peneliti bertanya secara langsung pada responden.

## 3. Kuesioner

Peneliti bertemu langsung dengan responden dan mengisi daftar pertanyaan kuesioner tersebut

## 4. *Dust Truck*

*Dust Truck* adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi debu

## 5. *Spirometri*

*Spirometri* digunakan untuk mengukur kapasitas paru pekerja

## 2.5 Pengolahan dan Analisis Data

### 2.5.1 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan, diolah dan dianalisis dengan sistem komputerisasi program SPSS, melalui *editing*, *coding*, *entry* dan *cleaning* serta analisis data dan disajikan dalam bentuk tabel dan narasi:

1. *Editing*, Dilakukan untuk memeriksa kelengkapan dan kebenaran data seperti kelengkapan pengisian dan kesalahan pengisian
2. *Coding*, Proses pemberian kode kepada setiap variable yang telah dikumpulkan.
3. *Entry*, Memasukkan data dalam program software komputer berdasarkan klasifikasi.
4. *Tabulating*, merupakan pengorganisasian data sedemikian rupa agar dengan mudah dapat dijumlahkan, disusun dan ditata untuk disajikan dan dianalisis.
5. *Cleaning*, Pengecekan kembali data yang telah dimasukkan untuk memastikan data tersebut tidak ada yang salah, sehingga data tersebut siap diolah dan dianalisa.

### 2.5.2 Analisis Data

Analisis data adalah kegiatan mengubah data hasil penelitian menjadi informasi yang dapat digunakan untuk mengambil kesimpulan penelitian. Data yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan analisis univariat, analisis bivariat, dan multivariat.

#### 1. Analisis Univariat

Analisis univariat bertujuan menjelaskan atau mendeskripsikan karakter setiap variable penelitian. Menganalisis distribusi frekuensi dan persentase dari tiap variable.

#### 2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat bertujuan untuk menguji hipotesis hubungan variabel independen dan variabel dependen dalam bentuk tabulasi silang (*crosstab*), yaitu menggunakan program SPSS dengan uji *statistic Chi-Square*.

### 3. Analisis Multivariat

Analisis multivariat telah dilakukan oleh peneliti untuk mengetahui pengaruh dua variabel, dengan mengendalikan variabel lainnya dan mengetahui berapa besar pengaruh variabel secara murni.

#### **2.6. Penyajian Data**

Untuk keperluan pembahasan temuan penelitian, data yang telah dievaluasi disajikan dalam bentuk tabel dan narasi.