

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri 5.0 menekankan integrasi teknologi canggih dengan tenaga kerja manusia untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan. Dalam pengolahan nikel berkadar rendah seperti nikel limonit, pendekatan ini sangat relevan. Pekerja yang merasa aman dan sehat lebih fokus, termotivasi, dan efisien dalam menjalankan tugas mereka (Jamil et al., 2024). Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah aspek penting dalam industri, membawa manfaat signifikan bagi pekerja, perusahaan, dan masyarakat (Ishengoma, 2024). Kepatuhan terhadap peraturan K3 membantu perusahaan menghindari sanksi hukum, denda, dan penutupan operasional (Benson et al., 2024).

Regulasi K3 mencakup penyediaan alat pelindung diri (APD), pelatihan keselamatan, dan pengawasan kondisi kerja. Perusahaan yang berkomitmen terhadap K3 seringkali memiliki reputasi baik di mata masyarakat, karyawan, dan pemangku kepentingan. Penurunan tingkat kecelakaan dan penyakit kerja mengurangi kehilangan waktu kerja dan biaya pengobatan, meningkatkan efisiensi operasional. Penerapan standar K3 merupakan kewajiban hukum bagi perusahaan. K3 adalah aspek kritis yang melibatkan identifikasi, evaluasi, dan pengendalian risiko di tempat kerja untuk kesejahteraan karyawan (Walters, 2024).

Penyakit akibat kerja (PAK) adalah penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja (Suma'mur, 2013). Pada 2018 - 2019, 1,4 juta pekerja di Inggris mengalami penyakit akibat kerja, menyebabkan hilangnya 23,5 juta hari kerja (*Health and Safety Executive*, 2019). Di Indonesia, 26,74% pekerja melaporkan keluhan kesehatan terkait pekerjaan (Badan Pusat Statistik, 2017). Lebih dari 800 kasus penyakit paru-paru hitam dilaporkan di Virginia dalam dekade terakhir hingga 2023, menunjukkan risiko paparan debu silika yang meningkat (Howard Berkes et al., 2023).

ILO (*International Labour Organization*) memperkirakan 2,2 juta kematian terkait pekerjaan setiap tahun, dengan 350.000 kecelakaan fatal dan 270 juta kecelakaan kerja non-fatal. Setiap tahun, 160 juta pekerja menderita penyakit akibat kerja, dengan 30-40% menjadi penyakit kronis dan 10% menyebabkan cacat tetap. WHO (*World Health Organization*) melaporkan setidaknya 2 juta orang di seluruh

dunia terpapar debu kayu saat bekerja, dengan paparan tertinggi di industri furnitur kayu dan manufaktur (WHO, 2022). Di Indonesia, data BPJS Ketenagakerjaan 2022 menunjukkan peningkatan kasus kecelakaan kerja dan PAK setiap tahun.

*Labour Force Survey* di Inggris mencatat 18.000 kasus baru penyakit paru akibat kerja dalam tiga tahun terakhir (Health Safety Executive UK, 2021). Di Indonesia, data tentang penyakit paru akibat kerja masih kurang meskipun diperkirakan jumlahnya cukup tinggi. Pemeriksaan kapasitas paru di Sulawesi Selatan pada 1999 menunjukkan 45% pekerja mengalami restriksi paru, 1% mengalami obstruksi, dan 1% mengalami kombinasi keduanya. Konsentrasi PM10 di pabrik Intimkara Ternate adalah 33 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, dengan batuk berdarah memiliki nilai signifikan terhadap PM10 ( $p = 0.007$ ). Nilai ambang batas debu di tempat kerja di Indonesia diatur oleh Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan kesehatan lingkungan kerja.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 Persyaratan kesehatan lingkungan kerja industri. Peraturan ini menentukan nilai ambang batas debu di tempat kerja, sering kali merujuk pada standar internasional yang diterima. Misalnya, nilai ambang batas untuk debu silika kristalin, yang dapat menyebabkan silikosis (penyakit paru-paru kronis), diatur pada tingkat tertentu, seperti 0,025 mg/m<sup>3</sup> untuk *Respirable Crystalline Silica* (RCS) berdasarkan standar (ACGIH, 2022).

Secara umum, nilai ambang batas debu di tempat kerja ditetapkan berdasarkan jenis debu dan potensi bahayanya terhadap kesehatan pekerja. Debu total, misalnya, memiliki nilai ambang batas yang lebih tinggi, yakni 10 mg/m<sup>3</sup>. Sementara itu, debu respirable, yang dapat masuk ke bagian terdalam paru-paru, memiliki nilai ambang batas yang lebih rendah, yaitu 3 mg/m<sup>3</sup>. Debu silika, yang mengandung silika kristalin bebas dan sangat berbahaya, memiliki nilai ambang batas yang sangat rendah, yaitu 0,025 mg/m<sup>3</sup>.

Paparan debu industri yang berbahaya telah lama menjadi perhatian para ahli kesehatan kerja. Berbagai penelitian telah menunjukkan hubungan yang jelas antara paparan debu dan peningkatan risiko penyakit akibat kerja. Hal ini mendorong pengembangan standar paparan debu yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari bahaya kesehatan ini (Parvez et al., 2024a). Debu di tempat kerja telah menjadi perhatian utama dalam kesehatan dan keselamatan kerja sejak lama. Dalam berbagai industri, pekerja

sering kali terpapar debu dari bahan seperti silika, asbes, dan debu batubara, yang diketahui dapat menyebabkan penyakit serius (Bevan & Levy, 2024).

*Pneumokoniosis*, misalnya, adalah sejenis penyakit paru-paru yang terjadi akibat penghirupan partikel debu dalam jangka waktu lama, menyebabkan jaringan parut di paru-paru dan berkurangnya fungsi paru-paru (Patil et al., 2024). Silikosis dan asbestosis adalah bentuk spesifik dari pneumokoniosis yang diakibatkan oleh debu silika dan asbes, masing-masing. Kedua penyakit ini tidak hanya mengurangi kualitas hidup pekerja tetapi juga dapat berujung pada kematian (Gunarathne et al., 2024). Oleh karena itu, menetapkan nilai ambang batas (NAB) untuk berbagai jenis debu merupakan langkah krusial dalam melindungi kesehatan pekerja. NAB ini ditetapkan berdasarkan penelitian ilmiah dan bukti medis yang komprehensif, serta disesuaikan dengan standar internasional.

Implementasi NAB di tempat kerja membantu dalam memantau dan mengontrol kualitas udara, memastikan bahwa konsentrasi debu tetap berada pada tingkat yang aman dan tidak membahayakan kesehatan pekerja (Goko et al., 2023). Penerapan standar ini bertujuan untuk menetapkan batas paparan yang aman terhadap berbagai jenis debu di lingkungan kerja guna mencegah penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh inhalasi debu berbahaya (NIOSH, 2018).

Paparan debu di tempat kerja dapat membawa dampak serius bagi kesehatan, terutama pada sistem pernapasan. Berikut beberapa penyakit akibat kerja yang berhubungan dengan debu (Guseva Canu et al., 2024). Silikosis adalah penyakit paru-paru yang disebabkan oleh menghirup debu silika dari pasir, batu, dan keramik. Gejala silikosis meliputi batuk kronis, sesak napas, dan nyeri dada.

Asbestosis merupakan penyakit paru-paru yang diakibatkan oleh menghirup serat asbes dari bahan bangunan dan isolasi (Rossides et al., 2023). Gejala asbestosis termasuk batuk kronis, sesak napas, nyeri dada, serta peningkatan risiko kanker paru-paru dan mesothelioma. Bisinosis adalah penyakit paru-paru yang disebabkan oleh menghirup debu kapas atau rami dengan gejala batuk kronis, sesak napas, dan demam.

Antrakosis adalah penyakit paru-paru yang disebabkan oleh menghirup debu batubara. Gejalanya meliputi batuk hitam, sesak napas, dan penurunan berat badan. Beriliosis adalah penyakit paru-paru yang diakibatkan oleh menghirup debu berilium dari logam dan

paduan (Putus et al., 2023). Gejala beriliosis meliputi batuk kronis, sesak napas, dan kelelahan. Penyakit-penyakit ini dapat sangat mengganggu kesehatan pekerja yang terpapar debu dalam jangka panjang.

Asma akibat kerja adalah asma yang dipicu oleh paparan zat di tempat kerja, seperti debu, asap, dan bahan kimia. Gejalanya meliputi batuk, sesak napas, dan mengi. Pneumonitis kimia adalah peradangan paru-paru yang disebabkan oleh menghirup bahan kimia atau asap beracun, dengan gejala seperti batuk, sesak napas, dan nyeri dada (Eriksen et al., 2023). Bronkitis kronis adalah peradangan pada saluran udara yang disebabkan oleh paparan iritan, seperti debu, asap, dan bahan kimia. Gejalanya termasuk batuk kronis, berdahak, dan sesak napas. Penyakit-penyakit ini juga dapat menyebabkan komplikasi serius jika tidak ditangani dengan baik (Appleby, 2024).

Debu juga dapat mengiritasi mata, hidung, dan tenggorokan, menyebabkan iritasi dan peradangan. Paparan debu jangka panjang dapat meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan (Mariana et al., 2023). Debu yang mengandung bahan kimia berbahaya dapat menyebabkan keracunan dan berbagai masalah kesehatan lainnya. Penting untuk mengidentifikasi jenis debu dan bahan kimia yang ada di tempat kerja untuk menghindari dampak negatifnya. Melindungi pekerja dari paparan debu adalah langkah penting dalam menjaga kesehatan mereka.

Pencegahan terbaik dari penyakit akibat kerja yang berhubungan dengan debu adalah dengan mengendalikan paparan debu di tempat kerja. Menggunakan alat pengendali debu yang efektif, seperti ventilasi lokal dan sistem penyedot debu, sangat penting (Fang et al., 2024). Penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tepat, seperti masker debu dan *respirator*, juga diperlukan. Rutin membersihkan tempat kerja dari debu dapat mengurangi risiko paparan (Bralewska, 2024). Mendidik pekerja tentang bahaya debu dan cara pencegahannya merupakan langkah kunci dalam pencegahan.

Risiko penyakit akibat kerja di industri *High Pressure Acid Leach* (HPAL). Industri HPAL, yang merupakan bagian dari sektor pertambangan dan pengolahan mineral, menggunakan proses leaching dengan tekanan tinggi dan asam untuk mengekstraksi logam seperti nikel dan kobalt dari bijih laterit. Proses ini melibatkan penggunaan bahan kimia yang berpotensi berbahaya, seperti asam

sulfat, serta menghasilkan debu dan emisi gas yang dapat membahayakan kesehatan pekerja.

Pertambangan Industri *High Pressure Acid Leach* (HPAL) menghasilkan banyak debu dan emisi gas yang dapat membahayakan kesehatan pekerja, terutama kesehatan paru-paru. Debu yang dihasilkan dari proses pelarutan nikel limonit menggunakan tekanan tinggi dan asam sulfat mengandung bahan kimia berbahaya. Paparan debu ini dalam jangka panjang dapat menyebabkan penyakit pernapasan kronis, seperti penyakit paru-paru obstruktif kronis (PPOK), bronkitis kronis, dan asma. Selain itu, pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti masker atau *respirator* berisiko lebih tinggi mengalami gangguan kesehatan tersebut.

Penerapan teknologi HPAL dapat dioptimalkan dengan bantuan otomatisasi, kecerdasan buatan, dan analisis data yang canggih untuk meningkatkan efisiensi proses, mengurangi limbah, dan meningkatkan keselamatan kerja. Kombinasi antara teknologi canggih dan keterampilan manusia dalam pengolahan nikel kadar rendah diharapkan dapat mendukung keberlanjutan industri dan memberikan manfaat ekonomi yang signifikan.

Nikel limonit, yang memiliki kadar nikel lebih rendah dibandingkan tipe lain, dapat diolah dan dimurnikan menggunakan teknologi *High Pressure Acid Leach* (HPAL). Teknologi HPAL melibatkan pelarutan nikel limonit dalam wadah bertekanan atau bersuhu tinggi (*Autoclave*), yang memungkinkan ekstraksi nikel dan kobalt dari larutan konsentrat yang dihasilkan. Proses ini menghasilkan mineral yang lebih murni dan memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil survei pendahuluan dan wawancara dengan beberapa pekerja di bagian produksi PT. X, ditemukan adanya keluhan terkait gangguan sistem pernapasan, seperti batuk saat bekerja, gatal pada tenggorokan, sesak di dada, dan kesulitan bernapas. Selain itu, beberapa pekerja diketahui belum menggunakan alat pelindung diri (APD) yang memadai, seperti masker, untuk melindungi diri dari paparan debu.

Kondisi ini meningkatkan risiko pekerja terhadap paparan debu yang dihasilkan dari proses pelarutan nikel limonit. Berdasarkan permasalahan ini, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai Hubungan antara paparan debu dengan gangguan kesehatan paru-paru pada pekerja bagian produksi di *High Pressure Acid Leach* (HPAL). Penelitian ini diharapkan tidak hanya bermanfaat

dalam pengendalian risiko, tetapi juga dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengambilan keputusan dan kebijakan untuk mengatasi masalah kesehatan dan lingkungan di perusahaan tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana pengaruh paparan debu personal terhadap gangguan kesehatan paru-paru pada pekerja bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT.X.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

### **1.3.1 Tujuan Umum**

Penelitian ini bertujuan adalah Menganalisis pengaruh paparan debu personal dengan gangguan kesehatan paru-paru pada pekerja bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. X untuk memberikan rekomendasi pengendalian risiko kesehatan di lingkungan kerja.

### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1.3.2.1 Menganalisis hubungan antara paparan debu personal dengan kapasitas paru-paru pekerja di bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. X.

1.3.2.2 Menganalisis hubungan antara kebiasaan merokok dengan kapasitas paru-paru pekerja di bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. X.

1.3.2.3 Menganalisis hubungan antara pengetahuan dengan kapasitas paru-paru pekerja di bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. X.

1.3.2.4 Menganalisis hubungan antara persepsi dengan kapasitas paru-paru pekerja di bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. X.

1.3.2.5 Menganalisis hubungan antara motivasi dengan kapasitas paru-paru pekerja di bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. X.

1.3.2.6 Menganalisis hubungan antara ketaatan penggunaan alat pelindung pernapasan (APP) dengan kapasitas paru-paru pekerja di bagian produksi *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. X.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1. Manfaat Teoritis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis dengan meningkatkan pemahaman tentang hubungan antara

tingkat paparan debu dan risiko penyakit akibat kerja pada konteks industri tertentu, dalam hal ini Pertambangan Industri *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. Halmahera Persada Lygend (Harita Group). Hasil penelitian dapat menjadi referensi ilmiah untuk studi lanjutan dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja.

## 2. Manfaat Praktisi

- a. Bagi Lokasi Penelitian, Memberikan informasi yang mendalam tentang kondisi paparan debu dan risiko penyakit akibat kerja di Pertambangan Industri *High Pressure Acid Leach* (HPAL) PT. Halmahera Persada Lygend (Harita Group). Rekomendasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk meningkatkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja, termasuk perbaikan dalam pengendalian debu dan perlindungan pekerja.
- b. Bagi Universitas, Meningkatkan reputasi dalam penelitian di bidang keselamatan dan kesehatan kerja. Menjadi bukti kontribusi universitas dalam memberikan solusi untuk masalah kesehatan pekerja industri.
- c. Bagi Peneliti, Meningkatkan keterampilan penelitian dan pemahaman dalam menerapkan konsep-konsep teoritis dalam praktik di lapangan. Memberikan pengalaman dalam mengelola dan menganalisis data lapangan secara komprehensif.

## 1.5. Tinjauan Umum Penelitian

### 1. Tinjauan Umum Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja atau biasa disebut K3 merupakan suatu elemen dalam system ketenagakerjaan yang memiliki peran penting dalam keberlangsungan roda ekonomi di tempat atau satuan kerja. Menurut Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Indonesia adalah peraturan yang bertujuan untuk melindungi pekerja, perusahaan, dan lingkungan kerja dari risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

Keselamatan kerja adalah aspek penting dalam lingkungan kerja yang bertujuan untuk menciptakan tempat kerja yang aman dan bebas dari kecelakaan dan bahaya bagi para pekerja (Cagno et al., 2024). Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek penting dalam industri untuk memastikan pekerja terhindar dari kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Penerapan K3 yang

efektif dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja, serta menciptakan lingkungan kerja yang kondusif (Trask & Linderoth, 2023).

Bahaya yang ada disekitar kita merupakan tantangan bagi kita untuk mencari cara agar bisa selamat dengan memanfaatkan kemampuan berfikir kita. Bahaya memang tidak bisa kita hilangkan tetapi tetap bisa kita kendalikan dan minimalisir dampaknya dengan upaya-upaya penerapan K3 sehingga kita bisa menjalani hidup ini dengan tetap selamat dan aman (Jilcha, 2023).

Menurut International Association of Safety Professional, Filosofi K3 terbagi menjadi 8 filosofi yaitu (Thallapureddy et al., 2023) :

a. *Safety is an ethical responsibility*

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah tanggung jawab moral/etik. Masalah K3 hendaklah menjadi tanggung awab moral untuk menjaga keselamatan sesama manusia. K3 bukan sekedar pemenuhan perundangan atau kewajiban.

b. *Safety is a culture, not a program*

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bukan sekedar program yang dijalankan perusahaan untuk sekedar memperoleh penghargaan dan sertifikat. K3 hendaklah menjadi cerminan dari budaya dalam organisasi.

c. *Management is responsible*

Manajemen perusahaan adalah yang paling bertanggung jawab mengenai K3. Sebagian tanggung jawab dapat dilimpahkan secara beruntun ke tingkat yang lebih bawah.

d. *Employee must be trained to work safety*

Setiap tempat kerja, lingkungan kerja, dan jenis pekerjaan memiliki karakteristik dan persyaratan K3 yang berbeda. K3 harus ditanamkan dan dibangun melalui pembinaan dan pelatihan.

e. *Safety is a condition of employment*

Tempat kerja yang baik adalah tempat kerja yang aman. Lingkungan kerja yang menyenangkan dan serasi akan mendukung tingkat keselamatan. Kondisi K3 dalam perusahaan adalah pencerminan dari kondisi ketenagakerjaan dalam perusahaan.



*f. All injuries are preventable*

Prinsip dasar dari K3 adalah semua kecelakaan dapat dicegah karena kecelakaan ada sebabnya. Jika sebab kecelakaan dapat dihilangkan maka kemungkinan kecelakaan dapat dihindarkan.

*g. Safety program must be site-specific*

Program K3 harus dibuat berdasarkan kebutuhan kondisi dan kebutuhan nyata di tempat kerja sesuai dengan potensi bahaya sifat kegiatan, kultur, kemampuan finansial, dll. Program K3 dirancang spesifik untuk masing-masing organisasi atau perusahaan

*h. Safety is good business*

Melaksanakan K3 jangan dianggap sebagai pemborosan atau biaya tambahan. Melaksanakan K3 adalah sebagai bagian dari proses produksi atau strategi perusahaan. Kinerja K3 yang baik akan memberikan manfaat terhadap bisnis perusahaan

## **2. Tinjauan Umum Tentang Kesehatan Kerja**

Kesehatan kerja merupakan cabang ilmu kesehatan yang berfokus pada upaya mencapai kondisi kesehatan optimal bagi para pekerja, baik secara fisik, mental, maupun sosial. Upaya ini melibatkan langkah-langkah pencegahan dan pengobatan terhadap penyakit atau gangguan kesehatan yang disebabkan oleh faktor pekerjaan dan lingkungan kerja, serta penyakit umum (Suma'mur, 2013).

Status kesehatan seseorang, menurut Blum ditentukan oleh empat faktor yakni (Ay et al., 2024) :

- a. Lingkungan merupakan, mencakup lingkungan fisik (baik alami maupun buatan), kimia (organik, anorganik, logam berat, atau debu), biologis (virus, bakteri, dan mikroorganisme lainnya), serta sosial budaya (aspek ekonomi, pendidikan, dan pekerjaan).
- b. Perilaku ialah mencakup sikap, kebiasaan, dan tingkah laku individu.
- c. Pelayanan Kesehatan adalah mencakup upaya promotif, perawatan, pengobatan, pencegahan kecacatan, serta rehabilitasi.
- d. Genetik ialah merupakan faktor yang diwariskan oleh setiap individu.

Pekerjaan memiliki potensi untuk berdampak negatif pada kesehatan, namun sebaliknya, pekerjaan juga dapat meningkatkan tingkat kesehatan dan kesejahteraan pekerja jika dikelola dengan baik. Selain itu, status kesehatan pekerja sangat mempengaruhi produktivitas mereka; pekerja yang sehat cenderung menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan pekerja yang mengalami gangguan kesehatan (Bergefurt et al., 2024).

Pada tahun 1950, sebuah komisi gabungan dari ILO dan WHO merumuskan definisi kesehatan kerja. Menurut komisi tersebut, kesehatan kerja adalah upaya promosi dan pemeliharaan kesejahteraan fisik, mental, dan sosial pekerja di berbagai posisi kerja sebaik mungkin (ILO, 2023). Upaya ini membutuhkan partisipasi aktif dari manajer dan serikat pekerja. Bidang ini melibatkan berbagai profesional seperti dokter, ahli higiene kerja, ahli toksikologi, ahli mikrobiologi, ahli ergonomi, perawat, sarjana hukum, ahli laboratorium, ahli epidemiologi, dan insinyur keselamatan (Schenk et al., 2024).

Menurut Suma'mur (2013), tujuan kesehatan kerja meliputi beberapa aspek penting yaitu :

- a. Menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif.
- b. Mencegah dan memberantas penyakit serta kecelakaan yang berkaitan dengan pekerjaan.
- c. Memelihara dan meningkatkan kesehatan serta gizi para pekerja.
- d. mengatasi kelelahan kerja sekaligus meningkatkan semangat dan kepuasan kerja.
- e. Merawat dan meningkatkan efisiensi serta produktivitas tenaga manusia. Keenam, melindungi masyarakat di sekitar perusahaan terkait.
- f. Melindungi masyarakat luas dari potensi bahaya yang dapat ditimbulkan oleh produk-produk industri.

Penyakit akibat kerja adalah penyakit yang timbul akibat pekerjaan seseorang. Penyakit ini dapat disebabkan oleh tindakan tidak aman (*unsafe act*) dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*). Tindakan tidak aman adalah perilaku yang menyimpang dari peraturan yang telah ditetapkan dan dapat membahayakan diri sendiri serta orang lain. Sedangkan kondisi tidak aman adalah segala situasi yang berpotensi membahayakan diri sendiri, orang lain, peralatan, atau

lingkungan sekitar (Filomena & Picchio, 2024). Menurut Budiono, kecelakaan kerja 96% disebabkan oleh tindakan tidak aman dan hanya 4% oleh kondisi tidak aman (Budiono, 2009).

### 3. Tinjauan Umum Tentang Definisi Bahaya Debu

Dalam konteks pencemaran udara, debu sering disebut sebagai partikel yang mengambang di udara (*Suspended Particulate Matter/SPM*) dengan ukuran antara 1 mikron hingga 500 mikron. Keberadaannya sering kali menjadi indikator pencemaran baik di dalam maupun di luar ruangan, yang dapat mengancam lingkungan serta keselamatan dan kesehatan pekerja. Debu industri yang tersebar di udara umumnya dapat dibagi menjadi dua kategori (Choudhury et al., 2023).

- a. *Deposit Particulate Matter* yaitu partikel debu yang hanya sementara di udara. Partikel ini akan segera mengendap karena daya tarik bumi.
- b. *Suspended Particulate Matter* adalah debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap.

Menurut Suma'mur (2013), Debu merupakan partikel-partikel zat padat yang dihasilkan oleh kekuatan alamiah atau mekanis, seperti proses pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, peledakan, dan aktivitas lainnya pada bahan organik maupun anorganik. Secara fisik, debu diklasifikasikan sebagai pencemar dengan dua jenis utama, yaitu padat dan cair. Debu yang terdiri dari partikel-padat dapat dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan sifat dan karakteristiknya.

#### c. *Dust*

*Dust* terdiri dari berbagai ukuran mulai dari yang submikroskopik sampai yang besar. Debu yang berbahaya adalah ukuran yang bisa terhirup ke dalam sistem pernafasan, umumnya lebih kecil dari 100 mikron dan bersifat dapat terhirup ke dalam paru-paru.



Gambar 1.1. *Dust Industry*

Sumber : Data Primer, 2024

*Dust* terdiri dari berbagai ukuran mulai dari yang submikroskopik sampai yang besar. Debu yang berbahaya adalah ukuran yang bisa terhirup ke dalam sistem pernafasan, umumnya lebih kecil dari 100 mikron dan bersifat dapat terhirup ke dalam paru-paru.

Debu merupakan jenis aerosol padat yang terbentuk akibat proses seperti penghancuran, pengampelasan, tumbukan cepat, peledakan, dan decreptitation dari bahan organik maupun anorganik seperti batu, bijih, logam, batubara, kayu, dan tanaman. Di lingkungan kerja, debu didefinisikan sebagai partikulat padat dengan diameter antara 0,1 hingga 25  $\mu\text{m}$ , meskipun beberapa sumber juga mempertimbangkan partikulat dalam kisaran 0 hingga 100  $\mu\text{m}$ . Partikel debu yang berukuran kurang dari 5  $\mu\text{m}$  memiliki kemampuan untuk mencapai bagian dalam paru-paru atau alveolus (Friedman et al., 2023).

d. *Fumes*



Gambar 1.2 *Fumes Industry*  
 Sumber : Data Primer, 2024

*Fumes* merupakan partikel-partikel zat padat yang terbentuk melalui kondensasi gas, umumnya setelah penguapan dari benda padat yang dipanaskan dan proses lainnya. Proses ini sering disertai dengan oksidasi kimia yang menghasilkan zat seperti *cadmium* dan timbal (Khoshakhlagh et al., 2023).

e. *Smoke*



Gambar 1.3. *Smoke*  
 Sumber : Data Primer, 2024

Asap ASAP berasal dari proses pembakaran bahan organik yang tidak lengkap dan memiliki ukuran sekitar 0,5 mikrometer (Das et al., 2024).

**Tabel 1.1.**  
**Jenis Debu yang Mengganggu Pernapasan Manusia**

No.	Jenis Debu	Contoh
1.7.3	<b>Organik</b>	
	<b>1.7.3.1. Alamiah</b>	
	a. Fosil	a. Batu bara, karbon hitam, arang, granit.
	b. Bakteri	b. TBC, antraks, enzim, bacillus.
	c. Jamur	c. Histoplasmosis, kriptokokus.
	d. Virus	d. Thermophilic
e. Sayuran	e. Cacar air, Q fever, psikatosi	
f. Binatang		

No.	Jenis Debu	Contoh
		f. Padi, gabus, serat nanas, alang-alang Kotoran burung, ayam
	<b>1.7.3.2 Sintesis</b>	
	a. Plastik b. Reagen	a. Quarz, trymite cristobalite b. Diatomaceous earth, silica gel
<b>1.7.2</b>	<b>Anorganik</b>	
	<b>1.7.2.1. Silika Bebas</b>	
	a. Crystalline b. Amorphous	a. Quarz, trymite cristobalite b. Diatomaceous earth, silica gel
	<b>1.7.2.2. Silika</b>	
	a. Fibrosis b. Lain-lain	a. Asbestosis, sillinamite, talk b. Mika, kaolin, debu Industri
	<b>1.7.2.3. Metal</b>	
	a. Inert b. Bersifat	a. Besi, barium, titanium, alumunium, seng b. Arsen, kobal, nikle, uranium, khrom

Sumber: Spellman (2006)

#### 4. Tinjauan Umum Tentang Sifat-sifat Debu

Debu yang tidak berflokulasi, kecuali oleh gaya tarikan elektris, tidak menyebar secara difusi, dan cenderung turun akibat gaya tarik gravitasi bumi. Debu dalam atmosfer di lingkungan kerja umumnya berasal dari bahan mentah atau hasil produksi industri (Depkes 2002). Sifat-sifat debu ialah :

- a. Sifat Pengendapan Debu yang cenderung mengendap disebabkan oleh gaya gravitasi bumi. Partikel-partikel yang terdapat dalam debu yang telah mengendap cenderung memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan partikel debu yang masih tersuspensi di udara.
- b. Permukaan cenderung selalu basah Permukaan debu yang terus-menerus lembab disebabkan oleh adanya lapisan air sangat tipis yang melapisi permukaannya. Karakteristik ini memiliki signifikansi penting dalam upaya mengontrol debu di lingkungan kerja.

- c. Sifat Penggumpalan Permukaan debu yang terus-menerus lembab menyebabkan partikel-partikel debu saling menempel membentuk gumpalan. Kelembaban udara yang melebihi titik jenuh serta keberadaan turbulensi memfasilitasi proses penggumpalan debu dengan lebih efektif.
- d. Debu Listrik Statik Debu memiliki sifat listrik statis yang mampu menarik partikel berlawanan, mempercepat proses penggumpalan partikel dalam larutan debu.
- e. Sifat Opsi Opsi adalah partikel yang basah/lembab lainnya dapat memancarkan sinar yang dapat terlihat dalam kamar gelap

#### 5. Tinjauan Umum Tentang Jenis-jenis Bahaya Debu

Menurut macamnya, debu diklasifikasikan atas 3 jenis yaitu (Esgici et al., 2023):

- a. Debu Organik  
Debu merupakan partikel-partikel yang berasal dari organisme hidup, seperti debu kapas, serbuk daun, dan bahkan tembakau.
- b. Debu Metal  
Debu tersebut mengandung elemen-elemen logam berbahaya seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsenik.
- c. Debu Mineral  
Debu yang di dalamnya terkandung senyawa kompleks ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_3$ , dll).  
Debu memiliki variasi karakter yang beragam, mencakup debu fisik seperti tanah, batu, dan mineral, debu kimia yang terdiri dari organik dan anorganik, serta debu biologis yang mencakup virus, bakteri, dan kista. Selain itu, terdapat jenis debu eksplosif yang mudah terbakar seperti batu bara dan Pb, debu radioaktif seperti uranium dan plutonium, serta debu inert yang tidak bereaksi kimia dengan zat lain (Raj et al., 2023).

#### Bahaya Debu Berdasarkan Sifat Fisik

Debu respirabel merupakan partikel-partikel debu dengan ukuran kurang dari 10 mikrometer yang mampu terhirup dan dapat menembus hingga ke dalam alveoli paru-paru. Kategori debu ini memunculkan risiko tinggi terhadap penyakit pernapasan serius seperti *pneumokoniosis*, *bronkitis*,

*emfisema*, dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK). Contoh debu respirabel meliputi debu silika, asbes, serat kapas, serta partikel logam (Shoaib et al., 2024).

Debu non-respirabel, yang memiliki ukuran partikel lebih dari 10 mikrometer, cenderung terperangkap di saluran pernapasan bagian atas dan dapat dengan mudah dikeluarkan melalui batuk atau bersin. Jenis debu ini berpotensi menyebabkan iritasi ringan pada saluran pernapasan bagian atas, seperti terjadinya faringitis. Contoh-contoh debu non-respirabel mencakup debu kayu, kapur tulis, dan debu jalanan (S. Wang et al., 2024).

Partikulat debu thoracic, merupakan partikulat debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernafasan atas dan masuk ke dalam saluran udara di paru-paru.

**Bahaya Debu Berdasarkan Sifat Kimia**

Debu beracun yang mengandung bahan kimia seperti silikon dioksida, asbes, dan timbal dapat mengakibatkan keracunan serius serta kerusakan pada organ tubuh. Contoh efek keracunan ini termasuk silikosis, yang merupakan kerusakan paru-paru karena paparan silika, asbestosis yang disebabkan oleh paparan asbes, dan saturnisme yang merupakan kondisi keracunan akibat timbal (Fitzgerald, 2024).

Debu alergenik, seperti tungau debu, serpihan hewan peliharaan, dan serbuk sari, memiliki potensi untuk memicu respons alergi pada individu yang rentan. Gejala yang mungkin timbul akibat alergi debu meliputi bersin-bersin, hidung tersumbat, mata yang terasa gatal, serta kemungkinan ruam kulit pada beberapa kasus (A. Li et al., 2024)

**Bahaya Debu Berdasarkan Sumbernya**



Gambar 1.4. *Industri* PT. Halmahera Persada Lygend

Sumber : Data Primer, 2024

Debu industri, yang berasal dari proses seperti penggerindaan batu untuk silika, pengelasan logam, dan



produksi tekstil yang menghasilkan debu kapas, berpotensi menimbulkan penyakit pernapasan dan keracunan yang serius bagi pekerja (L. Chen et al., 2024).



Gambar 1.5. Konstruksi PT. X  
Sumber : Data Primer, 2024

Debu konstruksi, yang meliputi partikel dari material seperti semen, kayu, dan asbes, berpotensi menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan manusia, seperti iritasi, reaksi alergi, dan penyakit *pneumokoniosis* yang terkait dengan kondisi pekerjaan di sektor konstruksi.



Gambar 1.6. Pertanian di kabupaten X  
Sumber : google, 2024

Debu pertanian, yang timbul dari operasi pertanian seperti pengolahan biji-bijian, penggunaan pupuk, dan aplikasi pestisida, berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan manusia, termasuk iritasi, reaksi alergi, dan risiko keracunan yang dapat mengancam kesehatan.



Gambar 1.7. Debu Rumah Tangga  
Sumber : Data Primer, 2024

Debu rumah tangga, yang terdiri dari beragam partikel seperti debu tungau, serpihan kulit yang telah mati, dan serat kain, dapat mengakibatkan gangguan pada sistem pernapasan seperti iritasi, reaksi alergi, dan bahkan memicu serangan asma.

#### 6. Tinjauan Umum Tentang Sumber Debu

Partikel kecil yang bersifat toksik, yang disebut debu, berasal dari berbagai sumber dan tersebar melalui udara. Debu sering kali timbul akibat aktivitas mekanis seperti operasi industri, transportasi, dan kegiatan manusia lainnya. Kehadirannya dapat membahayakan kesehatan manusia serta lingkungan sekitarnya (Meo et al., 2024).

Debu merupakan partikel kecil yang tersuspensi di udara dengan ukuran berkisar antara 1 hingga 100 mikron. Sumber debu bervariasi, dapat berasal dari proses alami maupun aktivitas manusia (antropogenik) (Ortiz-Rojas et al., 2024)

##### a. Sumber Debu Alami

1. Angin Angin memiliki kemampuan untuk mengangkat butiran tanah, pasir, dan debu dari permukaan bumi dan menghantarkannya ke udara.
2. Gunung Berapi Erupsi gunung berapi mengeluarkan abu dan gas vulkanik yang dapat membentuk partikel debu di atmosfer.
3. Kebakaran Hutan
4. Kebakaran hutan melepaskan asap dan partikel debu ke udara.
5. Badai Pasir Badai pasir dapat membawa debu dari daerah gurun ke wilayah lain.

6. Biota Serbuk sari, spora jamur, dan bulu hewan merupakan sumber debu organik di udara.
- b. Sumber Debu Antropogenik
  1. Industri Aktivitas industri seperti pembakaran bahan bakar fosil, pengolahan mineral, dan konstruksi menghasilkan emisi debu ke udara.
  2. Kendaraan bermotor Kendaraan bermotor mengeluarkan emisi gas buang dan debu jalanan ke udara.
  3. Pertanian Aktivitas pertanian seperti pembajakan tanah, panen, dan pengolahan hasil panen dapat menghasilkan debu.
  4. Pembangunan Kegiatan pembangunan seperti pembongkaran bangunan dan konstruksi jalan raya menghasilkan debu.
  5. Kebakaran Domestik Pembakaran bahan bakar fosil untuk memasak dan menghangatkan rumah menghasilkan emisi debu ke udara.

## **7. Tinjauan Umum Tentang Dampak Paparan Bahaya Debu pada Kesehatan**

Paparan debu dalam jangka waktu yang panjang dapat mengakibatkan gangguan pada saluran pernapasan. Beberapa faktor yang mempengaruhi dampak debu terhadap saluran pernapasan meliputi durasi paparan yang berkepanjangan, jenis debu yang terhirup, serta kebiasaan individu dalam menggunakan alat pelindung pernapasan (Yang et al., 2023).

### **1. Jenis Debu**

Faktor utama yang menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan adalah jenis debu yang terlibat. Debu dapat menjadi pemicu utama masalah kesehatan ini karena dapat memicu reaksi alergi atau peradangan pada saluran pernapasan. Gangguan ini sering kali dipicu oleh paparan debu dalam lingkungan kerja atau lingkungan yang terkontaminasi debu secara berlebihan (Firmansyah et al., 2023).

### **2. Konsentrasi Debu**

Efek dari peningkatan konsentrasi debu adalah gangguan pada sistem pernapasan manusia. Kadar debu yang tinggi dapat menyebabkan gangguan dalam proses pernapasan

individu. Hal ini menandakan pentingnya pengelolaan lingkungan kerja yang baik untuk menjaga kesehatan pekerja (Spellman, 2006).

### 3. Ukuran Partikel Debu

Gangguan pada saluran pernapasan yang disebabkan oleh ukuran partikel debu menentukan lokasi deposisi debu di dalam sistem pernapasan. Partikel debu berukuran 5-10  $\mu$  akan terperangkap di saluran pernapasan bagian atas, sedangkan yang berukuran 3-5  $\mu$  akan terdapat di saluran pernapasan bagian tengah seperti trakea dan bronkiolus. Partikel debu dengan ukuran 1-3  $\mu$  akan terdeposisi di permukaan alveoli, sementara partikel debu yang lebih kecil dari 0,1  $\mu$  cenderung tidak mengalami deposisi dan dapat bergerak masuk keluar dari alveoli. Secara umum, semakin kecil ukuran partikel debu, semakin besar dampak negatifnya terhadap sistem pernapasan manusia (ACGIH, 2022).

### 4. Durasi Paparan

Paparan debu yang berkepanjangan berpotensi meningkatkan risiko gangguan pada saluran pernapasan manusia secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama seseorang terpapar debu, semakin besar dampak negatifnya terhadap kesehatan saluran pernapasan.

Oleh karena itu, penting untuk mengambil langkah-langkah pencegahan yang efektif guna mengurangi eksposur debu dalam lingkungan kerja atau aktivitas sehari-hari (Ding et al., 2023)

## 8. Tinjauan Umum Tentang Pengukuran Debu di Udara

Pengukuran kadar debu di udara bertujuan untuk menilai apakah tingkat partikel debu di lingkungan kerja memenuhi standar keselamatan dan kesehatan yang sesuai bagi para pekerja. Alat-alat yang biasa digunakan untuk pengambilan sampel debu total (TSP) di udara seperti (Tuan et al., 2024) :

*High Volume Air Sampler*

*Low Volume Air Sampler*

*Low Volume Dust Sampler*

*Personal dust Sample*

## 9. Tinjauan Umum Tentang Nilai Ambang Batas Bahaya Debu

Nilai ambang batas (NAB) untuk paparan debu adalah batas maksimal yang dapat diterima oleh sistem pernapasan dalam jangka waktu tertentu. Jika tingkat paparan debu melebihi NAB dan durasi paparan tinggi, seseorang bisa mengalami gangguan pernapasan. Standar NAB untuk paparan debu diatur dalam berbagai peraturan, mencakup paparan debu di tempat kerja, batas tingkat paparan debu, serta dampak paparan debu terhadap kesehatan.

### 1.13.1 Nilai Ambang Batas International

Menurut ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) menetapkan bahwa batas konsentrasi debu respirabel (yang dapat terhirup) adalah  $10 \text{ mg/m}^3$  TWA (*Time-Weighted Average*) dan debu total adalah  $15 \text{ mg/m}^3$  (TWA).

Menurut OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) tahun 2024, batas ambang batas untuk debu respirabel yang dapat terhirup adalah  $5 \text{ mg/m}^3$  (TWA), sedangkan untuk debu total adalah  $15 \text{ mg/m}^3$  (TWA) (ACGIH, 2022).

Berdasarkan standar dari NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), batas aman paparan debu yang dapat terhirup (*respirable dust*) adalah sebesar  $5 \text{ mg/m}^3$  (TWA). Sementara itu, untuk debu total, batas aman yang ditetapkan adalah  $10 \text{ mg/m}^3$  (TWA) (NIOSH, 2018).

### 1.13.2 Nilai Ambang Batas Nasional

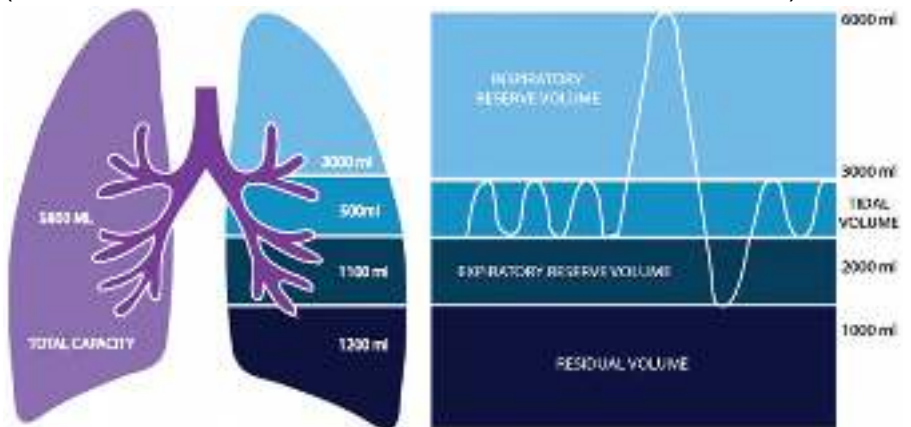
Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. Pada peraturan ini menetapkan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk kadar debu total di tempat kerja adalah  $10 \text{ mg/m}^3$  dan untuk Nilai Ambang Batas (NAB) debu aluminium tidak disebut secara spesifik dalam peraturan tersebut (Permen No. 5 Tahun 2018).

SNI 19-0232-2005 Tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja. Menurut SNI 19-0232-2005 Nilai Ambang Batas (NAB) adalah standar faktor bahaya di tempat kerja sebagai

pedoman pengendalian agar tenaga kerja masih dapat menghadapinya tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak lebih dari 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Dalam SNI 19-0232-2005 Tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja juga menetapkan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk kadar debu total ditempat kerja adalah 10 mg/m.

#### 10. Tinjauan Umum Tentang Faktor-faktor yang mempengaruhi Kapasitas Fungsi Paru-paru

Terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja tidak hanya dipengaruhi oleh kadar debu yang tinggi, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik dari masing-masing responden. Hal ini semakin menegaskan bahwa gangguan fungsi paru tidak hanya bergantung pada kadar debu di lingkungan kerja, melainkan ada faktor-faktor lain yang turut berperan (Makrufardi et al., 2024).



Gambar 1.8. Kapasitas Fungsi Paru

Sumber : Google, 2024

Beberapa faktor lain yang memengaruhi fungsi paru pekerja di lingkungan kerja antara lain adalah (Holme et al., 2023):

##### 1.14.1 Umur

Umur cenderung mempengaruhi daya tahan tubuh terhadap penyakit. Seiring bertambahnya usia, daya tahan tubuh seseorang menurun. Proses penuaan mengakibatkan jaringan secara perlahan kehilangan kemampuannya untuk memperbaiki diri,

mengganti, serta mempertahankan struktur dan fungsi normalnya. Faktor usia juga mempengaruhi elastisitas paru-paru, sebagaimana halnya dengan jaringan tubuh lainnya. Meskipun tidak selalu terdeteksi secara langsung, usia memiliki hubungan dengan kapasitas volume paru-paru, dan secara umum memberikan perubahan signifikan terhadap volume paru-paru tersebut.

#### 1.14.2 Jenis Kelamin

Pekerja perempuan cenderung lebih sering mengalami gangguan fungsi paru dibandingkan dengan pekerja laki-laki. Hal ini disebabkan oleh sebagian besar nilai fungsi paru atau kapasitas paru pada perempuan yang lebih rendah dibandingkan laki-laki. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan anatomi dan fisiologis pada komponen-komponen sistem pernapasan antara kedua jenis kelamin tersebut.

#### 1.14.3 Masa Kerja

Durasi kerja menentukan tingkat paparan seseorang terhadap debu, yang dapat menyebabkan gangguan fungsi paru. Semakin lama durasi paparan (masa kerja), semakin tinggi kemungkinan seseorang mengalami risiko tersebut. Oleh karena itu, salah satu variabel potensial yang dapat menyebabkan gangguan fungsi paru adalah lamanya seseorang terpapar debu.

#### 1.14.4 Kebiasaan Merokok

Kebiasaan merokok berdampak signifikan terhadap kapasitas paru-paru seseorang. Hampir seluruh perokok yang diamati menunjukkan penurunan fungsi paru-parunya. Merokok tidak hanya mempengaruhi tingkat pertukaran oksigen dalam darah, tetapi juga menjadi faktor risiko potensial bagi berbagai penyakit paru-paru, termasuk penyakit paru obstruktif kronik (PPOK). Oleh karena itu, kebiasaan merokok dapat menyebabkan gangguan fungsi paru-paru.

#### 1.14.5 Kebiasaan Olahraga

Pekerja yang tidak rutin berolahraga cenderung mengalami gangguan fungsi paru-paru lebih sering dibandingkan dengan pekerja yang memiliki kebiasaan berolahraga. Hal ini disebabkan oleh pentingnya kebiasaan olahraga terhadap sistem pernapasan, di mana latihan fisik yang teratur dapat meningkatkan asupan oksigen ke dalam paru-paru.

#### 1.14.6 Kebiasaan Menggunakan Masker

Penggunaan masker dapat mengurangi risiko penurunan fungsi paru-paru karena mereka mencegah paparan langsung pekerja terhadap debu yang dihasilkan. Namun, penting untuk memastikan bahwa masker yang digunakan memenuhi standar yang ditetapkan untuk menjaga efektivitasnya.

#### 1.14.7 Lingkungan Kerja

Pengaruh lingkungan kerja terhadap penurunan fungsi paru sangat signifikan. Faktor-faktor lingkungan kerja yang berpotensi mempengaruhi gangguan fungsi paru pada pekerja industri meliputi kondisi tempat kerja, sistem ventilasi, suhu, kelembaban, kepatuhan dalam menggunakan alat pelindung diri, serta posisi kerja yang diambil.

### **11. Tinjauan Umum Tentang Penyakit Akibat Kerja yang disebabkan oleh Paparan Debu**

#### a. Definisi Penyakit akibat kerja

Penyakit akibat kerja adalah penyakit yang disebabkan oleh faktor-faktor terkait pekerjaan, seperti alat kerja, bahan, proses, atau lingkungan kerja. Oleh karena itu, penyakit akibat kerja dianggap sebagai penyakit buatan manusia (Kearney et al., 2024). Sejalan dengan pendapat tersebut, ada pandangan lain yang menyatakan bahwa Penyakit Akibat Kerja (PAK) adalah gangguan kesehatan, baik fisik maupun mental, yang disebabkan atau diperparah oleh aktivitas kerja atau kondisi yang berhubungan dengan pekerjaan (Giménez et al., 2024).

#### b. Penyebab Penyakit akibat kerja

Terdapat berbagai penyebab Penyakit Akibat Kerja (PAK) yang sering terjadi di lingkungan kerja. Berikut adalah beberapa jenis yang diklasifikasikan berdasarkan



penyebab penyakit yang ada di tempat kerja (Schlünssen et al., 2023a).

#### 1. Faktor Kimia

Debu merupakan salah satu faktor kimia yang umum ditemukan di lingkungan kerja dan dapat menjadi penyebab PAK. Debu dapat mengandung berbagai macam zat berbahaya, seperti silika, asbes, dan logam berat (Dehury & Kumar, 2023). Paparan debu ini dalam jangka panjang dapat menimbulkan berbagai penyakit, antara lain:

- Paparan debu dapat menyebabkan iritasi dan kerusakan pada saluran pernapasan, yang berpotensi menimbulkan berbagai penyakit pernapasan seperti pneumokoniosis (penyakit paru-paru akibat debu), bronkitis, dan asma. Pengaruh debu terhadap kesehatan pernapasan cukup signifikan, mengingat partikel debu dapat masuk dan mengendap di dalam paru-paru (Bhat et al., 2024a). Oleh karena itu, penting untuk memahami risiko dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat guna melindungi kesehatan pernapasan.
- Paparan debu silika dan asbes secara substansial meningkatkan risiko terkena kanker paru-paru. Risiko kanker paru-paru meningkat secara signifikan akibat paparan terus-menerus terhadap partikel debu silika dan asbes (Bhat et al., 2024a). Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan dan mengelola paparan ini untuk mencegah penyakit serius tersebut.
- Debu juga dapat mengakibatkan iritasi pada mata dan kulit, serta menimbulkan gangguan pada sistem pencernaan. Paparan debu yang berkepanjangan dapat memperburuk kondisi kesehatan, terutama pada individu yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap partikel-partikel halus (Cuny et al., 2024). Oleh karena itu, penting untuk mengelola dan meminimalkan paparan debu guna menjaga kesehatan mata, kulit, dan sistem pencernaan.

#### 2. Faktor Biologi

- Mikroorganisme  
Mikroorganisme dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit, seperti infeksi saluran pernapasan,

gangguan kulit, serta penyakit pencernaan yang disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, atau parasit (Y. Li et al., 2024).

Pencegahan terhadap penyebaran mikroorganisme ini dapat dilakukan melalui pengendalian lingkungan kerja yang bersih, penggunaan alat pelindung diri yang tepat, serta edukasi yang intens terhadap praktik higiene dan sanitasi di antara pekerja (Le et al., 2024).

- Zat Alergen

Zat alergen dapat disebabkan oleh paparan bahan-bahan yang memicu alergi seperti serbuk sari, debu kayu, dan bulu hewan. Contoh penyakit akibat kerja (PAK) yang sering terjadi meliputi asma, rhinitis alergi, dan dermatitis alergi (Darbakk et al., 2024).

Pencegahan melibatkan pengendalian alergen di tempat kerja, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta edukasi pekerja mengenai alergi (Aguilar-Elena & Agún-González, 2024).

- Toksin Biologis

Toksin biologis disebabkan oleh paparan racun yang dihasilkan oleh organisme hidup seperti jamur, bakteri, dan tanaman. Contoh penyakit akibat kerja (PAK) yang disebabkan oleh toksin biologis meliputi keracunan makanan, dermatitis kontak, dan penyakit pernapasan (Arifin et al., 2023).

Pencegahan dapat dilakukan melalui pengendalian toksin biologis di tempat kerja, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta edukasi pekerja mengenai bahaya toksin biologis (Kisielinski et al., 2024).

- c. Macam-macam penyakit akibat kerja

Adapun beberapa penyakit akibat kerja, antara lain :

Pencemaran udara oleh partikel dapat timbul akibat faktor alamiah maupun aktivitas manusia, terutama melalui industri dan teknologi. Jenis partikel yang mencemari udara bervariasi sesuai dengan jenis kegiatan industri dan teknologi yang dilakukan. Dampaknya terhadap kesehatan manusia sangat signifikan, terutama dalam menyebabkan berbagai penyakit saluran pernapasan seperti *pneumoconiosis* (Zhang et al., 2024).

Pneumoconiosis adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh adanya partikel (debu) yang masuk atau mengendap didalam paru-paru. Penyakit *pneumoconiosis* banyak jenisnya, tergantung dari jenis partikel (debu) yang masuk atau terhisap kedalam paru-paru (Murgia et al., 2024). Beberapa jenis penyakit *pneumoconiosis* yang banyak dijumpai di daerah yang memiliki banyak kegiatan industri dan teknologi, yaitu *silikosis*, *asbestosis*, *bisinosisi*, *antrakosis*, dan *beriliosis* (Ardit et al., 2023).

- Penyakit Silikosis



Gambar 1.9. Penyakit silikosis X-Ray

Sumber : Google, 2024

Silikosis disebabkan oleh paparan debu silika bebas, yaitu  $\text{SiO}_2$ , yang terhirup dan mengendap di paru-paru. Debu ini umumnya ditemukan di industri seperti pabrik besi dan baja, keramik, serta tempat-tempat yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Kontrol ketat terhadap lingkungan kerja diperlukan untuk mengurangi risiko paparan debu silika dan partikel lainnya, mengingat belum adanya pengobatan yang efektif untuk penyakit ini (Seneviratne et al., 2024a).

- Penyakit Asbestos



Gambar 1.10. Penyakit Asbestosis *Scarred Lung Tissue*

Sumber : Google, 2024

Penyakit asbestosis merupakan kondisi yang disebabkan oleh paparan debu atau serat asbes di lingkungan kerja. Asbes sendiri adalah sebuah campuran silikat yang dominan mengandung magnesium silikat. Debu asbes umumnya ditemukan di berbagai pabrik dan industri yang menggunakan bahan ini, seperti pabrik pemintalan serat asbes dan pembuatan atap asbes. Paparan debu asbes dapat menyebabkan gejala seperti sesak napas, batuk dengan dahak, dan perluasan ujung jari. Pemeriksaan dahak pada penderita sering menunjukkan keberadaan debu asbes di dalamnya (Motta et al., 2024). Oleh karena itu, penggunaan asbes dalam berbagai keperluan harus disertai dengan kesadaran akan pentingnya menjaga keselamatan dan kesehatan lingkungan.

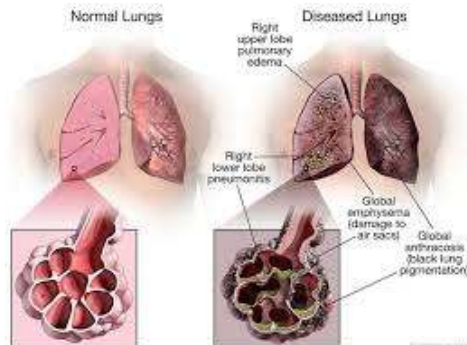
- Penyakit Bisnosis



Gambar 1.11. Penyakit Bisnosis  
Google, 2024

Penyakit bisnosis merupakan kondisi yang disebabkan oleh paparan debu kapas atau serat kapas di udara, yang kemudian terhirup ke dalam paru-paru. Pencemaran ini umumnya terjadi di lingkungan pabrik pemintalan kapas, pabrik tekstil, perusahaan, atau gudang kapas. Inkubasi penyakit ini berlangsung cukup lama, sekitar 5 tahun, sebelum munculnya gejala awal seperti sesak nafas dan rasa berat di dada, terutama pada hari Senin, hari pertama kerja setiap minggu (Mansour et al., 2014). Pada tahap lanjut, bisnosis dapat menyebabkan bronkitis kronis dan dalam kasus yang parah, dapat juga mengakibatkan emfisema.

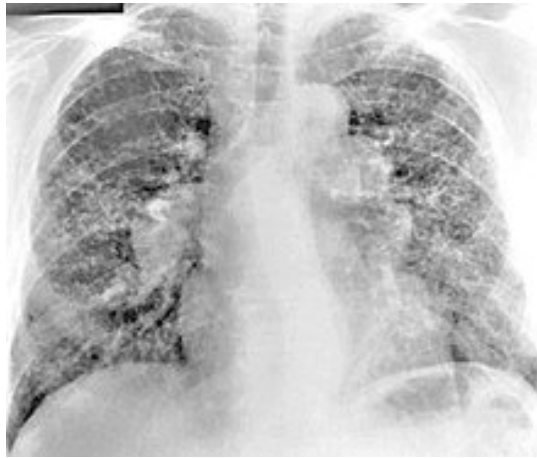
- Penyakit Antrakosis



Gambar 1.12. Anthracosis Disease  
Sumber : Data Primer, 2024

Antrakosis adalah kondisi penyakit pada saluran pernapasan yang disebabkan oleh paparan debu batu bara. Umumnya terjadi pada pekerja tambang batubara dan mereka yang sering berurusan dengan batu bara, seperti pengumpul batu bara pada tanur besi, stoker di lokomotif, serta pekerja boiler di pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batubara (Cattonar et al., 2024). *Antrakosis* terbagi menjadi tiga jenis, yakni *antrakosis* murni, *silikoantrakosis*, dan *tuberkolosisilkoantrakosis*.

- Penyakit Beriliosis

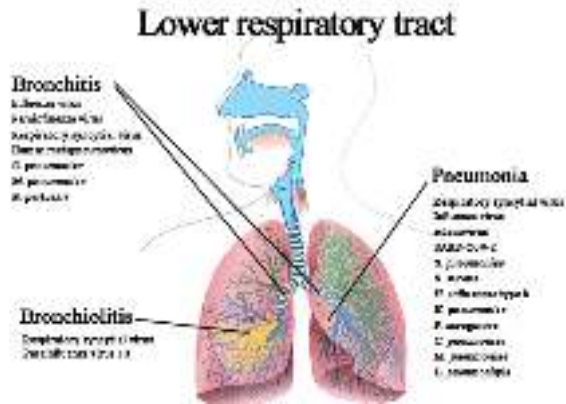


Gambar 1.13. *Berylliosis disease*

Sumber : Data Primer, 2024

Udara yang terkontaminasi oleh debu logam berilium, baik dalam bentuk murni, oksida, sulfat, maupun halogenida, dapat mengakibatkan penyakit pernapasan yang disebut *beriliosis*. Gejala dari kondisi ini mencakup *nasoparingitis*, *bronkitis*, dan *pneumonitis*, yang ditandai dengan demam ringan, batuk kering, serta kesulitan bernapas (Gravel et al., 2023). Beriliosis umumnya terjadi pada pekerja industri yang terpapar logam campuran berilium dan tembaga, serta pada pekerja di pabrik fluoresen, produksi tabung radio, dan industri pengolahan bahan pendukung nuklir.

- Penyakit Saluran Pernafasan



Gambar 1.14. *Respiratory Tract Disease*  
Sumber : Google, 2024

Penyakit pada saluran pernafasan dapat memiliki sifat akut maupun kronis. Contohnya, kejadian asma yang dipicu oleh faktor lingkungan kerja sering kali didiagnosis sebagai *tracheobronchitis* akut atau disebabkan oleh infeksi virus, sementara kondisi kronis seperti *asbestosis* menunjukkan gejala mirip dengan *Chronic Obstructive Pulmonary Disease* (COPD) atau edema paru akut (Khoshakhlagh et al., 2023). Paparan terhadap bahan kimia seperti nitrogen oksida dapat menjadi penyebab utama timbulnya kondisi ini.

- Penyakit Kulit

Dermatitis kontak umumnya bersifat non-spesifik dan cenderung mengganggu, meskipun jarang mengancam nyawa dan kadang-kadang dapat sembuh dengan sendirinya. Sebagian besar kasus dermatitis kontak dilaporkan terkait dengan pekerjaan, mencakup 90% dari total kasus (Febriana et al., 2023). Pentingnya mencatat riwayat pekerjaan dalam diagnosis adalah untuk mengidentifikasi iritan yang memicu kondisi ini, baik karena peka terhadap bahan tertentu maupun faktor-faktor lain yang terlibat.

- d. Faktor-faktor penyebab akibat kerja

- 1. Faktor Kimia

Asal bahan kimia dapat berasal dari bahan baku, bahan tambahan, hasil sementara produksi, hasil samping, atau sisa produksi. Bahan kimia ini dapat berbentuk padat, cair, gas, uap, atau partikel, serta dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan, saluran pencernaan, kulit, dan mukosa (Schenk et al., 2024). Masuknya bisa bersifat akut maupun kronis, dengan potensi efek seperti iritasi, alergi, korosifitas, asfiksia, keracunan sistemik, karsinogenitas, dan kerusakan pada janin (F. Wang et al., 2024).

Pencegahan yang efektif termasuk penggunaan *Material Safety Date Sheet* (MSDS), penggunaan alat pelindung diri seperti karet isap, sarung tangan, dan alat pelindung pernafasan, serta menghindari penggunaan lensa kontak yang dapat menyebabkan masalah kesehatan tambahan.

#### 1. Faktor Biologi

Lingkungan kerja di Pelayanan Kesehatan memberikan kondisi yang mendukung pertumbuhan strain bakteri resisten seperti *pyogenic*, *colli*, *bacilli*, dan *staphylococci*. Sumber utama bakteri ini adalah pasien, benda-benda terkontaminasi, dan udara (Atobatele et al., 2023).

Virus yang menular melalui kontak dengan darah dan sekresi, seperti HIV dan Hepatitis B, dapat menginfeksi pekerja akibat kecelakaan kecil seperti tusukan jarum yang terkontaminasi. Angka infeksi *nosokomial* di unit pelayanan kesehatan cukup tinggi, meningkatkan risiko kontaminasi bagi tenaga kesehatan (Atobatele et al., 2023).

Pencegahan infeksi meliputi pelatihan kebersihan, epidemiologi, dan desinfeksi bagi seluruh tenaga kerja, serta pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja dan sterilisasi peralatan dengan benar (Jimenez et al., 2023).

#### 2. Diagnosis Penyakit Akibat Kerja

Untuk mendiagnosis Penyakit Akibat Kerja pada seseorang, diperlukan pendekatan yang sistematis guna mengumpulkan informasi yang relevan dan menginterpretasikannya dengan akurat (Simpson et al., 2023). Pendekatan ini dapat dibagi menjadi 7 langkah panduan yang memastikan proses diagnostik dilakukan



secara komprehensif dan efektif (Filipa Ferreira et al., 2024)

3. Menentukan diagnosis klinis  
Diagnosis klinis harus dikonfirmasi terlebih dahulu melalui pemanfaatan fasilitas penunjang yang tersedia, seperti yang umumnya dilakukan dalam proses diagnosa penyakit. Setelah diagnosis ini ditegakkan, barulah dapat dipertimbangkan apakah kondisi tersebut terkait dengan lingkungan kerja atau tidak.
4. Menentukan pajanan yang dialami oleh tenaga kerja selama ini
  - a. Pengetahuan tentang pajanan yang dialami oleh seorang tenaga kerja sangat penting dalam mengaitkan suatu penyakit dengan pekerjaannya. Untuk hal ini, diperlukan anamnesis yang teliti terkait riwayat pekerjaan secara kronologis, termasuk jenis pekerjaan yang dilakukan, durasi waktu pelaksanaannya, jenis bahan yang diproduksi serta bahan baku yang digunakan, beserta tingkat pajanan yang dialami.
  - b. Selain itu, penting juga untuk mencatat penggunaan alat perlindungan diri seperti masker, pola waktu terjadinya gejala, serta informasi mengenai rekannya yang mungkin mengalami gejala serupa. Informasi tertulis seperti *Material Safety Data Sheet* (MSDS), label, dan dokumentasi lainnya juga perlu dikumpulkan untuk analisis lebih lanjut.
  - c. Menentukan apakah pajanan memang dapat menyebabkan penyakit tersebut  
Tidak ada bukti ilmiah yang mendukung klaim bahwa pajanan tertentu menyebabkan penyakit tertentu, diagnosa penyakit akibat kerja tidak dapat dikonfirmasi tanpa dasar ilmiah yang mendukung. Kehadiran bukti ilmiah dalam literatur mendukung klaim tersebut sangat penting untuk menetapkan hubungan sebab-akibat antara pajanan dan penyakit yang dialami.
  - d. Menentukan apakah jumlah pajanan yang dialami cukup besar untuk dapat mengakibatkan penyakit tersebut. Pada kasus di mana penyakit hanya muncul terkait dengan eksposur tertentu, penelitian lebih lanjut

mengenai lingkungan kerja pasien menjadi krusial. Perbandingan data yang terkait dengan literatur ilmiah diperlukan guna menegakkan diagnosis penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan.

- e. Menentukan apakah ada faktor-faktor lain yang mungkin dapat mempengaruhi. Apakah terdapat catatan mengenai riwayat penyakit atau riwayat pekerjaan yang dapat mempengaruhi kondisi paparan saat ini, seperti penggunaan alat pelindung diri (APD) ? Apakah terdapat riwayat paparan sebelumnya yang serupa sehingga meningkatkan risiko ? Selain itu, apakah terdapat riwayat kesehatan dalam keluarga yang membuat pasien lebih rentan atau sensitif terhadap paparan saat ini ?
- f. Mencari adanya kemungkinan lain yang dapat merupakan penyebab penyakit Terdapat faktor-faktor lain yang mungkin menjadi penyebab penyakit ? Apakah pasien telah terpapar dengan faktor risiko lain yang diketahui dapat menyebabkan penyakit tersebut ? Namun demikian, keberadaan penyebab tambahan ini tidak selalu cukup untuk mengesampingkan kemungkinan penyebab di lingkungan kerja.
- g. Membuat keputusan apakah penyakit tersebut disebabkan oleh pekerjaannya Setelah mengikuti langkah-langkah yang telah diuraikan, langkah selanjutnya adalah membuat keputusan berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan yang didasarkan pada pengetahuan ilmiah. Pekerjaan seringkali tidak menjadi penyebab langsung suatu penyakit, melainkan dapat memperburuk kondisi yang sudah ada sebelumnya. Sebuah pekerjaan atau paparan dapat dianggap sebagai penyebab suatu penyakit jika tanpa eksposur tersebut, pasien tidak akan mengalami penyakit tersebut. Di sisi lain, pekerjaan dapat memperburuk kondisi yang sudah ada pada saat diagnosis tanpa menjadi penyebab langsungnya, tetapi dapat mempercepat atau memperburuk perkembangan penyakit. Oleh karena itu, untuk menetapkan diagnosis Penyakit Akibat Kerja, diperlukan pengetahuan yang spesifik, data yang

terkumpul dari pemeriksaan klinis pasien, evaluasi lingkungan kerja jika memungkinkan, serta informasi epidemiologis yang relevan

#### 5. Pencegahan Penyakit Akibat Kerja

Berikut ini beberapa langkah untuk mencegah penyakit akibat kerja, antara lain menggunakan alat pelindung diri dengan benar dan teratur, mengidentifikasi risiko pekerjaan, dan mengambil langkah pencegahan untuk mencegah komplikasi lebih lanjut (Candelario et al., 2024). Segera periksakan diri ke fasilitas kesehatan terdekat jika mengalami luka yang berlanjut untuk penanganan lebih lanjut yang tepat.

Selain itu terdapat pula beberapa pencegahan lain yang dapat ditempuh seperti berikut ini (Goko et al., 2023):

##### 1.15.6.1. Pencegahan Primer – *Health Promotion*

Perilaku kesehatan di tempat kerja meliputi pengidentifikasian faktor risiko, promosi perilaku kerja yang positif, serta penekanan pentingnya olahraga teratur dan asupan gizi seimbang bagi karyawan.

##### 1.15.6.2. Pencegahan Sekunder – *Specific Protection*

Pengaturan melalui regulasi mencakup berbagai strategi, seperti pengaturan *Administratif* organisasional seperti rotasi tugas dan pembatasan jam kerja. Teknikal pengendalian termasuk penggunaan substansi, isolasi, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Selain itu, pengaturan jalur kesehatan melibatkan program imunisasi untuk memastikan keselamatan dan kesehatan lingkungan kerja yang optimal.

##### 1.15.6.3. Pencegahan Tersier

Pemeriksaan kesehatan pra-kerja serta pemeriksaan kesehatan berkala, pemeriksaan lingkungan kerja secara rutin, dan surveilans, sangat penting dilakukan. Jika ditemukan gangguan kesehatan pada pekerja, pengobatan segera harus diberikan. Selain itu, pengendalian kondisi di tempat kerja harus segera dilaksanakan untuk memastikan keselamatan dan kesehatan pekerja.

Dalam upaya mengendalikan penyakit akibat kerja, deteksi dini menjadi langkah wajib yang harus dilakukan agar

pengobatan dapat segera dimulai. Dengan demikian, penyakit tersebut dapat disembuhkan sebelum menyebabkan kecacatan, atau setidaknya mencegah kecacatan yang lebih parah. Dalam banyak kasus, penyakit akibat kerja bersifat serius dan dapat mengakibatkan kecacatan permanen (Draper-Rodi et al., 2024).

Ada dua faktor yang membuat penyakit mudah dicegah (Vitrano et al., 2023):

- 1.15.6.1. Bahan penyebab penyakit mudah diidentifikasi, diukur, dan dikontrol.
- 1.15.6.2. Populasi yang berisiko biasanya mudah didatangi dan dapat diawasi secara teratur serta dilakukan pengobatan.

Di samping itu, perubahan awal seringkali dapat dipulihkan dengan penanganan yang tepat. Oleh karena itu, deteksi dini penyakit akibat kerja sangat penting. Setidaknya ada tiga hal menurut WHO yang dapat dijadikan pedoman dalam deteksi dini (Bernasconi et al., 2024).

- 1.15.6.1. Perubahan biokimia dan morfologis dapat diukur melalui analisis laboratorium. Contohnya, penurunan aktivitas kolinesterase pada paparan pestisida organofosfat, penurunan kadar *hemoglobin* (HB), dan *abnormalitas* pada *sitologi sputum*. Penelitian ini menunjukkan pentingnya pemantauan perubahan tersebut untuk memahami dampak paparan bahan berbahaya terhadap kesehatan.
- 1.15.6.2. Perubahan kondisi fisik dan sistem tubuh dapat dievaluasi melalui berbagai pemeriksaan fisik dan laboratorium. Misalnya, pemeriksaan seperti elektrokardiogram, uji kapasitas kerja fisik, dan uji saraf adalah beberapa contoh metode yang digunakan. Evaluasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang kesehatan dan fungsi tubuh seseorang.
- 1.15.6.3. Perubahan kondisi kesehatan umum yang dapat dinilai melalui riwayat medis meliputi berbagai gejala yang muncul akibat paparan terhadap zat-zat tertentu. Sebagai contoh, paparan terhadap pelarut organik dapat menyebabkan rasa kantuk dan iritasi pada mukosa. Oleh karena itu, penting untuk

melakukan evaluasi riwayat medis secara menyeluruh untuk mengidentifikasi potensi risiko kesehatan yang mungkin timbul.

Selain itu, terdapat beberapa langkah pencegahan lain yang dapat diambil, salah satunya adalah pemeriksaan kesehatan. Pemeriksaan kesehatan ini mencakup berbagai aspek penting yang dapat membantu dalam deteksi dini berbagai penyakit (Teixeira et al., 2021). Dengan melakukan pemeriksaan kesehatan secara rutin, individu dapat memantau kondisi kesehatannya dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk menjaga kesejahteraan mereka (Sharma et al., 2024).

#### 1.15.6.1. Pemeriksaan sebelum penempatan

Pemeriksaan ini dilakukan sebelum seseorang dipekerjakan atau ditempatkan pada posisi tertentu yang mungkin memiliki ancaman terhadap kesehatan. Pemeriksaan fisik yang dilengkapi dengan tes darah, urine, radiologi, serta pemeriksaan organ seperti mata dan telinga, berfungsi sebagai data dasar yang sangat berguna jika terjadi gangguan kesehatan pada tenaga kerja setelah bekerja dalam jangka waktu tertentu (Paudyal et al., 2023). Dengan demikian, data dasar ini dapat membantu dalam penanganan masalah kesehatan yang muncul di kemudian hari.

#### 1.15.6.2. Pemeriksaan kesehatan berkala

Pemeriksaan kesehatan berkala dilakukan secara teratur setelah pemeriksaan awal sebelum penempatan kerja. Dalam medical check-up rutin, pemeriksaan medis lengkap tidak selalu diperlukan, terutama jika tidak ada indikasi yang jelas. Pemeriksaan ini sebaiknya difokuskan pada organ dan sistem tubuh yang mungkin terpengaruh oleh bahan berbahaya di tempat kerja; misalnya, audiometri sangat penting bagi pekerja di lingkungan yang bising, sementara pemeriksaan radiologis dada (foto thorax) penting untuk mendeteksi pekerja yang berisiko menderita pneumokoniosis akibat paparan debu di tempat kerja (Fadel et al., 2023).

## 12. Tinjauan Umum Tentang Ketaatan Alat Pelindung Diri Pernapasan

### Pengertian Ketaatan Alat Pelindung Diri Pernafasan

Alat Pelindung Diri (APD) Pernapasan adalah perangkat yang dirancang untuk melindungi pengguna dari menghirup udara yang terkontaminasi debu, asap, gas, dan uap berbahaya. APD Pernapasan dapat berupa masker, *respirator*, atau alat bantu pernapasan lainnya (Vukicevic et al., 2022).

### Jenis-jenis Alat Pelindung Diri Pernafasan

Alat Pelindung Diri (APD) pernafasan digunakan untuk melindungi pernafasan seseorang dari berbagai bahaya seperti debu, gas beracun, asap, dan partikel-partikel berbahaya lainnya. Berikut beberapa jenis umum dari APD pernafasan ialah:

#### 1.16.2.1. Masker Debu (*Dusk Mask*)



Gambar 1.15. *Dusk Mask*  
Sumber : Data Primer, 2024

Masker ini digunakan untuk melindungi pernafasan dari debu dan partikel-partikel halus di udara. Umumnya digunakan di lingkungan industri atau konstruksi.

#### 1.16.2.2. Masker N95



Gambar 1.16. Masker N95  
Sumber : Data Primer, 2024

Masker ini efektif melindungi dari partikel-partikel berukuran sangat kecil, seperti virus atau partikel debu yang sangat halus. Biasa digunakan di lingkungan medis dan industri.

#### 1.16.2.3. Masker Wajah Penuh (*Full Face Mask*)



Gambar 1.17. *Full Face Mask*  
Sumber : Data Primer, 2024

Masker ini melindungi seluruh wajah termasuk mata, hidung, dan mulut dari paparan gas atau uap beracun. Biasanya digunakan oleh pekerja di industri kimia atau lingkungan berbahaya lainnya.

#### 1.16.2.4. *Respirator Udara (Air-Purifying Respirator / APR)*



Gambar 1.18. *Air-Purifying Respirator*

Sumber : Data Primer, 2024

Alat ini menggunakan filter untuk menyaring udara yang dihirup, melindungi dari partikel-partikel berbahaya seperti gas, asap, atau uap.

#### 1.16.2.5. *Respirator Udara Bersuplai (Supplied Air Respirator / SAR)*



Gambar 1.19. *Supplied Air Respirator*

Sumber : Data Primer, 2024

Alat ini menyediakan udara bersih dari sumber eksternal, biasanya digunakan di lingkungan dengan konsentrasi tinggi gas beracun atau kurangnya oksigen.

#### 1.16.2.6. *Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)*





Gambar 1.20. *Self-Contained Breathing Apparatus*  
Sumber : Data Primer, 2024

Alat ini menyediakan sumber udara mandiri untuk pernapasan, sering digunakan oleh petugas pemadam kebakaran atau penyelamat di lingkungan yang sangat berbahaya.

Pemilihan jenis APD pernafasan harus disesuaikan dengan jenis bahaya yang dihadapi dan lingkungan kerja atau situasi yang spesifik

### 13. Tinjauan Umum Tentang Jenis-jenis Ketaatan Alat Pelindung Pernapasan

Terdapat berbagai jenis APD Pernapasan, yang diklasifikasikan berdasarkan beberapa faktor, seperti (Kafit et al., 2024) :

#### 1.17.1. Tingkat Perlindungan

*Respirator* adalah alat yang menyediakan tingkat perlindungan yang sangat baik terhadap kontaminan yang ada di udara. Alat ini dirancang untuk menyaring partikel-partikel berbahaya sehingga penggunaanya dapat terlindungi dengan baik. Di sisi lain, masker menyediakan tingkat perlindungan yang lebih rendah terhadap kontaminan di udara. *Mask / Masker* umumnya digunakan untuk mengurangi paparan terhadap partikel-partikel kecil dalam udara, meskipun tingkat perlindungannya tidak sekuat *respirator*.

#### 1.17.2. Jenis Kontaminan

*Respirator* partikulat digunakan untuk menyaring dan melindungi penggunaanya dari debu, asap, serta kabut yang mungkin mengancam kesehatan. Sementara itu, *Respirator* gas difungsikan untuk menghalangi masuknya gas dan uap berbahaya ke dalam sistem pernapasan penggunaanya. Ada

juga *respirator* kombinasi yang dirancang untuk memberikan perlindungan ganda, baik dari partikulat seperti debu maupun dari gas atau uap beracun yang dapat menimbulkan risiko serius terhadap kesehatan.

1.17.3. Cara Penggunaan

*Respirator* bertekanan mengacu pada alat yang memberikan udara dengan tekanan kepada pengguna untuk memastikan suplai udara yang cukup dan terkendali. Di sisi lain, *respirator* penyaringan udara menggunakan filter khusus untuk menyaring kontaminan dari udara sebelum dihirup oleh pengguna, sehingga membantu melindungi pernapasan dari partikel-partikel berbahaya atau kontaminan lainnya.

**14. Tinjauan Umum Tentang Faktor-faktor yang mempengaruhi Ketaatan Alat Pelindung Pernafasan**

Beberapa faktor yang dapat memengaruhi ketaatan penggunaan APD Pernapasan, antara lain (Van Belle et al., 2024):

1.18.1. Pengetahuan dan Pemahaman

Pekerja yang memiliki pengetahuan mendalam dan pemahaman yang baik tentang risiko paparan udara terkontaminasi serta manfaat penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Pernapasan cenderung lebih disiplin dalam penggunaan APD tersebut. Mereka menyadari pentingnya melindungi diri dari bahaya paparan udara yang dapat membahayakan kesehatan mereka. Dengan pengetahuan yang komprehensif, mereka memahami bahwa APD Pernapasan bukan hanya sebagai kewajiban tetapi juga sebagai investasi dalam keselamatan pribadi dan kesehatan jangka panjang.

1.18.2. Sikap dan keyakinan

Pekerja yang memiliki sikap positif terhadap Alat Pelindung Diri (APD) Pernapasan dan yakin akan efektivitasnya dalam menjaga keselamatan pribadi cenderung menggunakan APD Pernapasan dengan tepat dan sesuai prosedur.

1.18.3. Norma sosial

Pekerja yang berada di lingkungan kerja di mana penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pernapasan menjadi standar umum cenderung lebih patuh dalam penggunaan APD tersebut dengan benar.

1.18.4. Ketersediaan dan akses

Pekerja yang dapat dengan mudah mengakses Alat Pelindung Diri (APD) Pernapasan yang sesuai dengan kebutuhan mereka cenderung lebih disiplin dalam penggunaannya. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan dan keterjangkauan APD yang tepat dapat meningkatkan kepatuhan pekerja dalam mengenakan APD tersebut sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

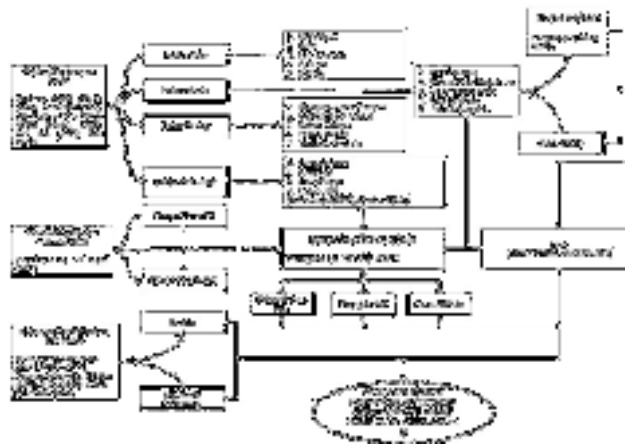
1.18.5. Kenyamanan

Pekerja yang merasa nyaman menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) pernapasan cenderung lebih patuh dalam penggunaannya. Mereka memiliki kecenderungan untuk menggunakan APD pernapasan sesuai dengan prosedur yang benar dan disarankan. Pergaulan yang nyaman dengan APD tersebut dapat meningkatkan kepatuhan pekerja terhadap aturan keselamatan dalam menggunakannya.

1.18.6. Penegakan aturan

Pekerja yang beroperasi di lingkungan kerja yang menerapkan kebijakan yang ketat terkait penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pernapasan cenderung lebih patuh dalam menggunakan APD tersebut dengan benar.

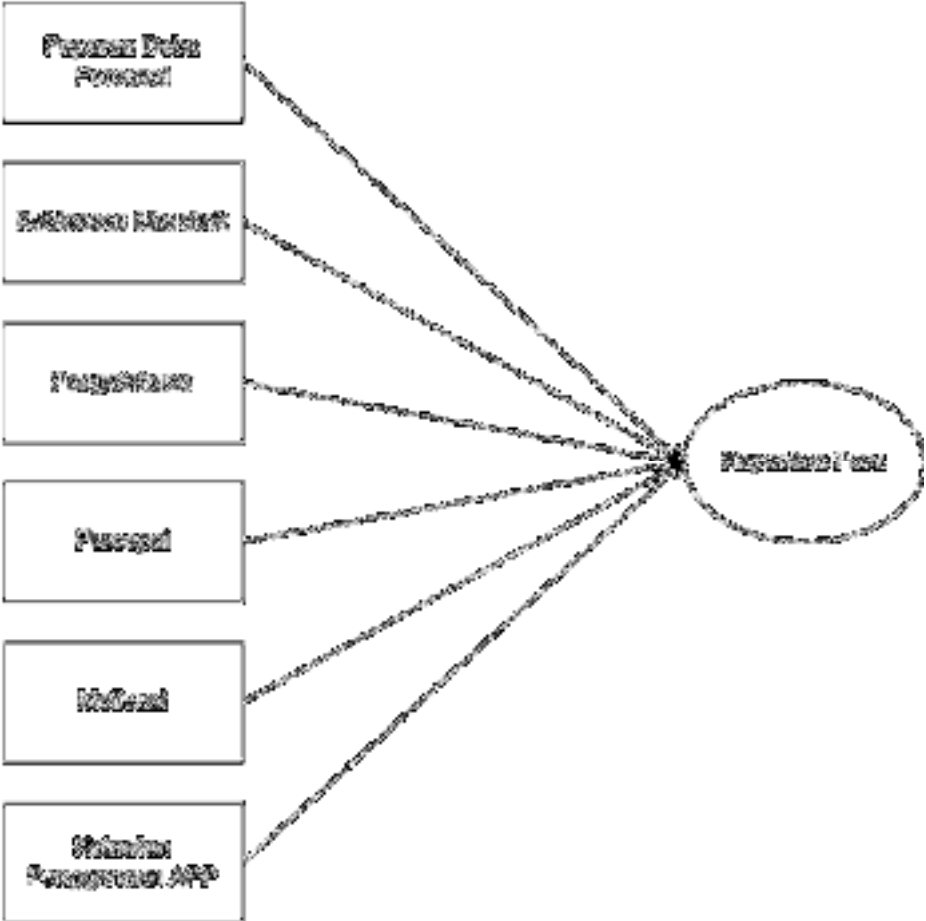
1.6. Kerangka Teori



Gambar 1.21. Kerangka Teori

Sumber : Spellman (2006), ACGIH (2022), Suma'mur (2013), dan Permen No 5 Tahun (2018), Heinrich (1931), Bird dan (1989), Rao (1996), (Notoatmojo (2010), Maslow (2014), Permenkes No. 53 Tahun (2021), OSHA (1910), Suma'mur (2013), NIOSH (2018), Permenakertrans No. 8 Tahun (2010), E. Scot Geller (1990), ISO 45001: (2018)

1.7. Kerangka Konsep



Gambar 1.22 Kerangka Konsep  
Sumber: Data Primer, 2025

## 1.8. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

### 1.22.1. Karakteristik Pekerja

#### 1.22.1.1. Umur

Umur dihitung dari lamanya responden hidup yakni terhitung sejak responden lahir hingga waktu penelitian ini dilaksanakan. Instrumen pengumpulan data menggunakan kuesioner. Skala ukur ialah kategorik.

Kriteria Objektif (Departemen Kesehatan RI, 2018) :

- a. 17 – 25 Tahun
- b. 26 – 35 Tahun
- c. 36 – 45 Tahun
- d. 46 – 55 Tahun

#### 1.22.1.2. Jenis Kelamin

Jenis kelamin adalah karakteristik biologis yang membedakan laki-laki dan perempuan. Skala ukur ialah kategorik.

Kriteria Objektif (WHO, 2006) :

- a. Laki-laki
- b. Perempuan

#### 1.22.1.3. Jabatan

Jabatan dapat diartikan sebagai posisi atau kedudukan yang dipegang oleh seseorang dalam suatu organisasi. Ini mencakup serangkaian tugas dan tanggung jawab yang ditugaskan kepada individu tersebut, serta peran yang dimainkan oleh individu dalam struktur organisasi tersebut. Skala ukur ialah kategorik.

Kriteria Objektif (Gareth Morgan, 2022) :

- a. Advisor
- b. Superintendent
- c. *Supervisor*
- d. Staff
- e. Technical
- f. *Crew / Operator*

#### 1.22.1.4. Lama Kerja

Lama kerja ialah waktu yang digunakan oleh pekerja Industri PT. X selama bekerja dalam hitungan per hari. Waktu kerja yang ideal bagi pekerja disesuaikan dengan Peraturan Kementerian Ketenagakerjaan Nomor 5 tahun 2018. Skala pengukuran ialah kategorik.

Kriteria Objektif (Permenaker No. 5 Tahun 2018) :

- a. Memenuhi syarat : 8 jam sehari / 40 jam seminggu
- b. Tidak memenuhi syarat : lebih 8 jam sehari / 40 jam seminggu

#### 1.22.1.5. Masa Kerja

Masa kerja pada penelitian ini adalah lamanya seorang bekerja pada bagian industri PT. X sampai penelitian ini dilakukan dalam satuan tahun. Skala pengukuran ialah kategorik.

Kriteria Objektif (Tarwaka et al., 2004) :

- a. Lama : Bila pekerja bekerja selama > 5 tahun
- b. Baru : Bila pekerja bekerja selama ≤ 5 tahun

#### 1.22.1.6. Status Pendidikan

Pendidikan formal terakhir yang telah ditempuh pekerja atau masih sementara dalam proses pembelajaran di tingkat pendidikan formal. Skala pengukuran ialah kategorik.

- a. SD
- b. SMP
- d. SMA / SMK
- e. Perguruan Tinggi S1, S2 dan S3

1.22.1.7. Kebiasaan Merokok

Kebiasaan merokok adalah suatu tindakan yang dilakukan seseorang dengan cara membakar dan menghisap rokok. Rokok sendiri merupakan gulungan tembakau yang dibungkus kertas. Saat dibakar, rokok menghasilkan asap yang mengandung ribuan zat kimia berbahaya, termasuk nikotin, tar, dan karbon monoksida (Conte et al., 2024a).

Penelitian ini mengukur perilaku merokok individu melalui kuesioner yang dirancang untuk mengevaluasi rata-rata jumlah batang rokok yang dihisap per hari dan durasi merokok dalam tahun. Data yang dikumpulkan akan menggunakan skala ordinal untuk menilai intensitas kebiasaan merokok. Indikator perilaku merokok dihitung dengan mengalikan jumlah rata-rata batang rokok per hari dengan lama waktu merokok yang telah ditempuh dalam tahun.

- 0 : Bukan perokok.
- 1 : Perokok ringan (< 200 batang / tahun).
- 2 : Perokok sedang (200 – 600 batang / tahun).
- 3 : Perokok berat (> 600 batang / tahun).

1.22.2. Faktor Individu

2.22.2.1. Paparan Debu Personal

Paparan debu personal mengacu pada jumlah debu yang terhirup oleh pekerja selama jam kerja. Ini diukur menggunakan perangkat pemantauan debu persona; yang dipasang pada pekerja untuk mengukur konsentrasi debu di udara yang dihirup di area kerja tertentu.

Skala Pengukuran yang Sesuai, Pengukuran paparan debu personal biasanya dilakukan dalam satuan massa per volume udara, misalnya miligram per meter kubik (mg/m<sup>3</sup>). Pekerja dengan menggunakan alat *personal dust sampler* (*Air Check Sampler* SKC 224-PCX R8 Perangkat pemantauan yang sering digunakan termasuk personal dust monitors atau sampling pumps yang dilengkapi dengan filter yang akan dianalisis di laboratorium.

Kriteria Objektif (ACGIH, 2024) :

*Recommended Exposure Limit* (REL) untuk debu respirabel pada 0,5 mg/m<sup>3</sup> selama waktu kerja 8 jam sehari.

$$\text{Volume Udara} = \text{Laju Aliran Udara} \times \text{Waktu}$$

$$\text{Volume Udara} = 2\text{L}/\text{min} \times 480\text{min} = 960\text{L} = 0.96\text{m}^3$$

Jadi, menentukan konsentrasi debu :

$$\text{Konsentrasi Debu} = \frac{\text{Berat Debu}}{\text{Volume Udara}}$$

$$\text{Konsentrasi Debu} = \frac{0,48 \text{ mg}}{0,96 \text{ mg}} = 0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$$

2.22.2.2. Pengetahuan tentang Bahaya Debu

Pengetahuan mengenai bahaya debu mengacu pada kesadaran dan pemahaman individu terkait risiko serta dampak kesehatan akibat paparan debu di tempat kerja. Ini mencakup wawasan tentang berbagai jenis debu, metode pengendalian, serta akibat yang mungkin timbul jika tidak dilakukan langkah pencegahan terhadap paparan debu. Instrumen kuesioner yang digunakan untuk mengukur pengetahuan mengenai bahaya debu umumnya terdiri dari serangkaian pernyataan atau pertanyaan yang dirancang untuk mengevaluasi tingkat pemahaman responden terhadap risiko debu. Penilaian dilakukan menggunakan skala ordinal.

Berdasarkan menggunakan skala ordinal dengan 3 pilihan kuesioner untuk variabel pengetahuan tentang bahaya debu

Kurang	:	1
Cukup	:	2
Baik	:	3

Adapun Kriteria Objektif yang sesuai ialah :

$$Skor\ Rata - Rata = \frac{Total\ Skor}{Jumlah\ Responden} = \frac{18}{10} = 1.8$$

Menentukan kategori berdasarkan rata-rata skor:

- Kurang : Jika hasil kuesioner menunjukkan rata-rata skor  $\leq 50\%$  dari skala maksimum (dalam hal ini  $\leq 1,5$  dari skala 1-3)
- Baik : Jika hasil kuesioner menunjukkan rata-rata skor  $> 50\%$  dari skala maksimum (dalam hal ini  $> 1,5$  dari skala 1-3)

### 2.22.2.3. Persepsi Risiko terhadap Bahaya Debu

Persepsi risiko terhadap bahaya debu merujuk pada penilaian individu mengenai potensi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh paparan debu di lingkungan kerja. Ini mencakup pemahaman dan perhatian individu terhadap risiko kesehatan yang dapat timbul dari paparan debu dan sikap mereka terhadap langkah-langkah pencegahan yang diperlukan.

Instrumen kuesioner Mengukur persepsi risiko bahaya debu. Penilaian dilakukan menggunakan skala ordinal. Berdasarkan menggunakan skala ordinal dengan 5 pilihan kuesioner untuk variabel persepsi tentang bahaya debu :

- 1 : Sangat tidak setuju      4 : Setuju
- 2 : Tidak setuju              5 : Sangat Setuju
- 3 : Netral

Adapun kriteria objektif yang sesuai ialah :

$$= \left( \frac{Frekuensi\ Jawaban\ Kategori\ Tertentu}{Jumlah\ Total\ Responden} \right) \times 100\%$$

Menentukan kategori berdasarkan rata-rata skor :

Sangat Rendah (0% - 20%) : Jika rata-rata skor berada di bagian bawah skala, misalnya di rentang 1.00 hingga 1.80, dan menunjukkan bahwa sebagian besar responden merasa sangat minim tentang risiko bahaya debu.

Rendah (21% - 40%) : Jika rata-rata skor berada di rentang 1.81 hingga 2.60, menunjukkan bahwa persepsi risiko terhadap bahaya debu rendah tetapi masih ada beberapa perhatian.

Sedang (41% - 60%) : Jika rata-rata skor berada di rentang 2.61 hingga 3.40, menunjukkan persepsi risiko moderat, dengan responden menunjukkan perhatian yang cukup terhadap bahaya debu.

Tinggi (61% - 80%) : Jika rata-rata skor berada di rentang 3.41 hingga 4.20, menunjukkan bahwa persepsi risiko terhadap bahaya debu cukup tinggi dan responden sangat khawatir.

Sangat Tinggi (81% - 100%) : Jika rata-rata skor berada di rentang 4.21 hingga 5.00, menunjukkan persepsi risiko sangat tinggi, dan responden sangat khawatir tentang bahaya debu.

#### 2.22.2.4. Motivasi penggunaan Alat Pelindung Pernapasan

Motivasi penggunaan alat pelindung pernapasan mengacu pada dorongan internal atau eksternal yang mempengaruhi pekerja untuk secara konsisten menggunakan alat pelindung pernapasan saat bekerja di lingkungan dengan risiko paparan zat berbahaya. Ini mencakup faktor-faktor seperti kesadaran akan risiko kesehatan, persepsi terhadap bahaya, keyakinan akan efektivitas alat pelindung, dan dukungan dari manajemen serta rekan kerja. Pengukuran motivasi penggunaan APP dilakukan menggunakan kuesioner dengan skala ordinal.



Berdasarkan responden diminta untuk menilai pernyataan terkait dengan motivasi penggunaan APP (Alat Pelindung Pernapasan), di mana setiap pernyataan diukur pada skala ordinal, misalnya:

Sangat Tidak Setuju	: 1
Tidak Setuju	: 2
Netral	: 3
Setuju	: 4
Sangat Setuju	: 5

Cara perhitungan ialah :

Hitung persentase skor total terhadap skor maksimum yang mungkin.

Rumus :

$$\text{Presentase Skor} = \left( \frac{\text{Skor Total}}{\text{Skor Maksimum}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Presentase Skor} = \left( \frac{40}{45} \right) \times 100\% = 80\%$$

Dalam persentase skor responden adalah 80%, maka responden tersebut diklasifikasikan sebagai "Sangat Termotivasi" dalam penggunaan APP (Alat Pelindung Pernapasan).

Maka, berdasarkan kriteria objektif yang telah dihitung :

Sangat Termotivasi	: Persentase skor $\geq 80\%$
Termotivasi	: Persentase skor 60%-79%
Cukup Termotivasi	: Persentase skor 40%-59%
Kurang Termotivasi	: Persentase skor $\leq 40\%$

#### 2.22.2.5. Ketaatan Penggunaan Alat Pelindung Diri (Khusus Pernapasan)

Tingkat kepatuhan dalam menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) khususnya untuk pernafasan adalah sejauh mana individu atau pekerja mematuhi dan cenderung menggunakan APD pernafasan secara benar dan konsisten saat berada di lingkungan kerja dengan tingkat kebisingan yang tinggi (Arezes et al., 2013),

Kriteria Objektif

Berdasarkan standar tingkat ketaatan memakai alat Pelindung diri (Pernafasan) :

Sangat Tidak Taat	: 1
Tidak Taat	: 2
Netral	: 3
Taat	: 4
Sangat Taat	: 5

Cara perhitungan ialah :

$$\begin{aligned} \text{Skor tertinggi} &= \text{Jumlah pertanyaan} \times \text{Skor tertinggi} \\ &= 7 \times 5 = 35 \\ &= \frac{35}{35} \times 100\% = 100\% \end{aligned}$$

Skor terendah = Jumlah pertanyaan  $\times$  Skor terendah

$$\begin{aligned}
 &= 7 \times 1 = 7 \\
 &= \frac{7}{35} \times 100\% = 20\% \\
 I &= \frac{100\% - 35\%}{2} = 32,5\%
 \end{aligned}$$

Maka, Kriteria penilaian = skor tertinggi – interval  
= 100% - 32,5% = 67,5%

Taat : Jika skor responden  $\geq$  67,5%  
Tidak Taat : Jika skor responden  $<$  67,5%

Untuk menentukan skor ketaatan terkait alat pelindung diri khususnya pernapasan, Anda dapat menggunakan sistem penilaian berdasarkan tanggapan. Biasanya, skala penilaian semacam ini diberi poin, seperti:

Tidak : 1  
Kadang-kadang : 2  
Ya : 3

Jumlah pertanyaan : 10

Nilai tertinggi dalam skala penilaian : 3

Jumlah maksimum poin :

Jumlah pertanyaan  $\times$  Nilai tertinggi dalam skala penilaian

Presentase ketaatan Alat Pelindung Telinga

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Total Skor}}{\text{Jumlah Maksimum Point}} \times 100\% \\
 &= \frac{25}{30} \times 100\% \\
 &= 83.3\%
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, kriteria penilaian dalam ketaatan Alat Pelindung Telinga dapat dijelaskan sebagai berikut :

Sangat Rendah : 0% - 33.33%  
Rendah : 33.34% - 66.66%  
Cukup : 66.67% - 100%

### 1.22.3. *Health Risk Assesment* / Penilaian Risiko Kesehatan

*Health Risk Assessment* (HRA) adalah proses untuk memperkirakan dan menilai risiko kesehatan dari pajanan bahaya kesehatan di tempat kerja dengan mempertimbangkan kecukupan *existing control measure* (Tejamaya, 2023).

Proses analisis risiko kesehatan di PT. HPAL dilakukan dengan mengumpulkan data melalui pengisian tabel tingkat risiko kesehatan pada formulir Penilaian Risiko Kesehatan. Prosedur ini didasarkan pada hasil identifikasi bahaya kesehatan yang ada di lingkungan kerja. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menentukan potensi risiko kesehatan yang dapat mempengaruhi pekerja.

#### 1.22.3.1. *Hazard Rating*

*Hazard Rating* / Peringkat Bahaya adalah suatu penilaian kualitatif atau kuantitatif terhadap tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh suatu faktor risiko tertentu dalam suatu lingkungan kerja. Penilaian ini

didasarkan pada potensi bahaya tersebut untuk menyebabkan cedera, penyakit, atau kerugian lainnya pada pekerja (Rukondo et al., 2024).

<b>Hazard Rating (Bahaya Peringkat)</b>	<b>DEFINISI (Kategori Konsekuensi: Membahayakan Manusia)</b>
1	Efek kesehatan ringan: Tidak mempengaruhi kinerja kerja atau menyebabkan kecacatan, misalnya debu tidak beracun (sebagai bahaya akut)
2	Efek kesehatan minor: Agen yang dapat menyebabkan efek kesehatan minor yang dapat pulih, misalnya agen iritan, agen kembung, banyak keracunan makanan oleh bakteri
3	Efek kesehatan utama: Agen yang dapat menyebabkan kerusakan kesehatan yang tidak dapat pulih tanpa kehilangan nyawa, misalnya kebisingan, tugas manual yang buruk, tugas manual, getaran tangan/lengan, bahan kimia yang menyebabkan efek sistemik, sensitizer
4	Satu hingga tiga kematian atau Cacat Total Permanen: Agen yang dapat menyebabkan kerusakan ireversibel dengan cacat serius atau kematian, misalnya bahan korosif, karsinogen manusia yang diketahui (populasi yang terpapar kecil), sensitizer di mana onset sensitisasi mengancam kelangsungan pekerjaan, panas, dingin, stres psikologis
5	Banyak kematian: Agen yang berpotensi menyebabkan banyak kematian, misalnya bahan kimia dengan efek toksik akut (hidrogen sulfida, karbon monoksida), karsinogen manusia yang diketahui (populasi yang terpapar besar)

#### 1.22.3.2. *Exposure Rating*

*Exposure Rating* adalah suatu metrik kuantitatif atau kualitatif yang digunakan untuk mengukur tingkat paparan seseorang atau populasi terhadap suatu zat berbahaya atau agen penyebab penyakit. Sederhananya, ini adalah cara kita mengukur seberapa banyak dan seberapa sering seseorang terpapar suatu risiko kesehatan tertentu.

Definisi operasional Exposure Rating akan bervariasi tergantung pada jenis zat berbahaya, jalur paparan (inhalasi, ingesti, dermal), dan metode penilaian yang digunakan.

<b>Exposure Rating (Peringkat Paparan)</b>	<b>Kategori Paparan</b>	<b>DEFINISI (Kategori Konsekuensi: Membahayakan Manusia)</b>
A – Sangat Rendah	$< 0,1 \times$ OEL	Paparan dapat diabaikan.
B – Rendah	$< 0,5 \times$ OEL	Paparan dikendalikan jauh di bawah OEL dan kemungkinan akan tetap demikian sesuai dengan standar.
C – Sedang	$> 0,5 - 1$ $\times$ OEL	Paparan saat ini dikendalikan di bawah OEL untuk memenuhi standar, namun pengendalian mungkin bergantung pada langkah pengendalian yang kurang kuat seperti penggunaan alat pelindung diri
D – Tinggi	$> \text{OEL}$	Paparan tidak dikendalikan dengan memadai untuk memenuhi standar dan secara terus menerus/teratur melebihi OEL
E – Sangat Tinggi	$> > \text{OEL}$	Paparan berlebihan dan hampir pasti akan mengakibatkan kerusakan kesehatan pada orang yang terpapar

#### 1.22.4. Kapasitas Paru-paru

Fungsi Kapasitas paru dalam penelitian ini adalah total suatu kombinasi peristiwa-peristiwa sirkulasi paru atau menyatukan dua atau lebih volume paru yaitu volume alun nafas, volume cadangan ekspirasi dan volume residu yang dengan mengukur kapasitas vital paru menggunakan dengan alat spirometer (Josa-Culleré et al., 2024).

Pengukuran kapasitas vital dilakukan saat ekspirasi setelah paru-paru diisi secara maksimal (Johnson et al., 2024). Pengukuran ini

menggunakan spirometer *Hutchinson* dan respondennya adalah karyawan produksi di PT.X dengan skala Ordinal. Kriteria Objektif :

1.22.4.1. Kriteria Diagnostik Penyakit Paru Obstruktif, Restriktif, dan Campuran

- a. Penyakit paru obstruktif: jika FVC yang diamati lebih besar atau sama dengan 80% dari nilai prediksi dan rasio FEV1/FVC kurang dari 70%.
- b. Penyakit paru restriktif: jika FVC yang diamati kurang dari 80% dari nilai prediksi dan rasio FEV1/FVC sama dengan atau lebih dari 70%.
- c. Penyakit paru campuran: jika FVC yang diamati kurang dari 80% dari nilai prediksi dan rasio FEV1/FVC kurang dari 70%.

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1. Jenis Penelitian

Penelitian kuantitatif akan memungkinkan peneliti untuk mengukur secara numerik hubungan antara variabel-variabel yang diteliti. Dalam konteks ini, variabel independen (paparan debu personal, kebiasaan merokok, pengetahuan, persepsi, motivasi, ketaatan penggunaan APP) dapat diukur dan dianalisis terhadap variabel dependen (risiko penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh paparan debu). Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan secara sistematis untuk mengidentifikasi dan menganalisis seberapa besar pengaruh paparan debu terhadap risiko penyakit akibat kerja.

Metode penelitian kuantitatif juga memungkinkan penggunaan analisis statistik yang tepat, seperti uji *regresi* logistik untuk mengevaluasi hubungan sebab-akibat antara paparan debu dan risiko penyakit. Hasil dari penelitian kuantitatif dapat memberikan bukti empiris yang kuat untuk mendukung temuan dan kesimpulan yang dihasilkan.

### 2.2. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di PT. X yang melakukan proses pertambangan pengolahan baterai kadar rendah pada lingkungan kerja PT. X Pulau Obi Maluku utara. Pemilihan lokasi ini berdasarkan observasi yang telah dilakukan sebelumnya dimana lingkungan kerja di PT. X memiliki tingkat paparan debu yang sangat tinggi, sehingga dapat memberi dampak bagi pekerja produksi. Penelitian ini akan dilaksanakan pada tanggal 04 Juni 2024 sampai 10 Juli 2024

### 2.3. Populasi dan Sampel

#### 2.3.1. Populasi

Populasi merupakan lingkup generalisasi baik obyek atau subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari (Sugiyono, 2011). Populasi dalam penelitian adalah seluruh karyawan Acid Plant , 101, 512 Gudang kapur, Powerplant, DSTF (Dry Stack Tailing Facility), Nickel Sulfat, yaitu sebanyak 400 karyawan.

#### 2.3.2. Sampel

Sampel ialah bagian dari populasi yang hendak di teliti oleh peneliti (Sugiyono, 2011) sebagai berikut :

Besar Sampel

Sampel ialah bagian di hitung dengan menggunakan rumus slovin (Amirin, 2011) sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + d^2}$$

Keterangan :

n = Jumlah sampel yang diperlukan

N = Jumlah Populasi

d = Tingkat Presisi (*margin of error*)

Jumlah sampel yang diambil dihitung berdasarkan 161 pekerja yang masih aktif melakukan pekerjaan produksi, sehingga jumlah sampel yang diambil adalah sebagai berikut :

$$110 = \frac{161}{1 + 161 \times d^2}$$

$$110 \times (1 + 161 \times d^2) = 161$$

$$110 + 110 \times d^2 = 161$$

$$110 \times 161 \times d^2 = 161 - 110$$

$$17710 \times d^2 = 51$$

$$d^2 = \frac{51}{17710} = 0.00288$$

$$d = \sqrt{0.00288} = 0.0537$$

$$d^2 = (0.0537)^2 = 0.00288$$

$$n = \frac{161}{1 + 161 \times 0.00288}$$

$$n = \frac{161}{1 + 0.46368} = \frac{161}{1.46368}$$

$$= 110$$

Jadi, dengan presisi  $d = 0.0537$ , jumlah sampel yang harus diambil dari populasi 161 adalah 110 sampel.

#### 2.3.2.1. Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode stratified sampling. Metode ini dipilih untuk memastikan bahwa setiap unit produksi terwakili secara proporsional dalam pengambilan sampel. Stratified sampling dilakukan dengan membagi populasi ke dalam strata atau subkelompok yang homogen, dalam hal ini adalah unit produksi, kemudian sampel diambil secara acak dari setiap strata.

$$ni = \frac{Ni}{N} \times n$$

Keterangan :

$Ni$  = Jumlah populasi di area ke-i

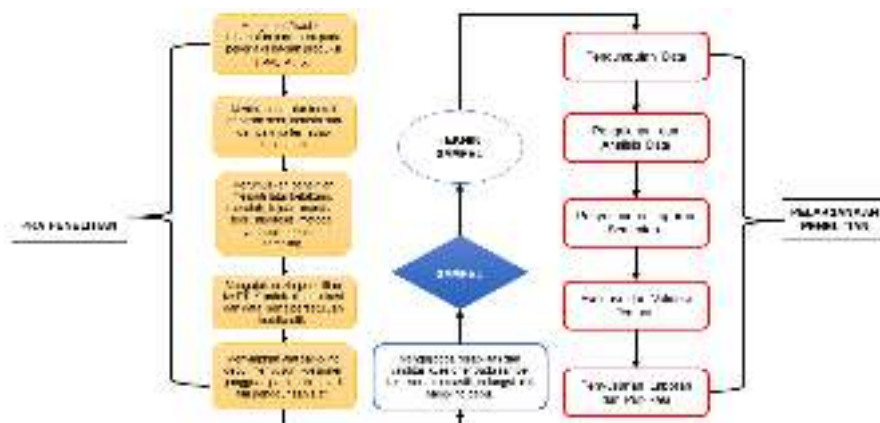
$N$  = Total Populasi

$n$  = Total sampel (110 orang)

Maka jumlah anggota sampel berdasarkan sampel seluruhnya ialah:

<b>Office - area 903</b>	:	$ni = \left(\frac{10}{110}\right) \times 110 = 10$
<b>Gudang Kapur - area 512</b>	:	$ni = \left(\frac{20}{110}\right) \times 110 = 20$
<b>Filter Press - area 219</b>	:	$ni = \left(\frac{15}{110}\right) \times 110 = 15$
<b>Plant Autoclave area 206</b>	:	$ni = \left(\frac{12}{110}\right) \times 110 = 12$
<b>Plant Autoclave area 202</b>	:	$ni = \left(\frac{8}{110}\right) \times 110 = 8$
<b>Timbangan Muatan</b>	:	$ni = \left(\frac{5}{110}\right) \times 110 = 5$
<b>Office Logistic - area 904</b>	:	$ni = \left(\frac{7}{110}\right) \times 110 = 7$
<b>Workshop - area 219</b>	:	$ni = \left(\frac{15}{110}\right) \times 110 = 15$
<b>Powerplant</b>	:	$ni = \left(\frac{5}{110}\right) \times 110 = 5$
<b>Coal Yard Powerplant</b>	:	$ni = \left(\frac{5}{110}\right) \times 110 = 5$
<b>Demin Water</b>	:	$ni = \left(\frac{2}{110}\right) \times 110 = 2$
<b>Timbangan Muatan 2</b>	:	$ni = \left(\frac{3}{110}\right) \times 110 = 3$
<b>Big Foot area 101</b>	:	$ni = \left(\frac{3}{110}\right) \times 110 = 3$

## 2.4. Alur Penelitian



Gambar 1.23. Alur Penelitian  
Sumber : Data Primer, 2024

## 2.5. Alat, Bahan, dan Cara Kerja

Alat yang digunakan untuk mendapatkan data primer pada penelitian. Berikut adalah instrumen penelitian yang digunakan oleh peneliti :



#### 2.4.1. Kuesioner

Kuesioner merupakan alat yang efektif bagi peneliti untuk mengumpulkan data dari banyak responden secara efisien. Hal ini memungkinkan pengumpulan informasi dari sejumlah besar individu atau kelompok dalam waktu yang relatif singkat. Penggunaan *Google Form* telah menjadi populer dan bermanfaat dalam berbagai konteks, seperti survei, pengumpulan data, pendaftaran, dan lainnya. Terdapat beberapa alasan mengapa *Google Form* dipilih :

- 2.4.1.1. Aksesibilitas Online, Kuesioner yang dibuat dengan *Google Form* dapat diakses dan diisi secara online oleh responden tanpa perlu pengiriman kuesioner fisik atau pertemuan langsung, memfasilitasi pengumpulan data dari responden yang berlokasi jauh.
- 2.4.1.2. Penghematan waktu dan biaya, *Google Form* mengurangi kebutuhan akan pencetakan fisik, pengiriman, dan pengolahan manual, dengan semua data terkumpul dan tersimpan secara otomatis dalam format digital.
- 2.4.1.3. Kemudahan Penggunaan, antarmuka pengguna *Google Form* dirancang dengan baik dan mudah dipahami, memungkinkan pembuatan kuesioner dengan cepat bahkan bagi mereka yang tidak memiliki pengalaman teknis.
- 2.4.1.4. Fleksibilitas Desain Kuesioner, *Google Form* menyediakan fleksibilitas dalam desain kuesioner, memungkinkan penyesuaian sesuai kebutuhan penelitian.
- 2.4.1.5. Integrasi dengan *Google Workspace*, untuk pengguna *Google Workspace*, *Google Form* terintegrasi dengan baik dengan aplikasi *Google* lainnya seperti *Google Sheets* untuk pengolahan data, *Google Drive* untuk penyimpanan, dan *Gmail* untuk pengiriman undangan kuesioner.
- 2.4.1.6. Manajemen Respons Otomatis, *Google Form* menyediakan alat untuk mengelola respons secara otomatis, menampilkan hasil dalam bentuk grafik atau tabel, dan memungkinkan pengunduhan data respons dalam format yang mudah diolah.
- 2.4.1.7. Keamanan dan Privasi Data, *Google Form* menawarkan fitur untuk mengelola respons dengan aman, memastikan keamanan data yang terkumpul.
- 2.4.1.8. Pelacak Respon, Dengan mudah *Google Form* dapat melacak responden yang telah mengisi kuesioner dan mengirimkan pengingat kepada mereka yang belum.
- 2.4.1.9. Kemudahan berbagi dan kolaborasi, *Google Form* memfasilitasi berbagi kuesioner untuk kolaborasi dengan orang lain, memungkinkan akses dan kontribusi yang mudah.
- 2.4.1.10. Pembaruan dan perbaikan berkala, Layanan *Google Form* secara rutin diperbarui untuk meningkatkan fungsionalitas dan keamanan.

Standarisasi kuesioner penting untuk memastikan bahwa setiap responden dihadapkan pada pertanyaan yang sama dengan urutan yang konsisten. Hal ini mendukung konsistensi dan memudahkan perbandingan data yang diperoleh.

Oleh karena itu, kuesioner ialah alat penelitian berupa lembaran kertas betuliskan pertanyaan – pertanyaan yang terkait Karakteristik karyawan (Usia, Jenis Kelamin, Lama Kerja, Masa Kerja, Pendidikan) dan Faktor individu (pengetahuan, persepsi, penggunaan Alat Pelindung Diri (Pernafasan)).

#### 2.4.2. Alat pengukuran Dust Ambient Lingkungan

Pengukuran debu pada partikel pada yang terbentuk karena adanya kekuatan alami atau mekanik seperti penghalusan (*Grinding*), penghancuran (*Crushing*), Peledakan (*Blasting*), pengayakan (*Shaking*) dan atau pengeboran (*Drilling*)



Gambar 2.1 Dust Amient  
Sumber : Data Primer, 2024

- 2.4.2.1. *Low Volume Dust Sampler (LVS)* dilengkapi dengan pompa pengisap udara dengan kapasitas 5 l/menit – 15 l/menit dan selang silikon atau selang teflon.
- 2.4.2.2. Timbangan analitik dengan sensitivitas 0,01 mg.
- 2.4.2.3. Pinset
- 2.4.2.4. Desikator, suhu  $(20 + 1)^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban udara  $(50 + 5)\%$ .
- 2.4.2.5. *Flowmeter*
- 2.4.2.6. Tripod
- 2.4.2.7. Termometer
- 2.4.2.8. Higrometer
- 2.4.2.9. Filter hidrofobik (misal : PVS, *fiberglass*) dengan ukuran  $0,5\ \mu\text{m}$ .
- 2.4.2.10. Filter yang diperlukan disimpan di dalam desikator selama 24 jam agar mendapatkan kondisi stabil.
- 2.4.2.11. Filter yang kosong harus ditimbang hingga mencapai berat yang konstan, dengan melakukan penimbangan minimal tiga kali. Tujuannya adalah untuk mengetahui berat filter sebelum pengambilan sampel. Catat berat filter blanko dan filter contoh, masing-masing dengan kode  $B_1$  (mg) dan

$W_1$  (mg). Setiap filter kemudian ditempatkan dalam holder setelah diberi nomor identifikasi (kode).

2.4.2.12. Filter contoh dimasukkan ke dalam low volume dust sampler holder dengan menggunakan pinset dan tutup bagian atas holder.

2.4.2.13. Pompa pengisap udara dikalibrasi dengan kecepatan laju aliran udara 10 l/menit dengan menggunakan flowmeter (flowmeter harus dikalibrasi oleh laboratorium kalibrasi yang terakreditasi).

#### 2.4.3. Alat pengukuran debu personal / *Dust Particulate Personal*

Prosedur kerja alat *Dust Particulate Personal* yang digunakan untuk pengukuran debu personal sesuai standar NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*).



Gambar 2.2. *Dust Particulate*  
Sumber : Data Primer, 2024

2.4.3.1. Pastikan memasang saringan filter pada perangkat *Dust Particulate Personal* dengan teliti dan memastikan tidak ada kebocoran. Pastikan pemasangan saringan filter dilakukan dengan benar dan tanpa kebocoran. Hubungkan Alat *Dust Particulate Personal*.

2.4.3.2. Hubungkan alat *Dust Particulate Personal* ke pompa udara. Atur aliran udara sesuai dengan standar yang berlaku.

2.4.3.3. Pasang alat *Dust Particulate Personal* pada zona pernafasan individu. Posisikan alat *Dust Particulate Personal* di area yang dekat dengan hidung dan mulut individu.

2.4.3.4. Nyalakan pompa udara dan catat waktu mulai pengukuran.

2.4.3.5. Biarkan alat *Dust Particulate Personal* bekerja selama periode waktu yang ditentukan. Lama waktu pengukuran biasanya berkisar antara 4 hingga 8 jam, tergantung pada jenis pekerjaan dan tingkat konsentrasi debu yang diperkirakan.

2.4.3.6. Setelah waktu pengukuran selesai, matikan pompa udara dan catat waktu selesai pengukuran.

2.4.3.7. Lepaskan alat *Dust Particulate Personal* dari zona pernafasan individu.

2.4.3.8. Simpan saringan filter dengan hati-hati. Saringan filter akan dianalisis di laboratorium untuk menentukan konsentrasi debu.

Analisis filter *Dust Particulate Personal* :

- 2.4.3.1. Kirim saringan filter ke laboratorium yang SNI serta terakreditasi untuk dianalisis.
- 2.4.3.2. Laboratorium akan menimbang saringan filter sebelum dan setelah pengukuran
- 2.4.3.3. Perbedaan berat saringan filter digunakan untuk menghitung konsentrasi debu.
- 2.4.3.4. Hasil analisis konsentrasi debu akan dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas Permen No. 5 Tahun 2018 yang ditetapkan oleh standar yang berlaku.

2.4.4. *Alat Calibration Dust Particulate Personal*

*Alat Calibration Dust Particulate Personal* digunakan untuk memastikan akurasi pengukuran partikel debu yang terkumpul. Proses kalibrasi ini melibatkan penyetelan alat agar sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga hasil yang diperoleh dapat diandalkan dan konsisten. Alat ini biasanya dikoneksikan ke pompa udara untuk mengontrol aliran udara yang masuk, memastikan bahwa volume udara yang diukur adalah sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan dalam standar kalibrasi.



Gambar 2.3. *Dust Particulate*  
 Sumber : Data Primer, 2024

Setiap melakukan *Calibration Dust Particulat Personal* harus mempersiapkan SNI 19-0232 - (2005) :

- 2.4.4.1. Alat pompa *Calibration Dust Particulat Personal*
- 2.4.4.2. Filter membrane
- 2.4.4.3. Kalibrator *Dust Particulat Personal*
- 2.4.4.4. *Timer*
- 2.4.4.5. Saringan Udara
- 2.4.4.6. Pipa fleksibel
- 2.4.4.7. Adaptor
- 2.4.4.8. Catatan kalibrasi
- 2.4.4.9. Alat Tulis

Memeriksa kondisi alat :

- 2.4.4.1. Pastikan alat pompa *Dust Particulat Personal* dalam kondisi baik dan berfungsi dengan normal.

2.4.4.2. Periksa kalibrasi alat pompa *Dust Particulat Personal* yang terakhir dilakukan.

2.4.4.3. Jika kalibrasi sudah kadaluarsa, lakukan kalibrasi ulang sebelum digunakan.

Mempersiapkan Filter *membrane* :

2.4.4.1. Pilih filter *membrane* yang sesuai dengan jenis alat pompa *Dust Particulat Personal* sesuai dengan intruksi manual.

2.4.4.2. Pastikan filter *membrane* terpasang dengan rapat dan tidak ada kebocoran udara.

Memasang filter *Membrane* :

2.4.4.1. Pasang filter *membrane* pada dudukan filter alat pompa *Dust Particulat Personal* sesuai dengan instruksi manual.

2.4.4.2. Pastikan *filter membrane* terpasang dengan rapat dan tidak ada kebocoran udara.

Pengukuran (OSHA, 2024):

2.4.4.1. Memillih lokasi pengukuran

2.4.4.2. Memasang alat pompa *Dust Particulat Personal*

2.4.4.3. Menghidupkan alat pompa *Dust Particulat Personal*

2.4.4.4. Melakukan pengukuran

2.4.4.5. Memastikan Alat pompa *Dust Particulat Personal*

#### 2.4.5. Alat Pemeriksaan Uji Faal Paru-paru (Spirometri)

Spirometri adalah salah satu alat diagnostik yang digunakan untuk mengukur fungsi paru-paru, khususnya seberapa banyak udara yang dapat dihirup dan dihembuskan, serta seberapa cepat proses ini terjadi. Alat ini sering digunakan untuk mendiagnosis kondisi paru-paru seperti asma, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), dan penyakit paru lainnya.



Gambar 2.4. Spirometer Contec SP10W

Sumber : Data Primer, 2024

Cara Kerja Spirometri ialah :

##### 2.4.5.1 Pasien Menghirup dan Menghembuskan Udara

Pasien diminta untuk mengambil napas dalam-dalam dan kemudian menghembuskan udara secepat mungkin ke dalam sensor atau mouthpiece yang terhubung dengan spirometer.

#### 2.4.5.2 Pengukuran Volume dan Kecepatan

Spirometer kemudian akan mengukur volume udara yang dikeluarkan dan kecepatan aliran udara tersebut. Dua parameter utama yang diukur adalah :

##### a. Volume Ekspirasi Paksa dalam Detik Pertama (FEV1)

Volume udara yang dapat dihembuskan dalam satu detik pertama setelah penghirupan penuh.

##### b. Kapasitas Vital Paksa (FVC)

Total volume udara yang dapat dihembuskan setelah penghirupan penuh.

#### 2.4.5.3 Analisis Data

Hasil dari spirometri dapat memberikan gambaran tentang fungsi paru-paru, seperti adanya penyempitan saluran napas atau penurunan kapasitas paru-paru.

Kegunaan Spirometri yaitu :

##### 2.4.5.1 Mendiagnosa Spirometri

Alat ini sangat berguna untuk mendiagnosis penyakit seperti asma, PPOK, fibrosis paru, dan gangguan pernapasan lainnya.

##### 2.4.5.2 Pemantauan Penyakit

Spirometri juga digunakan untuk memantau perkembangan penyakit paru-paru atau efektivitas pengobatan yang diberikan.

##### 2.4.5.3 Evaluasi Risiko Bedah

Sebelum melakukan operasi, spirometri dapat digunakan untuk menilai risiko komplikasi paru pada pasien dengan kondisi pernapasan yang sudah ada.

*Prosedur Spirometry*

##### 2.4.5.1 Prosedur ini umumnya tidak memerlukan persiapan khusus, namun pasien mungkin diminta untuk menghindari merokok atau menggunakan inhaler sebelum tes.

##### 2.4.5.2 Tes biasanya berlangsung beberapa menit, dan bisa dilakukan di klinik, rumah sakit, atau laboratorium khusus

## 2.6. Pengumpulan Data

Persiapan awal adalah melakukan pengurusan surat izin ke lokasi penelitian agar dapat dilaksanakan sesuai dengan perencanaan dan tanpa hambatan. Pengumpulan data dari penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer yang berasal dari turun lapangan secara langsung kepada pekerja dan data sekunder yang berasal dari lokasi penelitian.

Proses Pengumpulan data yang sesuai dalam penelitian Anda tentang paparan debu dan risiko penyakit akibat kerja di PT. X dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

### 2.6.1. Data Primer

#### 2.6.1.1. Data Primer Pengukuran bahaya debu

Data ini diperoleh dari hasil pengukuran *Dust Personal* proses pengolahan nikel kadar rendah di industri baterai di lingkungan PT. X di beberapa area yang telah ditentukan peneliti dari hasil observasi dan menggunakan alat *dust personal particulate*.

#### 2.6.1.2. Data primer karakteristik karyawan

Data primer tentang karakteristik pekerja yaitu Usia, Jenis Kelamin, Jabatan, Lama Kerja, Masa Kerja, dan pendidikan di peroleh dengan menggunakan daftar pertanyaan atau kuesioner dengan cara observasi dan wawancara langsung pada karyawan.

#### 2.6.1.3. Data primer pengetahuan

Data mengenai pengetahuan karyawan terhadap bahaya debu dapat diperoleh melalui penggunaan kuesioner yang telah dipilih oleh peneliti. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mendistribusikan kuesioner kepada para karyawan.

#### 2.6.1.4. Data primer persepsi

Data mengenai persepsi karyawan terhadap bahaya debu dan risiko penyakit akibat kerja diperoleh melalui wawancara langsung dengan karyawan menggunakan pertanyaan terbuka. Pendekatan ini memungkinkan responden untuk menjawab secara bebas sesuai dengan persepsi mereka terhadap masalah tersebut.

#### 2.6.1.5. Data primer Penggunaan Alat Pelindung diri (APD) Pernafasan

Data ini mengenai penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Pernafasan dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap cara-cara penggunaan APD pernafasan tersebut di lapangan.

#### 2.6.1.6. Data Primer Resiko penyakit akibat kerja dalam penyakit pernafasan

Data ini mengenai risiko penyakit pernafasan akibat kerja dikumpulkan melalui pengamatan langsung pada pemeriksaan kesehatan rutin setiap 6 bulan, dengan tujuan untuk mengevaluasi risiko penyakit yang terkait dengan paparan debu di lingkungan kerja.

#### 2.6.2. Data sekunder

Data sekunder mengenai profil dan jumlah pekerja di bagian proses produksi pengolahan baterai kadar rendah di PT.X diperoleh dari dokumentasi internal perusahaan. Selain itu, data sekunder juga dikumpulkan melalui telaah literatur yang meliputi buku ilmiah, laporan penelitian, jurnal, dan sumber informasi elektronik lainnya untuk memperoleh informasi yang relevan terkait topik atau isu penelitian yang sedang diteliti.

## 2.7. Pengolahan dan Analisis Data

### 2.7.1. Pengolahan Data

Pengolahan dan analisis data pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak SPSS 20 (*Statistical Package for Social Science*). Proses pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahap, antara lain :

Tahap pengolahan dan penyajian data melibatkan langkah-langkah berikut :

- 2.7.1.1. Memasukkan data dari kuesioner ke dalam SPSS.
- 2.7.1.2. Memeriksa dan membersihkan data untuk memastikan tidak ada kesalahan atau data yang hilang.
- 2.7.1.3. Melakukan analisis deskriptif untuk menggambarkan karakteristik responden dan variabel penelitian.
- 2.7.1.4. Melakukan uji reliabilitas dan validitas instrumen penelitian.
- 2.7.1.5. Menggunakan uji statistik yang sesuai untuk menguji hipotesis penelitian.
- 2.7.1.6. Menyajikan hasil analisis data dalam bentuk tabel, grafik, dan interpretasi.

Dengan demikian, data yang telah diolah dan dianalisis dapat memberikan informasi yang akurat dan relevan untuk menjawab pertanyaan penelitian.

Berdasarkan informasi yang diberikan, tahap pengolahan data melibatkan beberapa langkah. Berikut adalah rincian dari langkah-langkah tersebut :

#### 2.7.1.1. Impor Data

*Langkah ini melibatkan impor data dari sumber aslinya ke dalam lingkungan Python.* Sumber data bisa dalam berbagai format, seperti CSV, Excel, atau basis data SQL. Pustaka *Python* seperti *pandas* dan *SQLAlchemy* dapat digunakan untuk impor data yang efisien.

#### 2.7.1.2. Pembersihan Data

Pembersihan data sangat penting untuk memastikan kualitas dan keandalan analisis. Langkah ini melibatkan identifikasi dan penanganan nilai yang hilang, outlier, inkonsistensi, dan kesalahan data lainnya. Pustaka *Python* seperti *pandas* dan *NumPy* menyediakan alat untuk tugas pembersihan data.

#### 2.7.1.3. Transformasi Data

Transformasi data melibatkan modifikasi data ke format yang sesuai untuk analisis lebih lanjut. Ini mungkin termasuk konversi tipe data, rekayasa fitur, dan membuat variabel baru berdasarkan variabel yang sudah ada. Pustaka *Python* seperti *pandas* dan *scikit-learn* menawarkan berbagai teknik transformasi data.

#### 2.7.1.4. Analisis Data Eksploratif (EDA)

EDA adalah langkah penting untuk mendapatkan wawasan tentang karakteristik dan pola data. Ini melibatkan visualisasi data menggunakan teknik seperti *histogram*, *scatter plot*, dan *boxplot*. Pustaka *Python* seperti *matplotlib* dan *seaborn* menyediakan alat visualisasi data yang kuat.

#### 2.7.1.5. Pemodelan Data

Langkah ini melibatkan pembuatan model statistik atau machine learning untuk mengekstraksi informasi yang bermakna dari data. Pilihan model tergantung pada pertanyaan penelitian spesifik dan sifat data. Pustaka *Python* seperti *scikit-learn* dan *statsmodels* menawarkan berbagai alat pemodelan.

#### 2.7.1.6. Evaluasi Model

Setelah model dibangun, model tersebut perlu dievaluasi untuk menilai kinerja dan generalisasinya. Ini melibatkan penggunaan metrik seperti akurasi, presisi, *recall*, dan skor F1 untuk mengukur efektivitas model.



Pustaka *Python* seperti *scikit-learn* menyediakan alat untuk evaluasi model.

#### 2.7.1.7. Interpretasi dan pelaporan

Langkah terakhir melibatkan interpretasi hasil analisis dan komunikasi yang efektif. Ini mungkin melibatkan merangkum temuan utama, memvisualisasikan output model, dan menarik kesimpulan dari data. Pustaka *Python* seperti *pandas* dan *matplotlib* dapat digunakan untuk menghasilkan laporan dan presentasi yang informatif.

### 2.7.2. Analisis Data

#### 2.7.2.1. Analisis Data Univariat

Analisis univariat merujuk pada teknik analisis data yang mengkaji satu variabel secara terpisah, tanpa keterkaitan dengan variabel lainnya. Pendekatan ini sering disebut sebagai analisis deskriptif atau statistik deskriptif, yang bertujuan untuk memahami kondisi fenomena yang sedang diteliti.

Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan karakteristik masing-masing variabel dalam penelitian ini. Data akan dianalisis secara deskriptif untuk memperoleh informasi mengenai distribusi frekuensi, nilai rata-rata, median, dan deviasi standar dari variabel-variabel seperti tingkat paparan debu, usia, jenis kelamin, masa kerja, lama kerja, pendidikan, pengetahuan, persepsi, Ketaatan penggunaan Alat Pelindung pernafasan (APP) pernafasan serta kondisi kesehatan para pekerja.

#### 2.7.2.2. Analisis Data Bivariat

Analisis *korelasi Pearson* digunakan untuk mengukur hubungan antara dua variabel yang memiliki distribusi data normal. Dalam penelitian ini, beberapa data yang dianalisis meliputi hubungan antara riwayat penyakit dengan tingkat paparan debu, kebiasaan merokok dengan tingkat paparan debu, ketaatan penggunaan alat pelindung Pernapasan (APP) dengan tingkat paparan debu, serta penyakit saluran pernapasan atau paru-paru dengan tingkat paparan debu. Untuk menentukan apakah terdapat hubungan yang signifikan antara variabel X dan variabel Y, peneliti menggunakan rumus *korelasi Pearson*.

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$r_{xy}$  = Angka indeks korelasi antara variabel X dengan variabel Y

N = Jumlah Sampel

$\sum X^2$  = Jumlah kuadrat variabel X

$\sum Y^2$  = Jumlah kuadrat variabel Y

$\sum XY$  = Jumlah hasil perkalian antara skor X dan skor Y

$\sum X$  = Jumlah variable X

$\sum Y$  = Jumlah variable Y

Kemudian signifikansi antara variabel x dengan variabel Y dilakukan dengan kriteria menggunakan r tabel pada tingkat signifikansi 0,05. Jika nilai positif dan  $r_{hitung} \geq r_{tabel}$  maka terdapat hubungan yang signifikan antara X dengan variabel Y.

Ketentuan nilai r tidak lebih dari harga  $(-1 \leq r \leq 1)$ . Maksudnya ialah nilai r terbesar adalah +1 dan nilai r terkecil adalah -1. Apabila  $r = -1$  artinya korelasi *negative* sempurna,  $r = 0$  artinya tidak ada korelasi, dan  $r = 1$  artinya korelasi sangat kuat.

Jika menggunakan program SPSS V29 analisis korelasi pearson dapat dilakukan dengan uji *correlate-Bivariate*. Kemudian untuk menentukan signifikan antara variabel X dengan variabel Y harus melakukan langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- H<sub>a</sub> : Ada hubungan paparan debu dengan Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga, Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru.
- H<sub>o</sub> : Tidak ada hubungan paparan debu dengan Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga, Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru.

Melakukan kriteria pengujian, yaitu :

- 2.7.2.1. Jika signifikansi  $> 0,05$  maka H<sub>o</sub> diterima dan tidak ada hubungan paparan debu dengan Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga, Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru.
- 2.7.2.2. Jika signifikansi  $> 0,05$  H<sub>o</sub> ditolak dan ada hubungan-hubungan paparan debu dengan Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga, Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru.
- 2.7.2.3. Kemudian untuk melihat tingkat hubungan antara variabel X (Paparasi Debu) dengan variabel Y (Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga, Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru).
- 2.7.2.4. Jika signifikansi  $> 0,05$  maka H<sub>o</sub> diterima dan tidak ada hubungan paparan Debu dengan Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga, Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru.
- 2.7.2.5. Jika signifikansi  $> 0,05$  H<sub>o</sub> ditolak dan ada hubungan paparan debu Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga, Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru.
- 2.7.2.6. Kemudian untuk melihat tingkat hubungan antara variabel X (Paparasi debu) dengan variabel Y (Riwayat penyakit, Kebiasaan olahraga,

Kebiasaan Merokok, Perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri, Penyakit Saluran Pernapasan atau paru-paru).

**Tabel 2.1**  
**Contoh Tabel Interpretasi Koefesien Korelatif**

Interval Koefesien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Cukup Kuat
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber Data : Sudaryono, 2019

### 2.7.2.3. Analisis Multivariat

Analisis multivariat digunakan untuk mengidentifikasi variabel independen (Kebiasaan Merokok, Pemakaian pernapasan Alat Pelindung Pernapasan (APP), Paparan kapasitas paru-paru) yang memiliki pengaruh terbesar terhadap variabel dependen (Kapasitas Paru-paru). Dalam analisis ini, digunakan *Regresi Logistik* dengan model prediksi, tingkat kepercayaan 95%, dan metode penentuan *Odds Ratio* untuk variabel ordinal, di mana salah satu ordinal dijadikan sebagai pembanding dengan menggunakan korelasi *Pearson*.

Langkah yang dilakukan dalam analisis *Regresi Logistik* adalah sebagai berikut :

- 2.7.2.3.1. Melakukan seleksi variabel yang layak dilakukan dalam model multivariat dengan cara terlebih dahulu melakukan seleksi bivariat antara masing-masing variabel independen dengan variabel dependen dengan uji *regresi* logistik sederhana.
- 2.7.2.3.2. Bila hasil analisis bivariat menghasilkan *p-value* < 0,25 atau termasuk substansi yang penting maka variabel tersebut dapat dimasukkan dalam model multivariat.
- 2.7.2.3.3. Variabel yang memenuhi syarat lalu dimasukkan ke dalam analisis multivariat.
- 2.7.2.3.4. Dari hasil analisis dengan multivariat dengan *regresi* logistik menghasilkan value masing-masing variabel.
- 2.7.2.3.5. Variabel yang *p-value* nya >0,05 ditandai dan dikeluarkan satu-persatu dari model, hingga seluruh variabel yang *p-value* -nya >0,05 hilang.
- 2.7.2.3.6. Untuk melihat adanya interaksi antar variabel selanjutnya dilakukan uji interaksi. Variabel dikatakan tidak saling berinteraksi jika didapatkan hasil *p value*- nya >0,05 pada  $\alpha: 0,0$
- 2.7.2.3.7. Pada langkah terakhir akan tampak nilai  $exp(B)$ , yang menunjukkan bahwa semakin besar nilai  $exp(B)/OR$  maka makin besar pengaruh variabel tersebut terhadap variabel dependen.

## 2.8. Uji Validitas dan Reabilitas

Penelitian ini menggunakan uji validitas dan reliabilitas sebagai pendekatan untuk menilai tingkat keakuratan dan konsistensi alat ukur yang digunakan, yaitu kuesioner. Prosedur pengujian validitas dan reliabilitas terhadap setiap variabel penelitian dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS (*Statistical for Product and Service Solution*). Uji reliabilitas bertujuan untuk memastikan bahwa kuesioner yang digunakan memiliki konsistensi dalam mengukur fenomena atau gejala yang serupa secara berulang.

### 2.8.1. Uji Validitas dan Uji Reliabilitas Variabel Pengetahuan Bahaya dan Debu

#### 2.8.1.1. Uji Validitas Variabel Pengetahuan Bahaya dan Debu

**Tabel 2.2**  
**Hasil Uji Validitas Pengetahuan Bahaya dan Debu**

Item	r-hitung	r-tabel	Keterangan
P1	0,958	0,187	Valid
P2	0,952	0,187	Valid
P3	0,700	0,187	Valid
P4	0,959	0,187	Valid
P5	0,988	0,187	Valid
P6	0,986	0,187	Valid
P7	0,986	0,187	Valid
P8	0,936	0,187	Valid
P9	0,959	0,187	Valid
P10	0,983	0,187	Valid

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 2.2 diatas dapat dilihat bahwa uji validitas variabel pengetahuan bahaya dan debu yang dilakukan terhadap 110 responden didapatkan bahwa semua pertanyaan valid karena semua pertanyaan pada item P1 – P10 memiliki nilai r-hitung > r-tabel. Hal ini mengindikasikan bahwa semua pertanyaan pengetahuan bahaya dan debu yang dibuat dinilai layak dan dapat digunakan untuk keperluan penelitian.

#### 2.8.1.2. Uji Reliabilitas Variabel Pengetahuan Bahaya dan Debu

**Tabel 2.3**  
**Hasil Uji Reliabilitas Pengetahuan Bahaya dan Debu**

Variabel	Alpha Cronbach	Nilai Kritis	Keterangan
Pengetahuan Bahaya dan Debu	0,985	0,6	Reliabel

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 2.3 dapat dilihat bahwa koefisien reliabilitas variabel pengetahuan bahaya dan debu adalah nilai *Alpha Cronbach* 0,935 dan terbukti nilai tersebut lebih besar dari nilai kritis / r-tabel 0,6. Oleh karena itu, keseluruhan item pertanyaan yang telah di uji validitas dalam kuesioner variabel pengetahuan bahaya dan debu sesuai dengan uji reliabilitas.

- 2.8.2. Uji Validitas dan Uji Reliabilitas Variabel persepsi risiko terhadap bahaya debu  
 2.8.2.1. Uji Validitas Variabel Persepsi Risiko terhadap Bahaya Debu

**Tabel 2.4.**  
**Hasil Uji Validitas Persepsi Risiko terhadap Bahaya Debu**

Item	r-hitung	r-tabel	Keterangan
PR1	0,374	0,187	Valid
PR2	0,443	0,187	Valid
PR3	0,345	0,187	Valid
PR4	0,358	0,187	Valid
PR5	0,488	0,187	Valid
PR6	0,546	0,187	Valid
PR7	0,581	0,187	Valid
PR8	0,475	0,187	Valid
PR9	0,422	0,187	Valid
PR10	0,328	0,187	Valid

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 2.4. diatas dapat dilihat bahwa uji validitas variabel persepsi risiko terhadap bahaya debu yang dilakukan terhadap 110 responden didapatkan bahwa semua pertanyaan valid karena semua pertanyaan pada item PR1 – PR10 memiliki nilai r-hitung > r-tabel. Hal ini mengindikasikan bahwa semua pertanyaan persepsi risiko terhadap bahaya debu yang dibuat dinilai layak dan dapat digunakan untuk keperluan penelitian.

- 2.8.2.2. Uji Reliabilitas Variabel Persepsi Risiko terhadap Bahaya Debu

**Tabel 2.5.**  
**Hasil Uji Reliabilitas Persepsi Risiko terhadap Bahaya Debu**

Variabel	Alpha Cronbach	Nilai Kritis	Keterangan
Persepsi Risiko Terhadap Bahaya Debu	0,521	0,6	Tidak Reliabel

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 2.5. dapat dilihat bahwa koefisien reliabilitas variabel persepsi risiko terhadap bahaya debu adalah nilai *Alpha Cronbach* 0,521 dan terbukti nilai tersebut lebih kecil dari nilai kritis / r-tabel 0,6. Oleh karena itu, keseluruhan item pertanyaan yang telah di uji validitas dalam kuesioner variabel persepsi risiko terhadap bahaya debu sesuai dengan uji reliabilitas.

2.8.3. Uji Validitas dan Uji Reliabilitas Variabel Motivasi penggunaan Alat Pelindung Pernapasan

2.8.3.1. Uji Validitas variabel Motivasi Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan

**Tabel 2.6.**

**Hasil Uji Validitas Motivasi Penggunaan Alat Pelindung pernapasan**

Item	r-hitung	r-tabel	Keterangan
M1	0,009	0,187	Tidak Valid
M2	0,570	0,187	Valid
M3	0,262	0,187	Valid
M4	0,350	0,187	Valid
M5	0,516	0,187	Valid
M6	0,787	0,187	Valid
M7	0,548	0,187	Valid
M8	0,495	0,187	Valid
M9	0,557	0,187	Valid
M10	0,412	0,187	Valid

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 2.6. diatas dapat dilihat bahwa uji validitas variabel motivasi penggunaan alat pelindung pernapasan yang dilakukan terhadap 110 responden didapatkan bahwa terdapat satu pertanyaan yang tidak valid yaitu item M1 karena memiliki nilai r-hitung < r-tabel, sedang pertanyaan pada item M2 – M10 memiliki nilai r-hitung > r-tabel.

Hal ini mengindikasikan bahwa pertanyaan M2 – M10 pada variabel motivasi penggunaan alat pelindung pernapasan yang dibuat dinilai layak dan dapat digunakan untuk keperluan penelitian.

2.8.3.2. Uji Reliabilitas variabel Motivasi penggunaan Alat Pelindung Pernapasan

**Tabel 2.7.**

**Hasil Uji Reliabilitas Motivasi penggunaan Alat Pelindung Pernapasan**

Variabel	Alpha Cronbach	Nilai Kritis	Keterangan
Motivasi Penggunaan	0,629	0,6	Reliabel

Alat Pelindung Pernapasan			
---------------------------	--	--	--

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 2.7. dapat dilihat bahwa koefisien reliabilitas variabel motivasi penggunaan alat pelindung pernapasan adalah nilai *Alpha Cronbach* 0,629 dan terbukti nilai tersebut lebih besar dari nilai kritis / r-tabel 0,6. Oleh karena itu, keseluruhan item pertanyaan yang telah di uji validitas dalam kuesioner variabel motivasi penggunaan alat pelindung pernapasan sesuai dengan uji reliabilitas.

2.8.4. Uji Validitas dan Uji Reliabilitas Variabel Ketaatan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan

2.8.4.1. Uji Validitas variabel Ketaatan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan

**Tabel 2.8.**  
**Hasil Uji Validitas Ketaatan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan**

Item	r-hitung	r-tabel	Keterangan
K1	0,240	0,187	Valid
K2	0,825	0,187	Valid
K3	0,863	0,187	Valid
K4	1,000	0,187	Valid
K5	0,863	0,187	Valid
K6	0,922	0,187	Valid
K7	0,863	0,187	Valid
K8	1,000	0,187	Valid
K9	1,000	0,187	Valid
K10	1,000	0,187	Valid
K11	1,000	0,187	Valid
K12	0,922	0,187	Valid
K13	0,922	0,187	Valid

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 7 diatas dapat dilihat bahwa uji validitas variabel ketaatan penggunaan alat pelindung diri (khususnya alat pelindung pernapasan) yang dilakukan terhadap 110 responden didapatkan bahwa semua pertanyaan valid karena semua pertanyaan pada item K1 – K13 memiliki nilai r-hitung > r-tabel.

Hal ini mengindikasikan bahwa semua pertanyaan ketaatan penggunaan alat pelindung diri (khususnya alat pelindung pernapasan) yang dibuat dinilai layak dan dapat digunakan untuk keperluan penelitian.

2.8.4.2. Uji Reliabilitas variabel Ketaatan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan

**Tabel 2.9.**  
**Hasil Uji Reliabilitas Ketaatan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan**

<b>Variabel</b>	<b>Alpha Cronbach</b>	<b>Nilai Kritis</b>	<b>Keterangan</b>
Ketaatan Penggunaan Alat Pelindung Diri (Khususnya Alat Pelindung Pernapasan)	0,976	0,6	Reliabel

Sumber : Data Primer, 2024

Dari tabel 2.9. dapat dilihat bahwa koefisien reliabilitas variabel ketaatan penggunaan alat pelindung diri (khususnya alat pelindung pernapasan) adalah nilai *Alpha Cronbach* 0,976 dan terbukti nilai tersebut lebih kecil dari nilai kritis / r-tabel 0,6. Oleh karena itu, keseluruhan item pertanyaan yang telah di uji validitas dalam kuesioner variabel ketaatan penggunaan alat pelindung diri (khususnya alat pelindung pernapasan) sesuai dengan uji reliabilitas.