

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Debu

Debu merupakan salah satu bahan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*Suspended Particulate Matter/SPM*) dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Dalam kasus pencemaran udara baik dalam maupun di ruang gedung (*Indoor and Out Door Pollution*) debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Debu industri yang terdapat di udara dibagi menjadi 2, yaitu:

- 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 (Pudjiastuti, 2002).

Menurut Suma'maur (2009), debu adalah partikel-partikel zat padat yang ditimbulkan oleh kekuatan-kekuatan alami atau mekanis seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, peledakan dan lain-lain dari bahan-bahan baik organik maupun anorganik Secara fisik debu dikategorikan sebagai pencemar. Debu terdiri dari 2 golongan, yaitu padat dan cair. Debu yang terdiri atas partikel-partikel padat dapat menjadi 3 macam:

- 1) 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

2) Fumes

Fumes adalah partikel-partikel zat padat yang terjadi oleh karena kondensasi dari bentuk gas, biasanya sesudah penguapan benda padat yang dipijarkan dan lain-lain dan biasanya disertai dengan oksidasi kimiawi sehingga terjadi zat-zat seperti logam (*Cadmium*) dan timbal (*Plumbum*).

3) Smoke

Smoke atau asap adalah produk dari pembakaran bahan organik yang tidak sempurna dan berukuran sekitar 0,5 mikron.

2.2 Sifat-sifat Debu

Sifat-sifat debu tidak berflokulasi, kecuali oleh gaya tarikan elektris, tidak berdifusi, dan turun karena tarikan gaya tarik bumi. Debu di atmosfer lingkungan kerja biasanya berasal dari bahan baku atau hasil produksi (Depkes RI, 2002).

Sifat-sifat debu adalah sebagai berikut:

a) Sifat Pengendapan

Yaitu debu yang cenderung selalu mengendap karena gaya gravitasi bumi. Debu yang mengendap dapat mengandung proporsi partikel yang lebih besar dari debu yang terdapat di udara.

b) Permukaan cenderung selalu basah

Permukaan debu yang cenderung selalu basah disebabkan karena permukaannya selalu dilapisi oleh lapisan air yang sangat tipis. Sifat ini menjadi penting sebagai upaya pengendalian debu di tempat kerja.

c) Sifat Penggumpalan

Debu bersifat menggumpal karena permukaan debu yang selalu basah maka debu satu dengan yang lainnya cenderung menempel membentuk gumpalan. Tingkat kelembaban di atas titik saturasi dan adanya turbulensi di udara mempermudah debu membentuk gumpalan.

d) Debu Listrik Statik

Debu mempunyai sifat listrik statis yang dapat menarik partikel lain yang berlawanan dengan demikian partikel dalam larutan debu mempercepat terjadinya penggumpalan.

e) Sifat Opsi

Opsi adalah partikel yang basah/lembab lainnya dapat memancarkan sinar yang dapat terlihat dalam kamar gelap.

2.3 Jenis Debu

Menurut macamnya, debu diklasifikasikan atas 3 jenis yaitu:

a. Debu organik

adalah debu yang berasal dari makhluk hidup (debu kapas, debu daun-daunan, tembakau dan sebagainya).

b. Debu metal

adalah debu yang di dalamnya terkandung unsur-unsur logam (Pb, Hg, Cd, dan Arsen)

c. Debu mineral ialah debu yang di dalamnya terkandung senyawa kompleks (SiO_2 , SiO_3 , dll).

Debu memiliki karakter atau sifat yang berbeda-beda, antara lain debu fisik (debu tanah, batu, dan mineral), debu kimia (debu organik dan anorganik), dan debu biologis (virus, bakteri, kista), debu eksplosif atau debu yang mudah terbakar (batu bara, Pb), debu radioaktif (uranium, plutonium), debu inert (debu yang tidak bereaksi kimia dengan zat lain). Menurut sifatnya, debu diklasifikasikan menjadi:

1) Rongga hidung

Udara dari luar akan masuk lewat rongga hidung (*cavum nasalis*). Rongga hidung berlapis selaput lendir, di dalamnya terdapat kelenjar minyak (kelenjar *sebacea*) dan kelenjar keringat (kelenjar *sudorifera*). Selaput lendir berfungsi menangkap benda asing yang masuk lewat saluran pernapasan. Selain itu, terdapat juga rambut pendek dan tebal yang berfungsi menyaring partikel kotoran yang masuk bersama udara, juga terdapat *konka* yang mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menghangatkan udara yang masuk.

2) Faring/tekak

Faring atau tekak merupakan tempat persimpangan antara jalan pernapasan dan jalan makanan. Faring atau tekak terdapat dibawah dasar tengkorak, dibelakang rongga hidung dan mulut setelah depan ruas tulang leher menurut Syaifudin (2005). Udara melalui bagian anterior ke dalam laring, dan makanan lewat posterior ke dalam esofagus melalui epiglotis yang fleksibel menurut Tambayong (2001). Faring mempunyai fungsi sebagai saluran bersama bagi sistem pernapasan maupun pencernaan.

3) Laring

Laring merupakan saluran udara dan bertindak sebagai pembentukan suara yang terletak di depan bagian faring sampai ketinggian vertebra servikalis dan masuk kedalam trakea dibawahnya. Pangkal tenggorokan itu dapat ditutup oleh sebuah empang tenggorok yang disebut epiglotis, yang terdiri dari tulang-tulang rawan yang berfungsi pada waktu kita menelan makanan menutupi laring (Syaifudin, 2005).

4) Batang tenggorok

Batang tenggorok atau trakea merupakan lapisan dari laring yang dibentuk oleh 16 sampai dengan 20 cincin terdiri dari tulang rawan yang berbentuk seperti kaki kuda (huruf C). Trakea dilapisi epitel bertingkat dengan silia dan sel goblet. Sel goblet menghasilkan mukus dan silia berfungsi menyapu partikel yang berhasil lolos dari saringan di hidung ke arah

faring untuk kemudia ditelan/diludahkan/dibatukkan. Panjang trakea 9-10 cm dan dibelakang terdiri dari jaringan ikat yang dilapisi oleh otot polos. Batang tenggorok dapat berfungsi dalam mengeluarkan benda-benda asing yang masuk bersama udara pernapasan yang dilakukan oleh sel-sel bersilia (Syaifudin, 2005; Tambayong, 2001).

5) Cabang tenggorok

Cabang tenggorok merupakan lanjutan dari trakea, ada 2 buah yang terdapat pada ketinggian vertebra torakalis ke 4 dan ke 5. Bronkus mempunyai struktur serupa dengan trakea dan dilapisi oleh jenis sel yang sama. Bronkus bercabang-cabang yang lebih kecil disebut bronchiolus dan terdapat gelembung paru atau gelembung hawa/alveoli (Syaifudin, 2005; Tambayong, 2001).

6) Paru

Paru merupakan sebuah alat tubuh yang sebagian besar terdiri dari gelembung (gelembung hawa/alveoli). Gelembung ini terdiri dari sel-sel epitel dan endotel. Pada lapisan inilah terjadi pertukaran udara, oksigen masuk kedalam darah dan karbondioksida dikeluarkan dari darah. Pembagian paru ada 2, yaitu: paru kanan terdiri dari 3 lobus (belah paru), lobus pulma dekstrasuperior, lobus media dan lobus superior. Tiap lobus terdiri dari belahan-belahan yang lebih kecil bernama segmen (Syaifudin, 2005). Dalam paru terdapat alveoli yang berfungsi dalam pertukaran gas O₂ dengan CO₂ dalam darah (Tambayong, 2001).

b. Fisiologi

Pernapasan paru merupakan pertukaran oksigen dan karbondioksida yang terjadi pada paru. Fungsi paru adalah tempat pertukaran gas oksigen dan karbondioksida pada pernapasan melalui paru/pernapasan eksterna. Oksigen dipungut melalui hidung dan mulut. Saat bernafas, oksigen masuk melalui trakea dan pipa bronchial ke alveoli, dan dapat erat berhubungan dengan darah di dalam kapiler pulmonalis menurut Syaifudin (2005).

Proses pernapasan dibagi empat peristiwa, yaitu:

1. Ventilasi pulmonal yaitu masuk keluarnya udara dari atmosfer ke bagian alveoli dari paru.
 2. Difusi oksigen dan karbondioksida di udara masuk ke pembuluh darah disekitar alveoli.
 3. Transpor oksigen dan karbondioksida di darah ke sel.
 4. Pengaturan ventilasi (Guyton dan Hall, 2003).
- c. Kapasitas fungsi paru
- c. Kapasitas fungsi paru adalah kombinasi atau penyatuan dua atau lebih volume paru, dapat diuraikan sebagai berikut:
1. Kapasitas Inspirasi, sama dengan volume tidal ditambah dengan volume cadangan inspirasi. Ini adalah jumlah udara yang dapat dihirup oleh seseorang mulai pada tingkat ekspirasi normal dan mengembangkan volume paru-parunya sampai jumlah maksimum (kira-kira 3500 ml).
 2. Kapasitas sisa fungsional, sama dengan volume ekspirasi ditambah volume sisa. Ini adalah jumlah udara yang tersisa di dalam paru-paru pada akhir ekspirasi normal (kira-kira 3200 ml).
 3. Kapasitas vital, sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan dari paru-paru seseorang setelah ia mengisinya sampai batas maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya (kira-kira 4600 ml)

4. Kapasitas total paru, adalah volume maksimum pengembangan paru-paru dengan usaha inspirasi yang sekuat-kuatnya (5800 ml) (Guyton, 2003).

Volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 20-25% lebih kecil daripada pria dan lebih besar lagi pada atlet dan orang yang bertubuh besar dari pada orang yang bertubuh kecil. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kapasitas vital adalah posisi orang tersebut selama pengukuran kapasitas vital, kekuatan otot pernafasan, distensibilitas paru-paru dan sangkar dada yang disebut "*Compliance paru-paru*" (Guyton, 2003). Keadaan seperti tuberkulosis, emfisema, asma kronika, kanker paru, bronkitis kronik dan pleuritis fibrosa semuanya dapat menurunkan *compliance* paru-paru dan dengan demikian menurunkan kapasitas vital. Oleh karena itu ukuran kapasitas vital merupakan salah satu pengukuran terpenting dari semua pengukuran pernafasan klinis untuk menilai kemajuan berbagai jenis penyakit (Guyton, 2003).

Uji praktis untuk paparan terhadap debu dan serat organik misalnya (kayu, jute, rami), gangguan dini dapat dideteksi dengan uji kapasitas ventilasi seperti kapasitas vital, volume ekspirasi paksa dalam satu detik, rata-rata aliran puncak. Uji tersebut dapat dilakukan dengan alat spirometer

1) Pengukuran Kapasitas Fungsi Paru

Tes fungsi paru (*Pulmonary Function Testing = PFT*) telah berkembang dalam dekade terakhir dari spirometer sederhana sampai tes fisiologi yang canggih, hanya sedikit penderita yang dapat dinilai dengan lengkap untuk

penyakit saluran pernapasan tanpa menggunakan tes ini karena tes ini memiliki beberapa keuntungan yaitu:

- a) Dapat menjelaskan disfungsi yang secara klinik tidak ditentukan.
- b) Dapat mengukur derajat penyakit secara obyektif.
- c) Dapat memantau respon terhadap terapi.

Spirometer sederhana biasanya memberikan informasi yang cukup, sejumlah spirometer komputer mampu mengukur dengan tepat dalam 1 menit. Spirometer sendiri tidak mungkin membuat diagnostik spesifik, alat ini dapat menentukan adanya gangguan *obstruktif* dan *restriktif* dan dapat memberi perkiraan dengankelainan. Pada gangguan *obstruktif*, spirometer memperlihatkan penurunan kecepatan aliran ekspirasi dan kapasitas vital normal. Pada penyakit paru *restriktif*, spirometer biasanya memperlihatkan penurunan kapasitas vital dan kecepatan aliran yang normal (Guyton dan Hall, 2003).

2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Penurunan Kapasitas Fungsi Paru Pekerja

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kapasitas fungsi paru tenaga kerja dibedakan menjadi 2, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

1. Faktor internal, terdiri dari:

1) Umur

Usia berhubungan dengan proses penuaan atau bertambahnya umur. Semakin tua usia seseorang maka semakin besar kemungkinan terjadi kapasitas fungsi paru menurut Suyono (2001). Kebutuhan zat tenaga terus meningkat sampai akhirnya menurun setelah usia 40 tahun berkurangnya kebutuhan tenaga tersebut dikarenakan telah menurunnya kekuatan fisik. Dalam keadaan normal, usia juga mempengaruhi frekuensi pernapasan dan kapasitas paru. Frekuensi pernapasan pada orang dewasa antara 16-18 kali permenit, pada anak-anak sekitar 24 kali permenit sedangkan pada bayi sekitar 30 kali permenit. Walaupun pada orang dewasa pernapasan frekuensi pernapasan

lebih kecil dibandingkan dengan anak-anak dan bayi, akan tetapi kapasitas fungsi paru pada orang dewasa lebih besar dibanding anak-anak dan bayi. Dalam kondisi tertentu hal tersebut akan berubah misalnya akibat dari suatu penyakit, pernapasan bisa bertambah cepat dan sebaliknya.

2) Jenis kelamin

Menurut Guyton dan Hall volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 20 sampai 25 persen lebih kecil daripada pria, dan lebih besar lagi pada atletis dan orang yang bertubuh besar daripada orang yang bertubuh kecil dan astenis. Menurut Tambayong (2001) disebutkan bahwa kapasitas paru pada pria lebih besar yaitu 4,8 L dibandingkan pada wanita yaitu 3,1 L.

3) Riwayat penyakit

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

4) Status gizi

Status gizi dapat mempengaruhi kapasitas paru, orang kurus panjang biasanya kapasitas vital paksanya lebih besar dari orang gemuk pendek. Salah satu akibat kekurangan zat gizi dapat menurunkan sistem *imunitas* dan antibodi sehingga orang mudah terserang infeksi seperti pilek, batuk, diare dan juga berkurangnya kemampuan tubuh untuk melakukan *detoksikasi* terhadap benda asing seperti debu organik yang masuk dalam tubuh (Supariasa dkk, 2002).

Status gizi diukur menggunakan Indeks Massa Tubuh (IMT).

$$\text{IMT} = \text{BB (kg)} / \text{TB}^2 \text{ (m)}.$$

Tabel 1. Kategori Ambang Batas IMT untuk Indonesia

Kategori IMT	Keterangan	IMT
Kurus	Kekurangan BB tk berat	< 17
	Kekurangan BB tk rendah	17,0 – 18,5
Normal		> 18,5 – 25,00
Gemuk	Kelebihan BB tk ringan	25,00 – 27,0
	Kelebihan BB tk berat	> 27,0

Sumber (Supariasa, 2001)

2. Faktor eksternal, terdiri dari:

1) Riwayat pekerjaan

Riwayat pekerjaan dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit akibat kerja. Riwayat pekerjaan yang menghadapi debu berbahaya dapat menyebabkan gangguan paru menurut Suma'mur (2009). Hubungan antara penyakit dengan pekerjaan dapat diduga dengan adanya riwayat perbaikan keluhan pada akhir minggu atau hari libur diikuti peningkatan keluhan untuk kembali bekerja, setelah bekerja ditempat yang baru atau setelah digunakan bahan baru ditempat kerja. Riwayat pekerjaan dapat menggambarkan apakah pekerja pernah terpapar dengan pekerjaan berdebu, hobi, pekerjaan pertama, pekerjaan pada musim-musim tertentu, dan lain-lain (Ikhsan, 2002).

2) Kebiasaan merokok

Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran pernapasan dan jaringan paru. Kebiasaan merokok akan mempercepat penurunan faal paru. Penurunan volume ekspirasi paksa pertahun adalah 28,7 mL untuk non perokok, 38,4mL untuk bekas perokok dan 41,7 mL untuk perokok aktif. Pengaruh asap rokok dapat lebih besar dari pada pengaruh debu hanya sekitar sepertiga dari pengaruh buruk rokok (Depkes RI, 2003). Rata-rata perokok ringan dalam sehari 1-14 batang, bagi perokok sedang 15-24 batang/hari, dan perokok berat > 25 batang/hari (Yusuf dan Giriputro, 2003).

Inhalasi asap tembakau baik primer maupun sekunder dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan pada orang dewasa. Asap rokok mengiritasi paru-paru dan masuk ke dalam aliran darah. Merokok lebih merendahkan kapasitas fungsi paru dibandingkan beberapa bahaya kesehatan akibat kerja (Suyono, 2001).

3) Kebiasaan olah raga

Faal paru dan olahraga mempunyai hubungan yang timbal balik, gangguan faal paru dapat mempengaruhi kemampuan olahraga. Sebaliknya, latihan fisik yang teratur atau olahraga dapat meningkatkan faal paru. Seseorang yang aktif dalam latihan akan mempunyai kapasitas aerobik yang lebih besar dan kebugaran yang lebih tinggi serta kapasitas paru yang meningkat. Kapasitas fungsi paru dapat dipengaruhi oleh kebiasaan seseorang melakukan olahraga. Olah raga dapat meningkatkan aliran darah melalui paru-paru sehingga menyebabkan oksigen dapat berdifusi ke dalam kapiler paru dengan volume yang lebih besar atau maksimum. Kapasitas fungsi pada seorang atletis lebih besar daripada orang yang tidak pernah berolahraga. Kebiasaan olah raga akan meningkatkan kapasitas paru dan akan meningkat 30 – 40 %. (Guyton dan Hall, 2005)

4) Pemakaian Alat Pelindung Pernafasan (masker)

Alat pelindung diri adalah seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan. Alat ini digunakan seseorang dalam melakukan pekerjaannya, yang dimaksud untuk melindungi dirinya dari sumber bahaya tertentu baik yang berasal dari pekerjaan maupun dari lingkungan kerja. (Budiono, 2003).

Alat pelindung diri haruslah enak dipakai, tidak mengganggu kerja dan memberikan perlindungan yang efektif oleh Suma'mur (2009). Jenis Alat Pelindung Pernafasan jenis masker antara lain sebagai berikut

a. Masker penyaring debu

Masker ini berguna untuk melindungi pernafasan dari asap pembakaran, abu hasil pembakaran dan debu.

b. Masker berhidung

Masker ini dapat menyaring debu atau benda sampai ukuran 0,5 mikron.

c. Masker bertabung

Masker ini punya filter yang lebih baik daripada masker berhidung. Masker ini tepat digunakan untuk melindungi pernafasan dari gas tertentu.

5) Masa Kerja

Masa kerja adalah jangka waktu orang sudah bekerja (pada suatu kantor, badan dan sebagainya) Menurut Solech (2001), masa kerja adalah lamanya seorang tenaga kerja bekerja dalam (tahun) dalam satu lingkungan industri, dihitung mulai saat bekerja sampai penelitian berlangsung.

Masa kerja dapat dikategorikan menjadi:

a. Masa kerja baru (< 1 tahun)

b. Masa kerja lama (≥ 1 tahun)

Semakin lama seseorang dalam bekerja maka semakin banyak dia telah terpapar bahaya yang ditimbulkan oleh lingkungan kerja tersebut (Suma'mur, 2009).

2.5 Hubungan Paparan Debu dan Kapasitas Fungsi Paru.

a. Mekanisme Penimbunan Debu Dalam Paru

Debu aerosol dan gas iritan kuat menyebabkan reflek batuk atau spasme laring (penghentian bernafas). Kalau zat-zat ini menembus kedalam paru, dapat terjadi bronkitis toksit, edema paru atau pneumonitis. Para pekerja menjadi toleran terhadap paparan iritan berkadar rendah dengan meningkatkan sekresi mukus, suatu mekanisme yang khas pada bronkitis dan juga terlibat pada perokok tembakau. Beberapa mekanisme dapat dikemukakan sebagai sebab hinggap dan tertimbunnya debu dalam paru. Salah satu mekanisme itu adalah inerti atau kelembanan dari partikel-partikel debu yang bergerak yaitu pada waktu udara membelok ketika melalui jalan pernafasan yang tak lurus, maka partikel debu yang bermasa cukup besar tak dapat membelok mengikuti aliran udara melainkan terus lurus dan akhirnya menumbuk selaput lendir dan hinggap di sana (Suma'mur, 2009).

Mekanisme lain adalah sedimentasi yang terutama besar untuk bronchi sangat kecil dan bronchioli, sebab ditempat itu kecepatan udara pernafasan sangat kurang kira-kira 1 cm/detik sehingga gaya tarik bumi dapat bekerja terhadap partikel-partikel debu dan mengendapkannya (Suma'mur, 2009). Mekanisme yang terakhir adalah gerakan *brown* terutama untuk partikel yang berukuran kurang dari 1 mikron. Partikel ini oleh gerakan *brown* tadi ada kemungkinan membentur permukaan alveoli dan tertimbundi sana (Suma'mur, 2009).

Keadaan debu dialveoli tergantung dari tempatnya berada dalam paru dan sifat debu itu sendiri. Debu yang mengendap di bronchi dan bronchioli akan dikembalikan ke atas dan akhirnya keluar oleh cilia-cilia

yang bergetar. Kalau ada bahan kimia penyusun debu mudah larut dalam air maka akan larut dan langsung masuk pembuluh darah kapiler alveoli. Bila bahan tidak mudah larut dan berukuran kecil maka partikel akan memasuki dinding alveoli, lalu ke saluran limfa atau masuk ruang peribronchial. Kemungkinan lain adalah ditelan sel phagocyt yang mungkin masuk saluran limfa dan keluar dari tempat itu ke bronchioli oleh cilia dikeluarkan ke atas (Suma'mur, 2009)

b. Gangguan fungsi paru.

Adalah gangguan atau penyakit yang dialami oleh paru-paru yang disebabkan oleh berbagai sebab, misalnya virus, bakteri, debu maupun partikel lainnya. Penyakit pernapasan yang diklasifikasikan karena uji spirometri ada dua macam yaitu penyakit yang menyebabkan gangguan ventilasi *obstruktif* dan penyakit yang menyebabkan ventilasi restriktif (Guyton dan Hall, 2003). Adapun gangguan fungsi paru ada tiga yaitu

1. Gangguan Paru-Paru *Obstruktif*.

Penurunan kapasitas paru yang diakibatkan oleh penimbunan debu sehingga menyebabkan penurunan dan penyumbatan saluran nafas.

Menurut Yunus (2004) penyakit paru yang menyebabkan terjadinya *obstruktif* :

- a) *Asma bronkiale*
- b) Penyakit Paru Obstriksi Menahun (PPOM)
- c) *Bronkiektasis*
- d) *Kistik fibrosis*
- e) *Bronkiolitis*

2. Gangguan paru *Restriktif*.

Penyempitan saluran paru yang diakibatkan oleh bahan yang bersifat alergi seperti debu, spora, jamur yang mengganggu saluran pernafasan dan kerusakan jaringan paru-paru. Menurut Yunus (2004) penyakit paru yang menyebabkan terjadinya *restriktif* :

- a) Penyakit paru primer di *parenkim* paru
- b) Operasi pengangkatan jaringan paru
- c) Penyakit yang ada di *pleura* dan dinding dada

3. Gangguan paru *Mixed*.

Kombinasi dari penyakit pernafasan *obstruktif* dan *restriktif*.

Tabel 2 : Kriteria volume paru dengan jenis kelainan:

% FEV ₁	R	N
70 %	M	O
	80 %	%FVC

(Sumber: Ikhsan, 2002)

Dari hasil perhitungan % FVC dan % FEV₁, maka kriteria volume paru dengan jenis kelainan adalah sebagai berikut :

- a. N : Normal, tidak ada kelainan dalam paru-paru. Jika % FVC \geq 80 % dan % FEV₁ \geq 70 %.
- b. R : Restriktif, kerusakan jaringan paru-paru misalnya : pada penderita pneumoni, pneumokoniosis. Jika % FVC $<$ 80 % dan % FEV₁ \geq 70 %.
- c. O : Obstruktif, penyumbatan saluran nafas misalnya : pada penderita asma, bronchitis khronis. Jika % FVC \geq 80 % dan % FEV₁ $<$ 70 %.
- d. M : Mixed, kombinasi dari restriktif dan obstruktif. Jika % FVC $<$ 80 % dan %FEV₁ $<$ 70 %.

c. Penyakit Paru Akibat Kerja

Penyakit paru akibat kerja adalah penyakit kelainan paru yang timbul sehubungan dengan pekerjaan. Terdapat berbagai macam penyakit paru akibat kerja akibat lingkungan kerja seperti berikut ini:

1) Emfisema paru kronik

Merupakan kelainan paru dengan patofisiologi berupa infeksi kronik, kelebihan mucus dan edema pada epitel bronchiolus yang mengakibatkan terjadinya obstruktif dan dekstruktif paru yang kompleks sebagai akibat mengkonsumsi rokok.

2) Pneumonia

Pneumonia ini mengakibatkan dua kelainan utama paru, (kedua efek ini mengakibatkan menurunnya kapasitas paru) yaitu: Penurunan luas permukaan membran napas dan Menurunnya rasio ventilasi perfusi.

3) Atelektasi

Atelektasi berarti alveoli paru mengempis atau kolaps. Akibatnya terjadi penyumbatan pada alveoli sehingga aliran darah meningkat dan terjadi penekanan dan pelipatan pembuluh darah sehingga volume paru berkurang.

4) Asma

Pada penderita asma akan terjadi penurunan kecepatan ekspirasi dan volume inspirasi.

5) Tuberkulosis

Pada penderita tuberkulosis stadium lanjut banyak timbul daerah fibrosis di seluruh paru, dan mengurangi jumlah paru fungsional sehingga mengurangi kapasitas paru.

6) Alvelitis yang disebabkan oleh faktor luar sebagai akibat dari penghirupan debu organik menurut Ikhsan (2002). Beberapa penyakit

pada jalan pernapasan antara lain adalah: asma, bronkitis akut, bronkitis kronik.

2.6 Pengendalian Debu

Pengendalian debu di lingkungan kerja dapat dilakukan terhadap 3 hal yaitu pencegahan terhadap sumbernya, media pengantar (transmisi) dan terhadap manusia yang terkena dampak.

- a. Substitusi yaitu mengganti bahan yang memiliki bahaya dengan bahan yang kurang berbahaya atau tidak berbahaya sama sekali.
- b. Ventilasi umum yaitu mengalirkan udara ke ruang kerja agar kadar debu yang ada dalam ruangan kerja menjadi lebih rendah dari kadar nilai ambang batas (NAB). Memakai metode basah yaitu, penyiraman lantai dan pengeboran basah (*Wet Drilling*). Dengan alat berupa *Scrubber*, *Elektropresipitator*, dan Ventilasi Umum
- c. Isolasi yaitu menutup proses, bahan atau alat kerja yang merupakan sumber debu agar tidak tersebar ke ruangan lain.
- d. Memodifikasi proses yaitu mengubah proses atau cara kerja sedemikian rupa agar hamburan debu yang dihasilkan berkurang seperti melengkapi *water sprayer* pada sumber.
- e. Mengadakan pemantauan terhadap lingkungan kerja yaitu pemantauan terhadap lingkungan kerja agar dapat diketahui apakah kadar debu yang dihasilkan sudah melampaui nilai ambang batas atau baku mutu yang diperkenankan.
- f. Alat pelindung diri yaitu upaya perlindungan terhadap karyawan agar terlindungi dari resiko bahaya yang dihadapi. Misalnya masker, sarung tangan, kaca mata dan pakaian pelindung.
- g. Penyuluhan tentang kesehatan dan keselamatan kerja secara intensif agar karyawan tetap waspada dalam melaksanakan pekerjaannya (Rizki,2010).

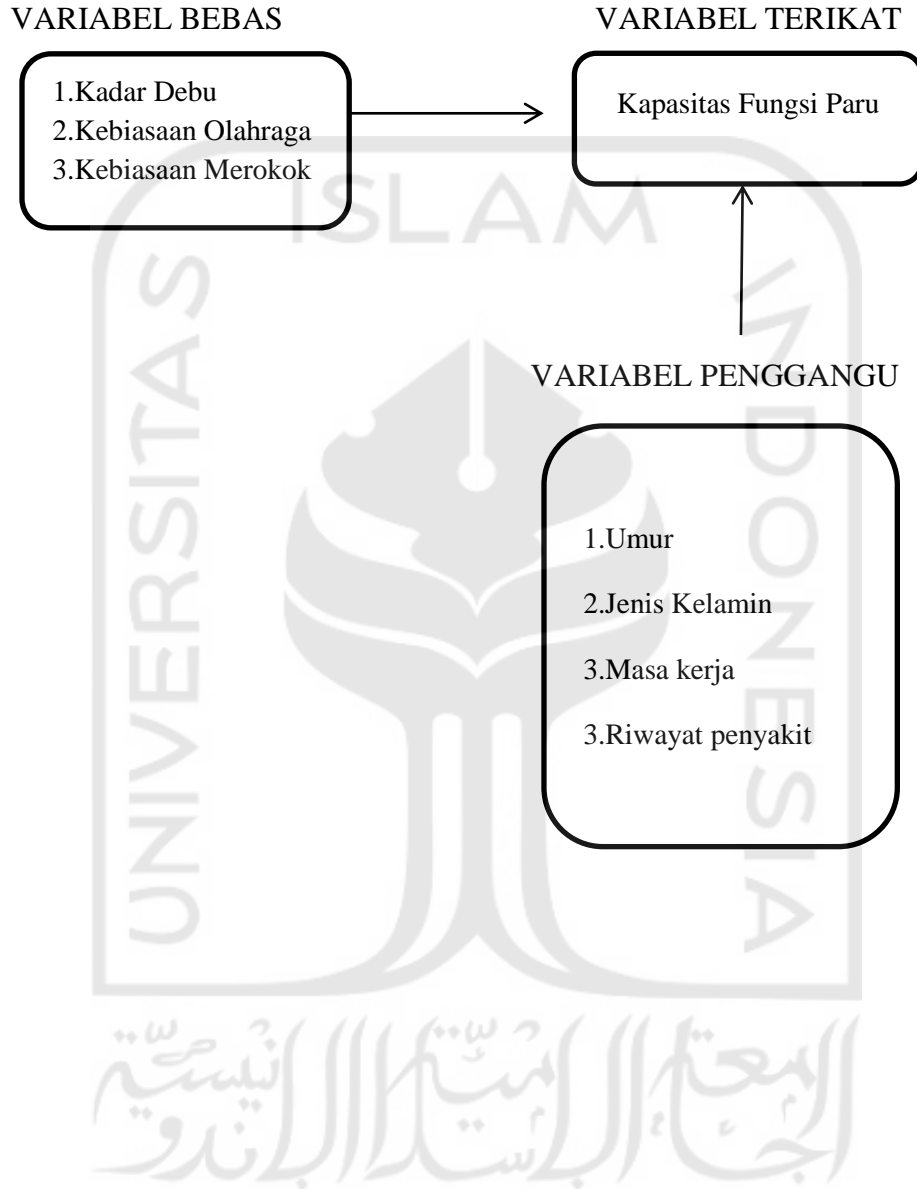
2.7 Nilai Ambang Batas (NAB)

Nilai Ambang Batas (NAB) standar factor-faktor lingkungan kerja yang dianjurkan di tempat kerja agar tenaga kerja masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari dan 40 jam seminggunya (Permenakertrans RI No. 5 Tahun 2018 Tentang Nilai Ambang Batas Fako Fisika dan Kimia di Tempat Kerja).Kegunaan NAB ini sebagai rekomendasi pada industri dalam melakukan penatalaksanaan Lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran udara di lingkungan kerja perlu dilakukan upaya pengendalian pencemaran udara dengan penetapan nilai ambang batas yaitu menurut NAB berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 adalah sebesar 10 mg/m³ Nilai Ambang, bahwa NAB kadar debu di udara tidak boleh melebihi 10 mg/m³.

2.8 Kerangka konsep

Adapun kerangka konsep dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



2.9 Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah suatu jawaban sementara atas pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan di dalam perencanaan penelitian. Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ada hubungan antara paparan debu dengan kapasitas fungsi paru di *Home Industry Alloycasting*
2. Ada hubungan antara kebiasaan merokok dengan kapasitas fungsi paru di *Home Industry Alloycasting*
3. Ada hubungan antara kebiasaan olahraga dengan kapasitas fungsi paru di *Home Industry Alloycasting*

