

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Debu

1. Partikel Debu

Debu merupakan salah satu bahan yang sering disebut dengan partikel yang melayang di udara (Suspended Particular Matter/SPM) dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Dalam kasus pencemaran udara baik dalam maupun di luar gedung (*Indoor and Out Door Polution*) debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun keselamatan dan kesehatan kerja.⁽⁷⁾

Menurut Suma'mur (1998), debu adalah partikel-partikel zat padat yang ditimbulkan oleh kekuatan-kekuatan alami atau mekanisme seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, peledakan dan lain-lain dari bahan-bahan baik organik maupun anorganik. Adapun debu tersebut terdiri dari 2 golongan, yaitu padat dan cair.⁽⁸⁾

2. Sifat-sifat Debu

Sifat-sifat debu tidak berflokulasi, kecuali oleh gaya tarikan listrik, tidak berdifusi, dan turun karena tarikan gaya tarik bumi. Debu di atmosfer lingkungan kerja biasanya berasal dari bahan baku atau hasil produksi. Adapun sifat-sifat debu sebagai berikut :⁽⁸⁾

a. Sifat Pengendapan

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 Bersih

Permukaan debu yang cenderung selalu bersih 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 Opsis

Opsis merupakan partikel yang basah atau lembab lainnya dapat memancarkan sinar yang dapat terlihat dalam kamar gelap.

Partikel debu melayang (*Suspended Particulated Matter*) adalah suatu kumpulan senyawa dan bentuk padatan maupun cair yang tersebar di udara dengan diameter yang sangat kecil, kurang dari 1 mikron sampai maksimal 500 mikron. Ukuran partikel debu yang membahayakan kesehatan umumnya berkisar antara 0,5 mikron sampai 25 mikron. Partikel debu tersebut akan berada di udara dalam waktu yang relative lama dalam keadaan melayang-layang dan dapat melalui saluran pernafasan.

3. Pengukuran Kadar Debu

Pengukuran kadar debu di udara bertujuan diketahuinya kadar debu diudara pada suatu lingkungan kerja yang sesuai dengan konsentrasi lingkungan kerja yang sesuai, dengan kondisi ruang kerja yang aman dan sehat bagi pegawai.

Dengan kata lain kondisi udara di lingkungan tempat kerja kadar debunya berada pada kondisi kurang dari Nilai Ambang Batas atau melebihi Nilai Ambang Batas. Hal ini dilaksanakan dengan pengukuran sebagai pedoman perusahaan untuk mengetahui ruang lingkup kerja karyawan yang sehat dan menciptakan lingkungan yang aman. Sekaligus menekan adanya peningkatan tingkat prevalensi penyakit akibat kerja.

Pengukuran/pengambilan sample di udara biasanya menggunakan metode gravimetric. Gravimetric merupakan cara menghisap dan melewatkan udara dalam volume tertentu melalui saringan serta gelas/kertas saring. Alat yang biasanya digunakan untuk pengukuran sampel debu total (TSP) di udara seperti :

a. *High Volume Air Sample*

Alat ini dapat menghisap udara ambien dengan menggunakan pompa berkecepatan 1,1-7 m³/menit, partikel debu dengan berdiameter 0,1-100 mikron mampu masuk bersama aliran udara melewati saringan dan berkumpul pada permukaan serat gelas. Alat ini dapat digunakan untuk mengambil contoh udara dan bila kandungan partikel debu sangat tinggi maka waktu saat pengukuran dapat dikurangi.

b. *Low Volume Air Sampler*

Alat ini mampu menangkap debu sesuai dengan ukuran yang kita inginkan, dengan cara mengatur *flow rate*. Untuk *flow rate* 20 liter/menit dapat menangkap partikel debu dengan ukuran 10 mikron. Debu dapat dihitung dengan mengetahui berat kertas saring sebelum dan sesudah dilakukannya pengukuran.

c. *Low Volume Dust Sampler*

Alat ini mempunyai sebuah metode dan prinsip kerja yang sama dengan alat *low volume air sampler*.

d. *Personal Dust Sampler (LVDS)*

Alat ini biasanya digunakan untuk mengukur *Respirasi Dust (RD)* di udara atau debu yang dapat lolos dari filter bulu hidung manusia selama bernafas. Untuk *flow rate* 2 liter/menit dapat menangkap debu yang berukuran < 10 mikron. Alat ini yang biasanya digunakan dilingkungan pekerjaan dan diikatkan pada pinggang pekerja, hal ini dikarenakan ukuran partikel debu yang kecil.

4. Ukuran partikel debu

Debu merupakan partikel padat yang berukuran diameter 0,1 - 50 mikron atau lebih. Ukuran partikel debu yang dapat dilihat oleh kasat mata yang berukuran 50 mikron lebih. Sedangkan partikel debu yang berukuran kurang dari 50 mikron hanya bisa dideteksi oleh mata bila terdapat pantulan cahaya yang kuat dari partikel debu tersebut. adapun partikel debu yang berukuran 10 mikron dapat dilihat dengan menggunakan alat yaitu mikroskop.⁽⁹⁾

5. Jenis-jenis debu

Debu atau disebut pula dengan partuculate secara fisik dikategorikan sebagai pencemran aerosol. Debu yang trdiri dari partikel-partikel padat dibedakan menjadi 3 macam yaitu :

1. Dust

Terdiri dari berbagai ukuran mulai dari yang submikroskopik sampai besar yang berbahaya adalah ukuran yan dapat terhisap oleh sistem pernafasan yang umumnya berukuran 100 mikron dan terhisap ke dalam tubuh.

2. Fumes

Fumes merupakan partikel padatan yang terbentuk dari proses evaporasi atau kondensasi. Pemanasan sebai logam misalnya, menghasilkan uap logam yang kemudian berkondensasi menjadi partikel-partikel *metal fumes*, misalnya logam (Cd) dan timbal (Pb).

3. Smoke atau asap

Smoke atau sering disebut dengan asap merupakan produk dari pembakaran bahan organik yang tidak sempurna dan mempunyai ukuran berkisar 0,5 mikron. Sementara itu, partikel cair biasanya disebut *mist atau fog* (awan) yang dihasilkan melalui proses kondensasi atau *atomizing*. Contoh sederhana adalah *hair spray* atau obat nyamuk semprot.⁽⁸⁾

Debu industri yang terdapat di dalam udara terbagi menjadi 2 yaitu *Deposit Particulate Matter* dan *Suspended Particulate Matter*.⁽⁷⁾

a. *Deposit Particulate Matter*

Deposit particulate matter merupakan partikel debu yang hanya sementara di udara. Partikel ini akan segera mengendap karena daya tarik bumi.

b. *Suspended Particulate Matter*

Suspended particulate matter yaitu debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap.

6. Pengaruh Debu Terhadap Kesehatan

Debu yang berada di udara jika kadarnya melampaui batas dapat menyebabkan gangguan yaitu :

a. Keracunan lokal

1. Debu penyebab fibrosis

Yaitu karena sifatnya yang tidak mudah larut, masuk kedalam nafas bersama-sama udara pernafasan, diendapkan paru-paru dan dapat menyebabkan

pengerasan jaringan. Contoh kristal silika bebas, kapas dan asbes.

2. Debu inert

Debu inert merupakan debu yang tidak berbahaya tetapi dapat mengganggu kenyamanan kerja, contohnya tanah.

3. Debu alergen

Debu alergen merupakan debu yang menjadi penyebab alergi, contoh debu organik.

4. Debu intan

Debu intan merupakan debu yang dapat mengakibatkan luka secara lokal, contoh *flour*.

b. Infeksi saluran pernafasan atas

Merupakan suatu penyakit yang berkaitan erat dengan pencemaran yang diakibatkan oleh debu kapas, contohnya influenza.⁽¹⁰⁾

7. Penyakit Akibat Debu

Pneumoconiosis merupakan suatu penyakit yang ditimbulkan akibat penimbunan debu pada organ paru-paru. Penyakit *pneumoconiosis* ini berdasarkan jenis-jenis debu yang mengendap di paru-paru, serta nama penyakitnya bermacam-macam, diantaranya⁽¹¹⁾:

a. *Silicosis*

Silicosis merupakan penyakit yang diakibatkan oleh silika bebas (SiO_2) yang biasanya terletak pada pekerja penghasil batu bangunan, perusahaan granit, tambang timah putih, perusahaan

kramik, dan tambang besi. Masa inkubasi silicosis tergantung pada banyaknya debu dan kadar silica yang terdapat didalam debu selama 2-4 tahun.

b. *Anthracosis*

Anthracosis merupakan suatu pneumoniosis oleh debu-debu pada orang pekerja batu. *Anthracosis* terdapat 3 gambaran klinis, yaitu : *Anthracosis* murni, *Silicoanthracosis*, dan *Tuberculosilicoanthracosis*.

c. *Asbestosis*

Asbestosis merupakan debu yang disebabkan oleh serat-serat pada asbes atau debu yang mencemari udara. Apabila debu asbes masuk kedalam paru-paru dapat mengakibatkan terjadinya batuk-batuk bahkan bisa terjadi gejala sesak nafas di sertai dengan adanya dahak. Debu asbes dapat banyak dijumpai di tempat-tempat industri atau pabrik.

d. *Byssinosis*

Penyakit *Byssinosis* merupakan penyakit *pneumoniconiosis* yang disebabkan oleh pencemaran debu kapas maupun serat kapas yang terhisap kedalam tubuh dan mengendap kedalam paru-paru. Masa inkubasi pada penyakit *byssinosis* selama 5 tahun, masa inkubasi ini termasuk lama. Gejala awal pada penyakit ini diawali dengan terjadinya sesak nafas, terasa berat pada dada terutama pada hari senin (karena hari dimana awal mulai bekerja disetiap minggunya).

e. *Beriliosis*

Udara yang tercemar oleh debu logam berilium, baik pada logam murni, oksida, sulfat, maupun dalam bentuk logam halogenida, dapat menyebabkan penyakit saluran pernafasan yang disebut penyakit *beriliosis*. Debu logam tersebut dapat menyebabkan bronchitis, nasoparingitis, dan pneumonitis yang ditandai dengan gejala suhu tubuh sedikit demam, batuk kering dan terjadinya sesak nafas.

f. *Stannosis*

Penyebab terjadinya penyakit *stannosis* yaitu terlalu banyaknya menghirup debu timah putih. Pada penyakit *stannosis* biasanya tidak terjadi gejala cacat pada paru-paru, tidak terdapat *fibrosi*, dan jarang terjadi komplikasi.

B. Ventilasi

1. Definisi Ventilasi

Ventilasi adalah udara yang baik diruang terbuka maupun diruang tertutup (di dalam ruangan). Ventilasi alami adalah proses pergantian udara ruangan oleh udara segar dari luar ruangan tanpa bantuan peralatan mekanik. Pengertian udara dipotensi kekotoran udara di suatu ruangan, luas ventilasi yang memenuhi syarat kesehatan adalah lebih dari sama dengan 15% dai luas lantai.⁽¹²⁾

Ventilasi industri/pertukaran udara di dalam industri merupakan bagian dari “air conditioning”, yang apabila digunakan secara

bersama dengan alat pemanas, alat pendingin dan pengaturan kelembapan bermanfaat untuk memelihara/ menciptakan udara suatu ruang kerja dengan kondisi yang sesuai kebutuhan dalam rangka menghasilkan barang-barang pabrik untuk keperluan tenaga kerja. Pertukaran udara merupakan alat pengendalian yang efektif untuk melindungi fall tubuh tenaga kerja dari tekanan panas yang sebagian terbesar di pancarkan cara koneksi melalui udara kontaminan yang kebanyakan masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan dan absorpsi di dalam paru-paru.⁽¹³⁾

2. Tujuan Ventilasi

- a. Menghilangkan gas yang tidak menyenangkan yang ditimbulkan oleh keringat dan sebagainya, dan gas-gas pembakaran (CO_2) yang ditimbulkan oleh pernafasan dan proses-proses pembakaran.
- b. Menghilangkan uap air saat memasak, mandi maupun yang lainnya.
- c. Menghilangkan kalor yang berlebihan
- d. Membantu mendapatkan kenyamanan termal.⁽¹⁴⁾

3. Ventilasi Mekanik

- a. Persyaratan Ventilasi⁽¹⁵⁾
 1. Sistem ventilasi mekanis harus dipenuhi jika ventilasi alami yang ada tidak memadai.
 2. Penempatan fan yang harus memungkinkan maksimalnya pelepasan udara dan juga memungkinkan masuknya udara segar ke dalam ruangan atau sebaliknya

3. Sistem ventilasi bekerja secara terus menerus selama penghuni berada diruangan.
4. Bangunan yang tertutup atau ruang parkir harus dilengkapi dengan ventilasi mekanis, guna membuang kotoran didalam ruangan dan minimal 2/3 volume udara ruangan berada di tempat yang mempunyai ketinggian maksimal 0,6 meter dari lantai.
5. Ruang parkir yang berada di bawah bangunan atau sering disebut dengan besmen dimana lantainya lebih dari satu, gas buang mobil pada setiap lantai tidak boleh mengganggu udara pada gedung di lantai lainnya
6. Besarnya pertukaran udara pada ruangan harus ditentukan berdasarkan ketentuan yang sudah berlaku.

Tabel 2.1
Kebutuhan Ventilasi Mekanis

Tipe	Catur udara segar minimum	
	Pertukaran udara/jam	M ³ /jam per orang
Kantor	6	18
Restoran/kantin	6	18
Toko, Pasar Swalayan	6	18
Pabrik, bengkel	6	18
Kelas, bioskop	8	
Lobi, koridor, tangga	4	
Kamar mandi, peturasan	10	
Dapur	20	
Tempat parkir	6	

Sumber : perencanaan-pendinginan (SNI 03-6572-2001)

b. Perancangan Sistem Ventilasi Mekanis

1. Perancangan sistem ventilasi mekanis dilakukan sebagai berikut : ⁽¹⁵⁾

a. Tentukan kebutuhan udara ventilasi yang diperlukan sesuai fungsi ruangan.

b. Tentukan kapasitas fan.

c. Rancang sistem distribusi udara, baik menggunakan cerobong udara (ducting) atau fan yang dipasang pada dinding/atap.

2. Jumlah laju aliran udara yang perlu disediakan oleh sistem ventilasi mengikuti persyaratan pada tabel 2.2

3. Untuk mengambil perolehan kalor yang terjadi didalam ruangan, diperlukan laju aliran udara dengan jumlah tertentu untuk menjaga supaya temperatur udara di dalam ruangan tidak bertambah melewati harga yang diinginkan. Jumlah laju aliran udara V (d^3 / detik) tersebut dapat dihitung dengan persamaan :

$$V = \frac{Q}{F.C (t_L - t_D)}$$

Dimana :

V = laju aliran udara (m^3 /detik)

q = perolehan kalor (watt)

f = densitas udara (kg/m^3)

c = panas jenis udara (joule/kg. °C)

$(t_L - t_D)$ = kenaikan temperatur terhadap udara luar (°C)

Tabel 2.2
Kebutuhan Laju Udara Ventilasi

Fungsi gedung	Satuan	Kebutuhan udara luar	
		merokok	Tidak merokok
1. Laundri	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,46
2. Restoran :			
a. Ruang makanan	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
b. Dapur	(M ³ /min)/ orang	-	0,30
c. Fast food	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
3. Service mobil			
a. Garasi (tertutup)	(M ³ /min)/ orang	0,21	0,21
b. Bengkel	(M ³ /min)/ orang	0,21	0,21
4. Hotel, Motel, dsb :			
a. Kamar tidur	(M ³ /min)/ orang	0,42	0,21
b. Ruang tamu/ruang duduk	(M ³ /min)/ orang	-	0,75
c. Kamar mandi/toilet	(M ³ /min)/ orang	-	-
d. Lobi	(M ³ /min)/ orang	0,45	0,15
e. Ruang pertemuan (kecil)	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
f. Ruang rapat	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
5. Kantor			
a. Ruang kerja	(M ³ /min)/ orang	0,60	0,15
b. Ruang pertemuan	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
6. Ruang umum			
a. Koridor	(M ³ /min)/ orang	-	-
b. Wc umum	(M ³ /min)/kloset	2,25	2,25
c. Ruang locker/Ruang ganti baju	(M ³ /min)/ orang	2,05	0,45

Sumber : perencanaan-pendinginan (SNI 03-6572-2001)

Tabel 2.2
Kebutuhan Laju Udara Ventilasi (Lanjutan)

Fungsi Gedung	Satuan	Kebutuhan udara luar	
		Merokok	Tidak merokok
7. Pertokoan			
a. Basemen & lantai dasar	(M ³ /min)/ orang	0,75	0,15
b. Lantai atas kamar tidur	(M ³ /min)/ orang	0,75	0,15
c. Mall& arkade	(M ³ /min)/ orang	0,30	0,15
d. Lif	(M ³ /min)/ orang	-	0,45
e. Ruang merokok	(M ³ /min)/ orang	1,50	-
8. Ruang kecantikan			
a. Panti cukur & salon	(M ³ /min)/ orang	0,87	0,60
b. Ruang olahraga	(M ³ /min)/ orang	-	0,42
c. Toko kembang	(M ³ /min)/ m ²	-	0,15
d. Salon binatang peliharaan	(M ³ /min)/ orang	-	0,30
9. Ruang hiburan			
a. Disco & bowling	(M ³ /min)/ orang	-	0,21
b. Lanai gerak, gymnasium	(M ³ /min)/ orang	-	0,60
c. Ruang penonton	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
d. Ruang bermain	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
e. Kolam renang	(M ³ /min)/ m ²	-	0,15
10. Teater			
a. Locket	(M ³ /min)/ orang	0,60	0,15
b. Lobi & lounge	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
c. Panggung dan studio	(M ³ /min)/ orang	-	0,30
11. Transportasi			
Ruang tunggu, person,dsb	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21

Sumber : perencanaan-pendinginan (SNI 03-6572-2001)

Tabel 2.2
Kebutuhan Laju Udara Ventilasi (Lanjutan)

Fungsi Gedung	Satuan	Kebutuhan udara luar	
		Merokok	Tidak merokok
12. Ruang kerja			
a. Proses makanan	(M ³ /min)/ orang	-	0,15
b. Khazanah bank	(M ³ /min)/ orang	-	0,15
c. Farmasi	(M ³ /min)/ orang	-	0,21
d. Studio fotografi	(M ³ /min)/ orang	-	0,21
e. Ruang gelap	(M ³ /min)/ orang	-	0,60
f. Ruang duplikasi/cetak foto	(M ³ /min)/ orang	-	0,15
13. Sekolah			
a. Ruang kelas	(M ³ /min)/ orang	0,75	0,15
b. Laboratorium	(M ³ /min)/ orang	-	0,30
c. Perpustakaan	(M ³ /min)/ orang	-	0,15
14. Rumah sakit			
a. Ruang pasien	(M ³ /min)/ bed	1,05	0,21
b. Ruang periksa	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21
c. Ruang bedah & bersalin	(M ³ /min)/ orang	-	1,20
d. Ruang gawat darurat/ terapi	(M ³ /min)/ orang	-	0,45
e. Ruang otopsi	(M ³ /min)/ kloset	-	3,00
15. Rumah tinggal :			
a. Ruang duduk	(M ³ /min)/ kamar	-	0,30
b. Ruang tidur	(M ³ /min)/ kamar	0,75	0,30
c. Dapur	(M ³ /min)/ kamar	0,75	3,00
d. Toilet	(M ³ /min)/ kamar	0,30	1,50
e. Garasi (rumah)	(M ³ /min)/ mobil	-	3,00
f. Garasi bersama	(M ³ /min)/ m ²	1,50	0,45

Sumber : perencanaan-pendinginan (SNI 03-6572-2001)

Tabel 2.2
Kebutuhan Laju Udara Ventilasi (Lanjutan)

Fungsi Gedung	Satuan	Kebutuhan udara luar	
		Merokok	Tidak merokok
16. Industri			
a. Aktivitas tinggi	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,60
b. Aktivitas sedang	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,30
c. Aktivitas rendah	(M ³ /min)/ orang	1,05	0,21

Sumber : perencanaan-pendinginan (SNI 03-6572-2001)

4. Tipe Sistem Ventilasi

Tipe sistem ventilasi yang dapat digunakan untuk keperluan operasi di dalam suatu industri yaitu ⁽¹⁵⁾

1. *Dilution Ventilation*

Beban panas yang tinggi dan pancaran gas atau uap di dalam suatu ruangan dapat dikendalikan dengan cara memasukkan udara segar dalam ruangan tersebut (terjadi pengenceran) dan menghisap keluar udara kontaminan dari lingkungan kerja. Cara ini disebut *dilution ventilation*.

Umumnya *dilution ventilation* sangat baik untuk mengendalikan beban panas, sering kali *dilution ventilation* dapat digunakan dan berhasil dengan baik untuk mengendalikan bahan uap dan bahan kimia organik di udara tempat kerja, dari larutan-larutan yang dapat menguap pada suhu kamar.

2. *Local Exhaust Ventilation*

Tujuan dari sistem ventilasi ini adalah untuk mengeluarkan udara kontaminan dari sumber tanpa memberikan kesempatan kepada kontaminan untuk mengadakan difusi dengan udara di dalam lingkungan kerja. Umumnya *local exhaust ventilation* ditempatkan sangat dekat dengan sumber emisi. Penggunaan lebih menguntungkan dibandingkan dengan *dilution ventilation*. Keuntungannya adalah volume udara yang dihisap keluar sedikit kontaminan dapat dikendalikan lebih efektif. Dengan menghisap keluar kontaminan dari lingkungan kerja dan mengendapkan kontaminan dalam suatu kolektor.

3. *Exhausted enclosure*

Untuk melakukan didalam tempat yang keadaannya tertutup dapat dilaksanakan dengan pengendalian dari jarak jauh/melalui glove yang ada disebelah dalam.

4. *Comfort Room Ventilation*

Pertukaran udara adalah suatu cara dimana bagian dalam dari suatu ruangan dipanaskan/didinginkan, atau merubah kelembapan udara untuk mengendalikan suatu proses/membuat keadaan menjadi nyaman. Pertukaran udara yang terutama untuk membuat keadaan menjadi nyaman.

5. *Clean Room Ventilation*

Mengusahakan agar debu didalam ruangan kerja tetap dalam keadaan diluar ruangan yang merupakan suatu masalah. Misalnya industri fotografi dan pembuatan obat-obatan dimana

kebersihan ruangan/ruangan yang berwarna putih sangat menguntungkan.

C. Iklim Kerja

1. Pengertian Iklim Kerja

Menurut Peraturan 13 Menteri No. 10 Tahun 2011, iklim kerja merupakan hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya, yang dimaksudkan dalam peraturan ini adalah iklim kerja panas. Manusia dapat mempertahankan tubuhnya dengan suhu antara 36° - 37°C dengan berbagai cara pertukaran yang baik melalui radiasi, konduksi, maupun konveksi.⁽¹⁶⁾

Adapun istilah-istilah dalam iklim kerja diantaranya :

a. Temperatur Suhu Kering, t ($^{\circ}\text{C}$)

Temperatur yang menggunakan sensor suhu kering dan terbuka, namun kekurangannya pembacaan hasil tidak terlalu tepat karena timbulnya radiasi panas, hal ini dapat dikurangi dengan adanya ventilasi yang baik.

b. Temperatur Suhu Basah, t ($^{\circ}\text{C}$)

Temperatur yang dapat dibaca oleh sensor setelah dibalut oleh kain/kapas basah guna mengurangi terjadinya pajanan radiasi. Aliran udara yang telah melewati sensor harus diperhatikan, dengan kecepatan udara minimal 5m/s.

c. Kelembaban Relative, $Q(\%)$

Perbandingan antara adanya tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan jenuh uap air pada temperatur yang sama, ini merupakan pengertian dari kelembaban relative.

2. *Head Stress Apparatus*

Head Stress Apparatus digunakan guna pengukuran suhu basah, suhu kering, kelembaban udara, tekanan parsial uap air pada suhu terukur, *cooling power*, kecepatan gerakan udara (angin), dan suhu bola (*globe temperatur*) untuk suhu radiasi. Adanya parameter-parameter tersebut mampu digunakan untuk menghitung indikator-indikator tekanan panas, selanjutnya dapat digunakan untuk menilai tingkat paparan pada panas, kemudian dapat digunakan sebagai dasar penerapan pengendalian.

3. Cara-cara pengukuran Iklim Kerja

a. Suhu Kering

Suhu kering t_a atau SK diukur dengan penempatan termometer kering pada lokasi yang diukur selama 5-10 menit kemudian baca suhu yang muncul dan dilakukan pencatatan. Kemudian lakukan pembacaan dengan minimal 4 kali yang dilakukan selama 3 menit sekali dan lakukan pencatatan dan hasil dirata-rata. Hasil suhu yang sudah dirata-rata merupakan angka hasil dari suhu kering t_a atau SK.

b. Suhu Basah Alami

Suhu basah alami t_w atau SBA dapat diukur sendiri dengan menggunakan termometer basah, atau bersama dengan pengukuran suhu kering menggunakan termometer kering.

c. Suhu Bola

Suhu bola t_g atau SG diukur dengan menempatkan *Heat Stress Apparatus* pada lokasi yang akan diukur. Alat dibiarkan selama 5-10 menit, kemudian dibaca suhu bolanya dan kemudian dilakukan pencatatan. Dilakukan pembacaan dengan minimal 4 kali, kemudian dicatat dan dilakukan rerata. Hasil dari rerata yang didapat menunjukkan hasil angka suhu bola.

d. Termometer Kata

Waktu pendinginan (*cooling time*) T adalah waktu pendinginan yang dikarenakan adanya gerakan udara di lokasi panas, dari garis batas suhu tertentu di atas, sampai dengan garis suhu dibawah dari batang termometer kata. Pengukuran dilakukan dengan awal menyiapkan air termos yang tersedia, pegang bagian atas termometer dengan tali yang sudah terikat pada lobang bagian atas termometer kata. Kemudian masukkan reservoir ke dalam air panas sehingga cairan merah termometer mengisi reservoir atas. Siapkan *stop watch*, keluarkan reservoir dari air panas kemudian amati peneurunan cairan. Pada saat penurunan cairan pada batas atas –A tekan *stop watch* hingga cairan sampai pada garis bawah –B lalu lepaskan *stop watch* kemudian melakukan catatan berapa detik waktu penurunan cairan dari 2 batas tersebut. ulangi pengukuran dengan minimal 4 kali kemudian hasil dirata-rata. Hasil rerata yang didapat merupakan hasil dari angka termometer kata.

e. Psikrometer

1. Aspirating Arsmen Psikrometer

Pegang gantungan psikrometer dengan tangan, kipas dijalankan selama 3-4 menit, amati dan catat suhu kering dan suhu basah setelah dicapai nilai konstan. Ulangi sampai 4 kali dan kemudian hitung rata-rata. Suhu kering rerata menunjukkan t_a dan suhu basah rata-rata menunjukkan t_w .

2. Sling Psikometer

Genggam erat-erat *handle* psikrometer di lokasi yang diukur, kemudian dilakukan putaran selama 3-4 menit, hentikan, amati suhu basah dan suhu kering berulang-ulang sampai angka konstan dan lakukan pencatatan. Ulangi sebanyak 4 kali dan kemudian hitung rata-rata. Suhu kering rerata menunjukkan t_a dan suhu basah rata-rata menunjukkan t_w .

4. Nilai Ambang Batas (NAB) Iklim Kerja

NAB Iklim Kerja adalah kondisi tekanan panas dimana bahwa hampir semua tenaga kerja terpapar berulang 8 jam per hari dan 40 jam perminggu selama bertahun-tahun waktu kerjanya, dipercaya tanpa mengalami efek negatif terhadap kesehatannya. Pengukuran *deep body temperatur* dan respons fisiologis lain dengan panas. Teknik yang sederhana dan cocok untuk melakukan pengukuran faktor-faktor lingkungan yaitu Indeks Suhu Basah Bola (ISBB). Penilaian ISBB dapat Dilakukan kalkulasi dengan rumus ⁽¹⁶⁾

Diluar dengan sinar matahari

$$ISBB = 0,7 SB + 0,2 SG + 0,1 SK$$

a. Didalam ruangan atau di luar tanpa sinar matahari

$$ISBB = 0,7 SB + 0,3 SG$$

Dimana :

ISBB : Indeks Suhu Basah Bola

SB : Suhu Basah Alami

SK : Suhu Kering

SG : Suhu Bola

Penentuan ISBB memerlukan suatu penggunaan termometer bola hitam, termometer basah alami statistik, dan termometer kering.

Berdasarkan PER.13/MEN/X/2011 tentang nilai ambang batas faktor fisika dan faktor kimia di tempat kerja nilai ambang batas iklim kerja berdasarkan Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang diperkenankan yaitu ⁽¹⁷⁾ :

Tabel 2.3

NAB Iklim Kerja berdasarkan Indeks Suhu Basah Bola (ISBB)

Pengaturan waktu kerja setiap jam	ISBB (°C)		
	Beban Kerja		
	Ringan	Sedang	Berat
75%-100%	31,0	28,0	-
50%-75%	31,0	29,0	27,5
25%-50%	32,0	30,0	29,0
0%-25%	32,2	31,1	30,5

Indeks Suhu Basah dan Bola untuk di luar ruangan dengan panas radiasi :

$$ISBB = 0,7 \text{ Suhu Basah Alami} + 0,2 \text{ suhu bola} + 0,1 \text{ suhu kering.}$$

Indeks Suhu Basah dan Bola untuk di dalam atau di luar ruangan tanpa panas radiasi =

$$\text{ISBB} = 0,7 \text{ Suhu basah alami} + 0,3 \text{ Suhu bola.}$$

Catatan :

- a. Beban kerja ringan membutuhkan kalori sampai dengan 200 Kilo kalori/jam.
- b. Beban kerja sedang membutuhkan kalori dari 200 smpai dengan kurang dari 350 kilo kalori/jam.
- c. Beban kerja berat membutuhkan kalori lebih dari 350 sampai dengan kurang dari 500 kilo kalori/jam.

D. Kapasitas Vital Paru (KVP)

1. Definisi

Kapasitas paru merupakan jumlah oksigen yang dapat dimasukkan kedalam tubuh atau paru-paru seseorang secara maksimal⁽¹³⁾. Jumlah oksigen yang dapat dimasukkan ke dalam paru ditentukan oleh kemampuan kembang kempisnya sistem pernapasan. Semakin baik kerja sistem pernapasan berarti volume oksigen yang diperoleh semakin banyak.

Yang termasuk pemeriksaan kapasitas fungsi paru adalah : ⁽¹⁸⁾

- a. Kapasitas Inspirasi (*Inspiratory Capacity = IC*), adalah volume udara yang masuk paru seseorang mulai dari ekspirasi normal dan mengembangkan volume paru-paru sampai jumlah maksimum (sekitar 3500 ml).

- b. Kapasitas Vital (*Vital Capacity = VC*), volume udara yang dapat dikeluarkan melalui ekspirasi maksimal setelah sebelumnya melakukan inspirasi maksimal (sekitar 4600ml).
- c. Kapasitas Paru Total (*Total Lung Capacity = TLC*), adalah volume maksimum pengembangan paru-paru dengan usaha inspirasi yang sekuat-kuatnya (5800 ml).
- d. Kapasitas Residu Fungsional (*Functional Residual Capacity = FRC*), adalah jumlah udara yang tersisa di dalam paru-paru yang pada akhirnya ekspirasi normal (kira-kira 3500 ml).

2. Pengukuran Faal Paru

Pemeriksaan faal paru sangat dianjurkan bagi tenaga kerja, yaitu menggunakan spirometri, karena pertimbangan biaya yang murah, ringan, praktis dibawa kemana-mana, akurasinya tinggi, cukup sensitif, tidak invasif dan cukup dapat memberi sejumlah informasi yang handal.⁽¹⁶⁾ Pengukuran pada pemeriksaan vital paru yang akan digunakan dalam penelitian yaitu menggunakan alat spirometri.

Dengan pemeriksaan spirometri dapat diketahui semua volume paru kecuali volume residu, semua kapasitas paru kecuali kapasitas paru yang mengandung komponen volume residu. Alat ini juga dapat digunakan untuk mengukur volume statik dan volume dinamik paru. Volume statik terdiri atas volume tidal (VT), volume cadangan inspirasi (VCI), volume cadangan ekspirasi (VCE), volume residu (VR), kapasitas vital (KV), kapasitas vital paksa (KVP).

Spirometri dapat digunakan untuk mengevaluasi dan memonitor penyakit yang berhubungan dengan penyakit paru dan jantung sehingga pemeriksaan spirometri rutin digunakan di rumah sakit dengan pasien penyakit paru dan atau jantung. Untuk nilai volume utama yang diperoleh dibagi atas volume statis paru dan volume dinamis paru yang terdiri dari :

1. Volume statis paru

a. Volume tidal (VT)

Jumlah udara yang dihirup dan dihembuskan setiap kali bernapas pada saat istirahat. Volume tidal normalnya adalah 350-400 ml.

b. Volume residu (RV)

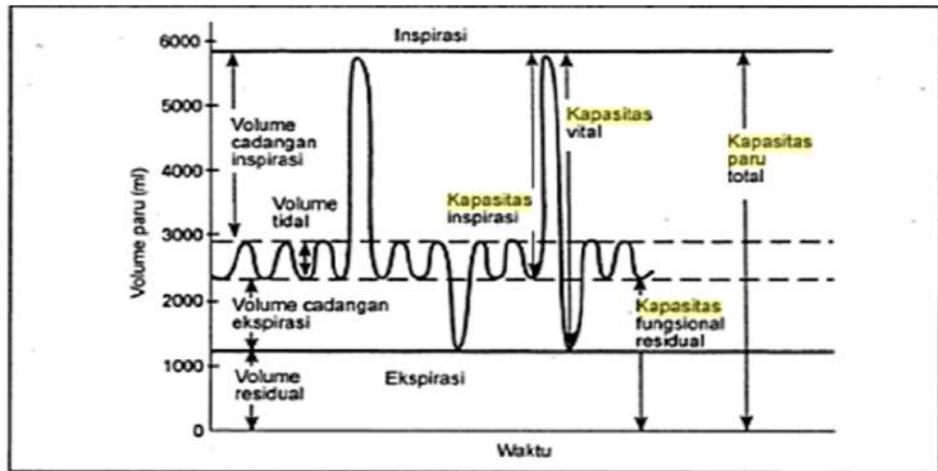
Jumlah gas yang tersisa di paru-paru setelah menghembuskan napas secara maksimal atau ekspirasi paksa. Nilai normal adalah 1200 ml.

c. Volume cadangan inspirasi (IRV)

Jumlah udara yang dapat diinspirasi secara paksa sesudah inspirasi volume tidal normal.

d. Volume cadangan ekspirasi (ERV)

Jumlah udara yang dapat diekspirasi secara paksa sesudah ekspirasi volume tidal normal.



Gambar 2.1 Volume dan Kapasitas vital paru manusia

2. Volume dinamis paru

Volume ini dihitung melalui nilai *Force Vital Capacity* (FCV) yang merupakan volume udara maksimum yang dapat dihirup secara paksa atau kapasitas vital paksa yang umumnya dicapai dalam 3 detik, normalnya 4 liter dan FEV_1 (*Forced Expired Volume In one second*) merupakan volume udara yang dapat dihirup paksa pada satu detik pertama normalnya 3,2 liter. Pada orang normal presentase kapasitas vital kuat yang dikeluarkan pada detik pertama ($FEV_1/FVC\%$) adalah 80%. Pada obstruksi saluran nafas yang serius, yang sering terjadi pada asma akut, kapasitas ini dapat berkurang menjadi kurang dari 20%⁽¹⁵⁾.

Maximal Voluntary Ventilation (MVV) adalah jumlah udara yang dapat dikeluarkan secara maksimal dalam 2 menit dengan bernapas cepat dan dalam secara maksimal. Spirometri terdapat 2 macam yaitu spirometer dengan sistem terbuka dan mengeluarkan ke alat yang digunakan. Untuk pemeriksa yang lama dan menyangkut volume yang lebih besar digunakan alat dengan volume yang besar dan untuk

memisahkan udara inspirasi dan ekspirasi digunakan sistem katup-katup yang bertahanan rendah ⁽¹⁶⁾.

Kegunaan Pemeriksaan Fungsi Paru adalah mendeteksi penyakit parudengan gangguan pernapasan sebelum bekerja, kemudian secara berkala selama kerja untuk menemukan penyakit secara dini serta menentukan apakah seseorang mempunyai fungsi paru normal, restriksi, obstruksi atau bentuk campuran (*mixed*). Tujuan epidemiologis adalah menilai bahaya di tempat kerja dan mendapatkan standar bahaya tersebut ⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾.

Untuk mengetahui nilai FEV₁, FVC, dan FEV₁ / FVC pada spirogram adalah :

- a. Normal : FEV₁/FVC 75% dari nilai FVC 80%
- b. Obstruktif : FEV₁/FVC < 75% dari nilai FVC 80%
- c. Restriktif : FEV₁/FVC 75% dari nilai FVC < 80%
- d. Kombinasi : FEV₁/FVC < 75% dari nilai FVC < 80%

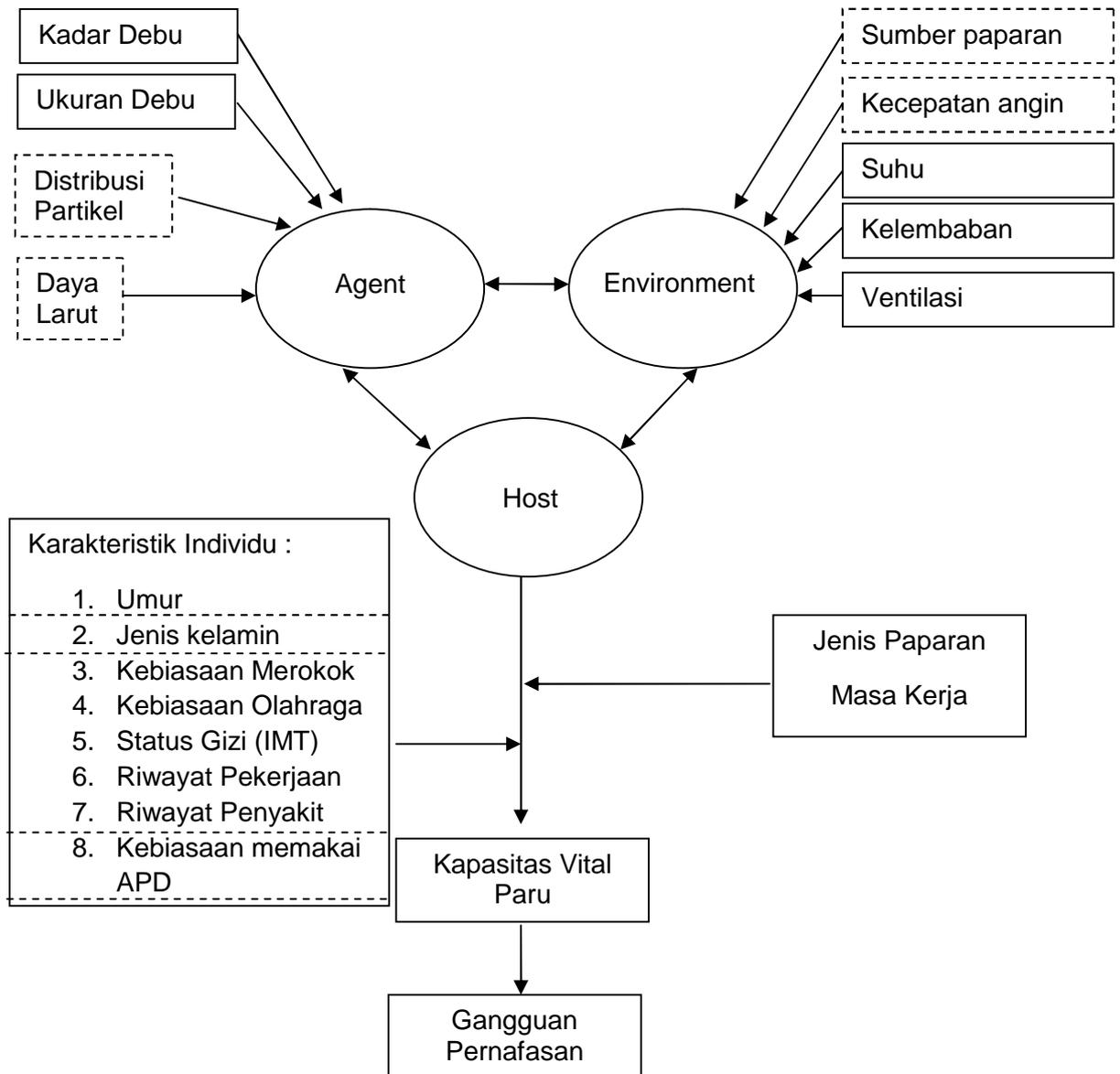
Tabel 2.4

Penilaian Restriksi dan Obstruksi

Kategori		Dasar Penilaian
Normal		KVP > 80%, nilai prediksi untuk semua umur
Restriksi	Ringan	KVP < 80 %, FEV1 > 75 %, nilai prediksi
	Sedang	KVP > 60 % < 80 % nilai prediksi
	Berat	KVP > 30 % < 60 %, nilai prediksi
Obstruksi	Berat	KVP < 30 %, nilai prediksi
	Ringan	KVP > 80 %, FEV1 75 %, nilai prediksi
	Sedang	FEV1 > 60 %, nilai prediksi
	Berat	FEV1 > 30 % < 60 %, nilai prediksi
		FEV1 < 30 %, nilai prediksi

Sumber : American Thoracic Society, *Medical Section of The Asian Lung Association*. Am. Rev Resp

E. Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Sumber : 8,12,23,24