

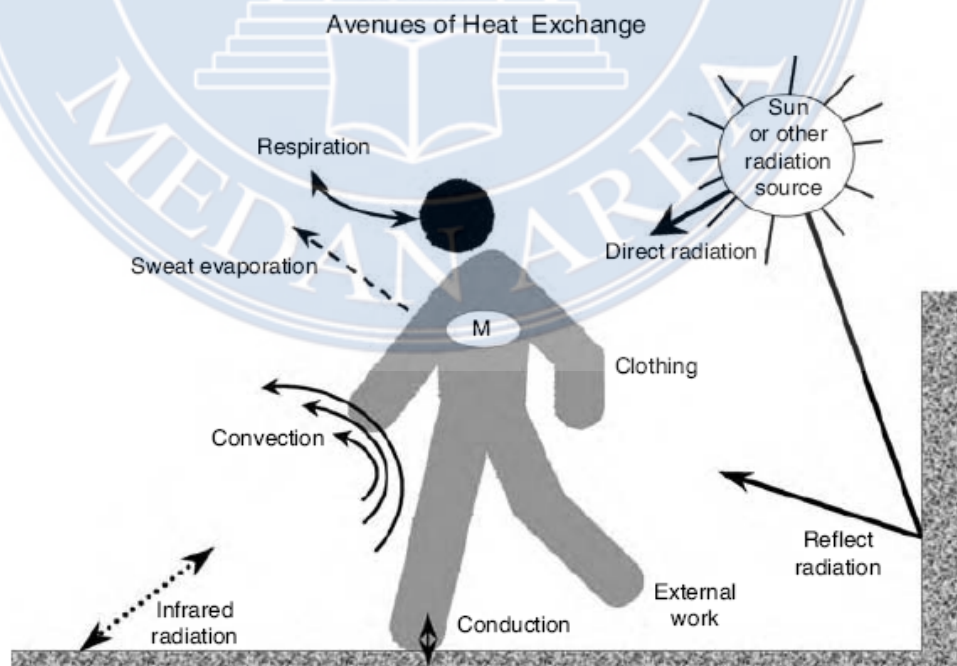
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Lingkungan Termal Manusia

Tujuan dari rancangan lingkungan kerja yang ergonomis adalah untuk menciptakan kondisi sekitar yang nyaman, dapat diterima dan mendukung kinerja atau kesehatan kerja. Lingkungan kerja adalah semua keadaan yang terdapat di sekitar tempat kerja seperti suhu, kelembaban udara, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, gerakan mekanis, bau-bauan, warna dan lain-lain (Sritomo Wignjosoebroto, 2000).

Tekanan panas merupakan perpaduan dari suhu dan kelembaban udara, kecepatan aliran udara, suhu radiasi dengan panas yang dihasilkan oleh metabolisme tubuh (Ken Parsons, 2003).

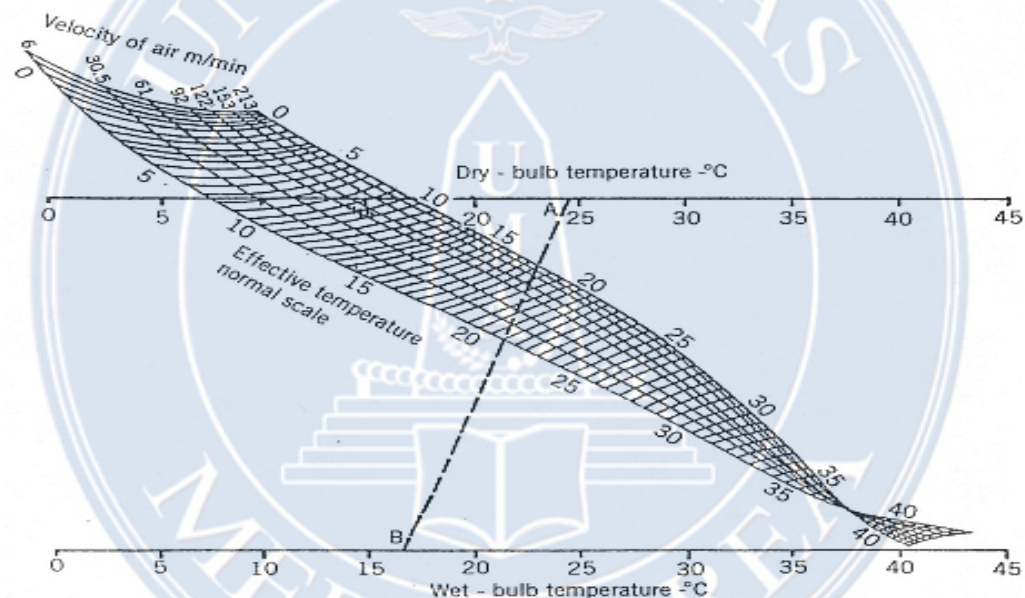


Gambar 2.1. Pertukaran Panas Tubuh Ke Lingkungan

### 2.1.1. Suhu Radiasi

Selain pengaruh dari suhu udara terhadap suhu tubuh manusia, ada hal lain yang ikut mempengaruhi suhu tubuh manusia yaitu suhu radiasi. Suhu radiasi adalah panas yang beradiasi dari objek yang dapat mengeluarkan panas. Suhu radiasi memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan suhu udara dalam melepas atau menerima panas dari atau ke lingkungan.

Dalam setiap lingkungan kerja akan terjadi pertukaran panas yang berkelanjutan, refleksi dan absorpsi.



Gambar 2.2. Thermal Comfort

### 2.1.2. Suhu Udara

Pada umumnya, sistem sistem termogulasi tubuh manusia selalu mencoba untuk mempertahankan kestabilan suhu internal (inti) tubuh sekitar 36,1 hingga 37,2°C  $\Rightarrow \frac{9}{5} C + 32 = (97^{\circ}F \text{ hingga } 99^{\circ}F)$ . Suhu inti harus berada dalam interval tersebut untuk menghindari kerusakan terhadap tubuh dan performansi. Ketika pekerjaan fisik dilakukan, tambahan suhu akan terjadi. Jika ditambahkan keadan

yang tingkat kelembabannya tinggi terhadap suhu ambient, maka hasilnya mengarah pada kelelahan dan resiko kesehatan.

Tubuh manusia mempertahankan keseimbangan panas tersebut dengan meningkatkan sirkulasi darah ke kulit, karena itu kita berkeringat pada hari panas. Ketika hari dingin, tubuh mereduksi sirkulasi darah ke kulit dan kita akan merasa sedikit hangat. Tubuh menghasilkan panas melalui metabolisme dan pekerjaan fisik. Untuk menjaga keseimbangan panas internal, tubuh melakukan pertukaran panas dengan lingkungan dengan empat cara berikut ini:

1. Konveksi

Proses ini tergantung pada perbedaan udara dan suhu kulit. Jika suhu udara lebih panas daripada kulit, maka kulit akan menyerap panas dari udara, yang dapat dikatakan berarti menambah panas ke tubuh. Akan tetapi, jika suhu udara lebih dingin daripada kulit, maka tubuh akan kehilangan panas.

2. Konduksi

Proses ini berkaitan dengan perbedaan suhu dari kulit dan permukaan yang mengenai kontak langsung. Contoh, jika menyentuh sesuatu yang panas, maka kulit akan menerima panas dan mungkin akan mengalami luka bakar.

3. Penguapan

Proses ini tergantung pada perbedaan tekanan uap air dari uap kulit dan uap air pada lingkungan (atau kelembababn relatif).

4. Radiasi

Proses ini tergantung pada perbedaan temperatur kulit dengan permukaan pada lingkungan. Contoh, berdiri dibawah pancaran sinar matahari akan membuat kita menerima radiasi dari matahari.

Dari suatu penelitian dapat diperoleh hasil bahwa produktivitas kerja manusia akan mencapai tingkat paling tinggi pada suhu sekitar 24°C sampai dengan 27°C.

### **2.1.3. Kecepatan Udara**

Pergerakan udara melalui tubuh dapat mempengaruhi aliran panas ke dan dari suhu tubuh. Pergerakan udara akan bervariasi dalam setiap waktu, ruang dan arah. Gambaran kecepatan udara pada suatu titik dapat bervariasi dalam waktu dan intensitas. Penelitian terhadap respon manusia misalnya, ketidaknyamanan karena aliran udara menunjukkan pentingnya variasi kecepatan udara. Pergerakan udara (kombinasi dengan suhu udara) akan mempengaruhi udara hangat atau keringat yang 'diambil' dari tubuh, sehingga mempengaruhi suhu tubuh. Kecepatan angin yang dirasakan pekerja akan dapat membantu menetralkan suhu tubuh pekerja apabila kecepatan angin tersebut rendah dari lingkungan. Kecepatan angin adalah faktor yang penting dalam kenyamanan suhu. Sirkulasi udara yang tidak baik dalam ruangan tertutup akan menyebabkan kelelahan pada pekerja ataupun berkeringat. Pergerakan udara dapat meningkatkan *heat loss* melalui konveksi tanpa mempengaruhi suhu udara keseluruhan ruangan.

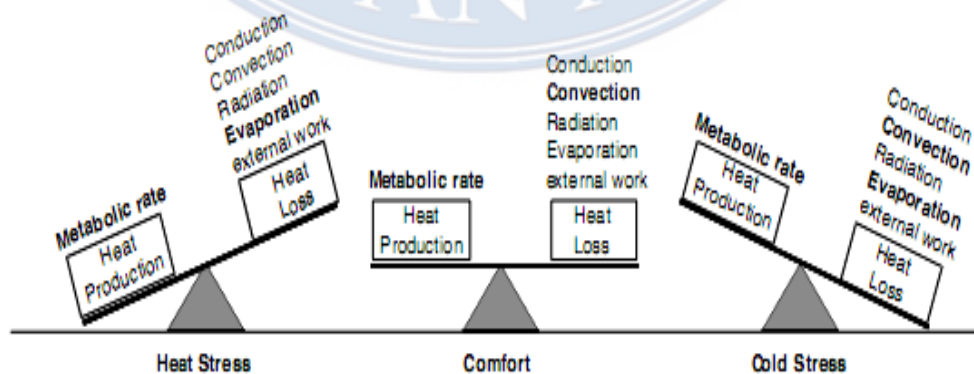
### **2.1.4. Kelembaban (RH)**

Kelembaban relatif adalah perbandingan antar jumlah uap air pada udara dengan jumlah maksimum uap air di udara yang bisa ditampung pada suhu tersebut. Kelembaban relatif antara 40% - 70% tidak begitu berpengaruh terhadap *thermal comfort*. Pada ruang kotor, biasanya kelembaban dipertahankan pada 40% sampai 70% karena adanya komputer, sedangkan pada tempat kerja *outdoor*, kelembaban relatif mungkin lebih besar dari 70% pada hari yang panas. Lingkungan yang mempunyai kelembaban relatif tinggi mencegah penguapan

keringat dari kulit. Di lingkungan yang panas, kelembaban sangat penting karena semakin sedikit keringat yang menguap pada kelembaban tinggi.

## 2.2. Keseimbangan Panas

Pengaturan suhu atau regulasi termal adalah suatu pengaturan secara kompleks dari suatu proses fisiologis dimana terjadi keseimbangan antara produksi panas dengan kehilangan panas sehingga suhu tubuh dapat dipertahankan. Suhu tubuh manusia yang dapat kita raba/rasakan tidak hanya didapat dari metabolisme, tetapi juga dipengaruhi oleh panas lingkungan. Panas lingkungan yang semakin tinggi akan menyebabkan pengaruh yang semakin besar terhadap suhu tubuh, sebaliknya jika suhu lingkungan semakin rendah maka semakin banyak panas tubuh yang hilang. Dengan kata lain, terjadi pertukaran panas antara tubuh manusia yang didapat dari metabolisme dengan tekanan panas yang dirasakan sebagai kondisi panas lingkungan. Selama pertukaran masih seimbang, tidak akan menimbulkan gangguan, baik penampilan kerja maupun kesehatan kerja. Tekanan panas yang berlebihan merupakan beban tambahan yang harus diperhatikan dan diperhitungkan. Keseimbangan panas antara panas yang dihasilkan dengan panas yang dikeluarkan dapat dilihat pada gambar 3.3.berikut:



Gambar 2.3. Keseimbangan Panas Antara Panas Yang Dihasilkan dengan Panas yang Dikeluarkan

Pengeluaran panas (*heat loss*) dari tubuh ke lingkungan atau sebaliknya berlangsung secara fisika. Permukaan tubuh dapat kehilangan panas melalui pertukaran panas secara radiasi, konduksi, konveksi, dan evaporasi air. *Heat stress* dapat terjadi pada kondisi panas yang diproduksi lebih besar daripada panas yang hilang. Keseimbangan panas yang terjadi pada tubuh dapat dilihat pada gambar 3.3. (Neville Stanton, 2005).

ASHRAE (1989) memberikan persamaan keseimbangan panas sebagai berikut:

$$M - W = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) \dots\dots\dots (II-1)$$

Dimana: M = Tingkatan produksi energi metabolisme

W = Tingkat pekerja mekanik

$Q_{sk}$  = Total tingkat kehilangan panas dari kulit

$Q_{res}$  = Tingkat kehilangan panas dari pernapasan

C = Tingkat kehilangan panas konvektif dari kulit

R = Tingkat kehilangan panas radiaktif dari kulit

$E_{sk}$  = Tingkat kehilangan panas penguapan total dari kulit

$C_{res}$  = Tingkat kehilangan panas konvektif dari pernapasan

$E_{res}$  = Tingkat kehilangan panas penguapan dari pernapasan

$t_{sk}$  = Suhu kulit

Catatan bahwa:

$$E_{sk} = E_{rsw} + E_{dif} \dots\dots\dots (II-2)$$

2)

Dimana:

$E_{rsw}$  : tingkat kehilangan panas penguapan kulit melalui keringat

$E_{dif}$  : tingkat kehilangan panas penguapan kulit melalui kelembaban

Sebuah pendekatan praktis menganggap produksi panas di dalam tubuh ( $M - W$ ), kehilangan panas pada kulit ( $C + R + E_{sk}$ ) dan kehilangan panas dikarenakan pernapasan ( $C_{res} - E_{res}$ ). Tujuan berikutnya adalah untuk mengukur komponen persamaan keseimbangan panas di dalam istilah-istilah parameter yang bisa ditentukan (diukur atau ditaksir). Produksi panas didalam tubuh dihubungkan aktivitas seseorang. Pada umumnya, oksigen dibawa kedalam tubuh (menghirup udara) dan dibawa melalui darah ke sel-sel tubuh, dimana oksigen tersebut digunakan untuk membakar makanan. Kebanyakan energi yang dilepaskan berkenaan dengan panas bergantung pada aktivitas dan beberapa pekerjaan eksternal dilakukan.

$$C + R = \frac{(t_{sk} - t_{cl})}{\left(R_{cl} + \frac{1}{f_{cl}}\right)} \dots\dots\dots (II-3)$$

Dimana:

$f_{cl}$  : faktor area pakaian. Area permukaan tubuh yang ditutupi pakaian  $A_{cl}$  dibagi dengan area permukaan tubuh yang terbuka tanpa pakaian.

$R_{cl}$  : daya tahan panas pakaian ( $m^2KW^{-1}$ )

$t_o$  : suhu operatif ( $^{\circ}C$ )

$t_{sk}$  : suhu kulit rata-rata ( $^{\circ}C$ )

$t_r$  : suhu radian rata-rata

$$h_c = 8.3 v 0.6 \text{ untuk } 0.2 < v < 4.0$$

$$h_c = 3.1 \quad \text{untuk } 0 < v < 0.2$$

Dimana  $v$  adalah kecepatan udara ( $m/s^{-2}$ )

Koefisien perpindahan panas radiatif ( $h_r$ ) dapat ditentukan dengan:

$$H_r = 4\epsilon\bar{\sigma} A_r/A_D \left[ 273.2 + \frac{t_{cl} + t_r}{2} \right]^3 \dots\dots\dots (II-4)$$

Dimana:

$\epsilon$  : emisifitas area permukaan tubuh

$\bar{\sigma}$  : konstanta stefan-boltzman  $5.67 \times 10^{-8} \text{ (Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}\text{)}$

$A_r$  : area radiatif efektif tubuh ( $\text{m}^2$ )

Suhu permukaan tubuh yang tertutupi permukaan pakaian dihitung dengan:

$$T_{cl} = \frac{\frac{1}{Re_{cl}} t_{sk} + f_{cl} (h_c t_a + h_r t_r)}{\frac{1}{Re_{cl}} + f_{cl} (h_c + h_r)} \dots\dots\dots (II-5)$$

5)

Mulai dengan  $t_{cl} = 0,0$  dan lakukan evaluasi terhadap nilai-nilai baru untuk  $h_r, t_{cl}, h_r, t_{cl}, \dots$  hingga terjadi selisih antara  $t_{cl} \leq 0,01$ .

Suhu operatif dihitung dengan rumus:

$$\text{Operative temperatur } (t_o) = \frac{(h_r t_r + h_c t_a)}{(h_r + h_c)} \dots\dots\dots (II-6)$$

6)

Sedangkan kombinasi perpindahan panas dihitung dengan rumus:

$$H = h_c + h_r \dots\dots\dots (II-7)$$

7)

Total penguapan dari kulit dihitung dengan rumus:

$$E_{sk} = \frac{W(P_{sk,s} - P_a)}{(R_{e,cl} + \frac{1}{f_{cl} h_e})} \dots\dots\dots (II-8)$$



$$C_{res} + E_{res} = 0,0014 M (34-t_a) + 0,0173 M (5,87-P_a) \dots\dots\dots(\text{II-9})$$

9)

r adalah efisiensi dari keringat, nilai r menyatakan beberapa keringat yang menetes dan panasnya tidak hilang sesuai ISO 7933 menggunakan rumus:

$$r = 1 - \frac{W}{2} \dots\dots\dots(\text{II-10})$$

keringat yang dibutuhkan dapat dihitung sebagai:

$$S_{req} = \frac{E_{req}}{r} Wm \dots\dots\dots(\text{II-11})$$

Nilai HSI (Heat Stress Index) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Heat Stress Index (HSI)} = \frac{E_{req}}{E_{max}} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{II-12})$$

### 2.3. Luas Permukaan Tubuh (Body Surface Area)

Total luas permukaan tubuh secara manual diperkirakan dari persamaan yang disederhanakan Dubois berikut.

$$A_D = 0.202 \times W^{0.425} \times H^{0.725} \dots\dots\dots (\text{II-13})$$

Dimana:

$A_D$  = Luas permukaan tubuh ( $m^2$ )

W = Berat badan (kg)

H = Tinggi badan (m)

Nilai standar  $1,8 m^2$  digunakan untuk seorang pria berberat 70kg dan tinggi badan 1,73 m. Hal ini diakui bahwa  $A_D$  membuat sebuah perkiraan

perhitungan luas permukaan tubuh. Objek yang bentuknya sama tetapi ukuran berbeda memiliki koefisien perpindahan panas yang berbeda.

#### 2.4. Indeks PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)

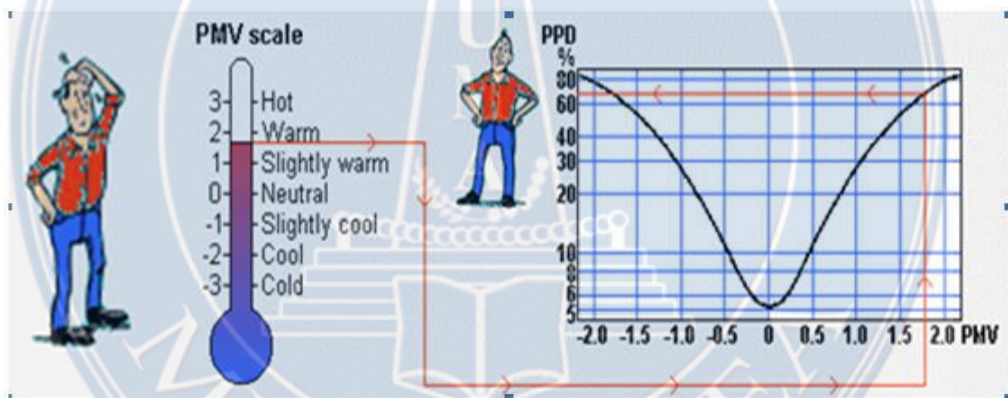
Profesor P.O. *Fanger* telah membuat skala dan rumus untuk menilai tingkat kenyamanan ruangan. Dia membuat skala PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD bekerja dengan lebih dari 1300 orang, jenis kelamin, ras dan usia yang bervariasi, serta dari berbagai bagian dunia. PMV merupakan indeks yang dikenal oleh *profesor fanger* dari *Universitas of Denmark* yang mengindikasikan sensasi sangat dingin (*cold*) dan sangat panas (*hot*) yang dirasakan oleh manusia pada skala +3. Tabel 3.1. berikut skala sensasi yang disimpulkan ASHRAE dan *Fanger*.

Tabel 2.1. Perbandingan Skala Kenyamanan Termal ASHRAE dan Fanger

Skala	ASHRAE	Fanger

3	Panas	Sangat Panas
2	Hangat	Panas
1	Sedikit Hangat	Hangat
0	Netral	netral
-1	Sedikit Dingin	Sejuk
-2	Dingin	Dingin
-3	Dingin	Sangat Dingin

Sumber: Comfort thermal, Fanger.



Gambar 2.4. Skala Kenyamanan Termal

Suatu kondisi dinyatakan masih nyaman apabila nilai PMV berada diantara -0,5 hingga +0,5. Pada kondisi semacam ini diperkirakan sekitar 90% dari kelompok manusia yang berada di dalam suatu ruangan akan merasa nyaman. Pada kondisi  $PMV = 0$ , diperkirakan sekitar 95% dari dari sekelompok manusia yang diteliti merasa nyaman secara termal.

Dalam teori kenyamanan termal bahwa angka 100% nyaman dari sekelompok manusia tidak akan pernah tercapai. Hal ini disebabkan oleh adanya

variasi tubuh manusia serta faktor-faktor lain yang dapat menyebabkan terjadinya perbedaan.

## **2.5. Keseimbangan Panas Dalam Tubuh Manusia**

Suhu tubuh manusia merupakan indikator penting untuk melihat kondisi lingkungan kerja (kenyamanan, stres akibat panas atau dingin dan juga produktivitas). Ketika panas hilang dari tubuh, maka suhu tubuh akan menurun dan demikian sebaliknya. Ini adalah hukum termodinamika dimana energi berpindah dari tubuh yang bersuhu lebih rendah ke tubuh yang bersuhu lebih rendah. Manusia mempertahankan suhu tubuhnya sekitar  $37,5^{\circ}\text{C}$ . Penyimpangan suhu tubuh yang melebihi beberapa derajat dari nilai tersebut dapat membuat efek yang cukup serius. Suhu tubuh manusia sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan yang ada disekitarnya karena hal ini mempengaruhi suhu tubuh dari dan ke tubuh manusia. Tubuh manusia umumnya dipengaruhi oleh pakaian dan udara, juga ketika tubuh berhubungan langsung dengan permukaan yang padat, air, cairan lain ataupun bahkan dipengaruhi oleh jarak.

## **2.6. Metabolisme Tubuh Manusia (*Metabolic Rate*)**

*Metabolic Rate* adalah panas di dalam tubuh sepanjang beraktivitas. Nilai dari metabolic rate sangat bervariasi tergantung pada jenis pekerjaan yang dilakukan. Pada umumnya, metabolic rate diukur dalam satuan *met* ( $1 \text{ met} = 50\text{kcal h}^{-1}\text{m}^{-2}$ ). Semakin banyak melakukan aktivitas fisik maka semakin banyak panas yang dihasilkan. Metabolisme merupakan proses perubahan secara fisik dan kimiawi dalam jaringan maupun sel tubuh untuk mempertahankan hidup dan pertumbuhannya. Semakin cepat terjadinya proses metabolisme, maka semakin banyak energi yang dihasilkan dari proses pembakaran kalori tubuh.

Nilai untuk masing-masing aktivitas dan kecepatan metabolisme dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 2.2. Aktivitas dan Kecepatan Metabolisme

No	Aktivitas	Satuan	
		Met	W/m <sup>2</sup>
1	Berbaring	0.8	46
2	Duduk Tenang	1.0	58
3	Tukang Jam	1.1	65
4	Berdiri Santai	1.2	70
5	Aktivitas biasa (kantor rumah tangga, sekolah)	1.2	70
6	Menyetir Mobil	1.4	80
7	Pekerja grafis – tukang jilid	1.5	85
8	Berdiri, aktivitas ringan (belanja)	1.6	93
9	Guru, mengajar didepan kelas	1.6	95
10	Kerja rumah tangga (mencuci)	1.7	100
11	Berjalan di dataran, 2 Km/jam	1.9	110
12	Berdiri, aktivitas sedang (Menjaga Toko)	2.0	116
13	Industri bangunan, memasang bata (bata 15,3 kg)	2.2	125
14	Berdiri mencuci piring	2.5	145
15	Kerja rumah tangga – mengumpulkan daun	2.9	170
16	Kerja rumah tangga-mencuci dengan tangan dan menyetrika (120-220 W/m <sup>2</sup> )	2.9	170
17	Besi dan baja – menuang	3.0	175
18	Industri bangunan – membentuk cetakan	3.1	180
19	Berjalan di dataran, 5 kg/jam	3.4	200
20	Kehutanan-memotong dengan gergaji satu tangan	3.5	205
21	Pertanian-membajak dengan kuda	4.0	235
22	Industri -mengisi campuran semen dengan spesi dan batu	4.7	275
23	Olah raga – meluncur diatas es, 18 km/jam	6.2	360
24	Pertanian – menggali dengan cangkul (24 angkatan/menit)	6.5	380
25	Olah raga – ski diantara 18 km/jam	7.0	405
26	bekerja dengan kapak (2kg, 33 ayunan/menit)	8.6	500
27	Olah raga – lari 15 km/jam	9.5	550

Sumber: *Nevile Stanton & Auliciems, Andris and Steven V. Szokolay*

## 2.7. A Simple Clothing Model

Dalam menjaga keseimbangan panas tubuh yang mengalir ke kulit, menentukan suhu kulit, melalui perpindahan ke permukaan pakaian, menentukan

suhu pakaian dan suhu lingkungan luar maka tubuh harus menjaga keseimbangan panas, panas akan mengalir keluar dari tubuh sampai keseimbangan suhu tubuh, suhu kulit dan suhu pakaian dalam suhu lingkungan.

Tabel 2.3. Nilai Insulasi Panas ( $I_{clo}$ ) untuk setiap Jenis Pakaian

Jenis Pakaian	Insulasi Panas ( $I_{clu}$ )
<b>Pakaian Dalam</b>	
Celana dalam	0.03
Celana dalam berkaki panjang	0.10
Singlet	0.04
Kaos	0.09
Kemeja berlengan panjang	0.12
Celana dalam dan bra	0.03
<b>Kemeja/blus</b>	
Lengan panjang	0.15
Tebal, lengan panjang	0.20
Normal, lengan panjang	0.25
Kemeja panel, lengan panjang	0.30
Blus tipis, lengan panjang	0.15
<b>Celana</b>	
Pendek	0.06
Tebal	0.20
Normal	0.25
Panel	0.28
<b>Gaun/rok</b>	
Rok tipis (musim panas)	0.15
Gaun tebal (musim dingin)	0.25
Gaun tipis, lengan pendek	0.20
Gaun musim dingin, lengan panjang	0.40
Boiler suit	0.55
<b>Baju hangat</b>	
Rompi berlengan	0.12
Baju hangat tipis	0.20
Baju hangat	0.28
Baju hangat tebal	0.30
<b>Jaket</b>	
Jaket musim panas	0.25
Jaket	0.35
Blazer	0.30
<b>Insulasi tinggi, fibre-pelt</b>	
Boiler suit	90

Celana	0.3
Jaket	0.40
Rompi	0.20
<b>Pakaian luar</b>	
Mantel	0.60
Jaket	0.55
Parka	0.70
Keseluruhan fiber-pelt	0.55

Tabel 2.4. Bilangan Serap

No	Warna	$\alpha$
1	Hitam merata	0.95
2	Pernis hitam	0.92
3	Abu-abu tua	0.91
4	Pernis biru tua	0.91
5	Cat minyak hitam	0.90
6	Coklat tua	0.88
7	Abu-abu biru tua	0.88
8	Biru/hijau tua	0.88
9	Coklat medium	0.84
10	Pernis hijau	0.79
11	Hijau medium	0.59
12	Kuning medium	0.58
13	Hijau/biru medium	0.57
14	Hijau muda	0.47
15	Putih agak mengilap	0.30
16	Putih mengilap	0.25
17	Perak	0.25
18	Pernis putih	0.21

Sumber: *Human Thermal Environments, Ken Parson*

## 2.8. Kenyamanan Thermal

*American society of Heating Refrigerating and air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) standar 55 (1992) mendefinisikan kenyamanan termal sebagai sebuah kondisi dari pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termal. Definisi ini biasanya menjawab pertanyaan apakah penghuni merasa terlalu panas, terlalu dingin, atau sudah netral. Pada umumnya,

kenyamanan termal berkaitan erat dengan energi (kalor) yang diserap dan dikeluarkan.

## 2.9. Parameter Tekanan Panas

Terdapat beberapa cara untuk menetapkan besarnya tekanan panas sebagai berikut (Suma'mur, 1996):

1. Suhu efektif, yaitu indeks sensoris dari tingkat panas yang dialami oleh seseorang tanpa baju kerja ringan dalam berbagai kombinasi suhu, kelembaban dan kecepatan aliran udara. Kelemahan penggunaan suhu efektif ialah tidak memperhitungkan panas radiasi, dibuatlah Skala Suhu Efektif Dikoreksi (*Corected Effektive Temperature Scale*). Namun tetap ada kekurangannya yaitu tidak diperhitungkannya panas hasil metabolisme.
2. Indeks kecepatan keluar keringat selama 4 jam (*Predicted – 4 – hour sweat rate* disingkat P4SR), yaitu banyaknya keringat keluar selama 4 jam, sebagai akibat kombinasi suhu, kelembababn dan kecepatan angin serta panas radiasi. Dapat pula dikoreksi dengan pakaian dan tingkat kegiatan pekerjaan-pekerjaan.
3. *Heat Stress Index* (HSI) dirumuskan oleh *Belding and Hatch* (1955). Dalam lingkungan panas, efek pendinginan dari penguapan keringat adalah terpenting untuk keseimbangan panas. Maka dari itu, *Belding and Hatch* mendasarkan indeksnya atas perbandingan banyaknya keringat yang diperlukan untuk mengimbangi panas dan kapasitas maksimal tubuh untuk berkeringat. Unruk menentukan indeks tersebut, diperlukan pengukuran-pengukuran suhu kering dan basah, suhu *globe termometer*, kecepatan aliran udara, produksi panas akibat kegiatan dalam pekerjaan.



$$HSI = (E_{req}/E_{max}) \times 100\% \dots\dots\dots (II-14)$$

Tabel 2.5. Tafsiran dari Nilai *Heat Stress Index* (HSI)

<b>Heat Stress Index (HSI)</b>	<b>Efek dari Paparan 8 Jam</b>
-20	Tegangan dingin yang ringan
0	Tidak ada tagangan panas
Okt-30	Tegangan panas yang ringan sampai sedang, sedikit efek pada pekerja yang terampil
40 - 60	Tegangan panas yang tinggi, termasuk ancaman bagi kesehatan perlu penyesuaian dengan fisik fit yang harus dibutuhkan
70 - 90	Ketegangan panas yang sangat parah sehingga pekerja harus melakukan pemeriksaan medis atau diberikannya asupan air dan garam yang memadai
100	Ketegangan maksimum yang ditoleransi setiap hari dengan penyesuaian orang muda yang fit
>100	Batasan waktu untuk paparan panas yang dapat meningkatkan suhu tubuh pada bagian dalam.

**1. Required Sweat rate ( $SW_{req}$ )**

Bentuk dasar indeks ini dari ISO 7933 (1989). Indeks ini merupakan pengembangan dari dua indeks tekanan panas yaitu HSI dan ITS dan indeks dihitung untuk keseimbangan panas (Vogtet, 1981). *Required Sweat Rate* ( $SW_{req}$ ) dapat dihitung sebagai berikut:

$$S_{req} = E_{req}/r_{req} \dots\dots\dots (II-$$

15)

**2.10. Pengendalian Lingkungan Kerja Panas**

Pengendalian pengaruh paparan tekanan panas terhadap tenaga kerja perlu dilakukan untuk perbaikan tempat kerja, sumber-sumber panas lingkungan dan aktivitas kerja yang dilakukan. Koreksi tersebut dimaksudkan untuk menilai

secara cermat faktor-faktor tekanan panas dan mengukur **ISBB** pada masing-masing pekerjaan sehingga dapat dilakukan langkah pengendalian secara benar. Di samping itu koreksi itu juga dimaksudkan untuk menilai efektifitas dari sistem pengendalian yang telah dilakukan di masing-masing tempat kerja (Tarwaka, 2014).

Teknik pengendalian terhadap pemaparan tekanan panas di perusahaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Mengurangi faktor beban kerja dengan mekanisasi.
- b. Mengurangi beban panas radiasi dengan cara:
  1. Menurunkan suhu udara dari proses kerja yang menghasilkan panas.
  2. Relokasi proses kerja yang menghasilkan panas
  3. Penggunaan tameng panas dan alat pelindung yang dapat memantulkan panas.
- c. Mengurangi suhu dan kelembaban. Cara ini dapat dilakukan melalui ventilasi pengenceran atau pendinginan secara mekanis. Cara ini telah terbukti secara dramatis dapat menghemat biaya dan meningkatkan kenyamanan (Bernard, 1996 dalam Tarwaka, 2004).
- d. Meningkatkan pergerakan udara. Peningkatan pergerakan udara melalui ventilasi buatan dimaksudkan untuk memperluas pendinginan evaporasi, tetapi tidak boleh melebihi 1,2 m/detik. Sehingga perlu dipertimbangkan bahwa menambah pergerakan udara pada suhu yang tinggi ( $>40^{\circ}\text{C}$ ) dapat berakibat kepada peningkatan panas.
- e. Pembatasan terhadap waktu pemaparan panas dengan cara:
  1. Melakukan pekerjaan pada tempat panas pada pagi dan sore hari.

2. Penyediaan tempat sejuk yang terpisah dengan proses kerja untuk pemulihan.
  3. Mengatur waktu kerja istirahat secara tepat berdasarkan beban kerja dan nilai ISBB. Menurut suma'mur (1996) produktivitas seseorang akan menurun setelah bekerja 4 jam, keadaan ini terjadi seiring dengan menurunnya kadar gula dalam darah. Pengaturan waktu istirahat diperlukan bagi mereka yang terpapar panas selama bekerja. Periode istirahat pendek diberikan selama masa bekerja yang panjang, untuk itu perlu disediakan ruangan istirahat yang tidak dingin dan tidak terpapar panas. Pengaturan waktu istirahat 15 menit setelah 2 jam bekerja terus menerus pada lingkungan kerja panas dengan tingkat beban kerja sedang harus diberikan (NIOSH, 1986).
- f. Mengganti cairan yang hilang selama terpapar panas. Hilangnya air melalui keringat merupakan kehilangan cairan yang tidak disadari. Tipe kehilangan air ini meningkat pada suhu lingkungan yang tinggi. Untuk itu perlu dilakukan pemeliharaan keseimbangan cairan tubuh dengan cara:
1. Minum air sebelum bekerja dan total air yang diminum selama bekerja adalah 4 sampai 6 gelas per hari (Martin, 1987).
- g. Meningkatkan kemampuan fisik pekerja terhadap lingkungan panas, yaitu:
1. Melakukan latihan/senam misalnya: aerobik.
  2. Tidak meminum alkohol.
- h. Menyediakan alat pelindung berupa: baju atau jaket dingin, pakaian yang terbuat dari katun.

### **2.11. Pengaruh Fisiologis akibat Tekanan Panas**

Tekanan panas memerlukan upaya tambahan pada anggota tubuh untuk memelihara keseimbangan panas. Menurut Pulat (1992) dalam Tarwaka (2004) bahwa reaksi fisiologis tubuh (*heat strain*) oleh karena peningkatan suhu udara di luar *comfort zone* antara lain:

- a. Vasolidasi.
- b. Denyut jantung meningkat.
- c. Suhu kulit meningkat.
- d. Suhu inti tubuh pada awalnya turun kemudian meningkat.

Selanjutnya apabila pemaparan terhadap tekanan panas terus berlanjut, maka rasio terjadi gangguan kesehatan juga akan meningkat. Menurut Graham (1992) dan Bernard (1996) dalam Tarwaka (2004) reaksi fisiologis akibat pemaparan panas yang berlebihan dapat dimulai dari gangguan fisiologis yang sangat sederhana sampai dengan terjadinya penyakit yang sangat serius. Pemaparan terhadap tekanan panas juga menyebabkan penurunan berat badan. Menurut hasil penelitian Priatna (1990) dalam Tarwaka (2004) bahwa pekerja yang bekerja selama 8 jam/hari berturut-turut selama 6 minggu, pada ruangan dengan Indeks Suhu Bola Basah (ISBB) antara 32,02 sampai 33,01°C menyebabkan kehilangan berat badan sebesar 4,23%.

Secara lebih rinci gangguan kesehatan akibat pemaparan suhu lingkungan panas yang berlebihan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Gangguan perilaku dan performansi kerja, seperti terjadinya kelelahan, sering melakukan istirahat curian dan lain-lain.
- b. Dehidrasi, yaitu kehilangan cairan tubuh yang berlebihan yang disebabkan baik oleh pergantian cairan yang tidak cukup maupun karena gangguan kesehatan.

Pada kehilangan cairan tubuh  $< 1,5\%$  gejalanya tidak nampak, kelelahan muncul lebih awal dan mulut lebih mulai kering.

- c. *Heat Rash*, keadaan seperti biang keringat atau keringat buntat, gatal kulit akibat kondisi kulit terus basah. Pada kondisi demikian pekerja perlu beristirahat pada tempat yang lebih sejuk dan menggunakan bedak penghilang keringat.
- d. *Heat Cramps*, merupakan kejang-kejang otot tubuh (tangan dan kaki) akibat keluarnya keringat yang menyebabkan hilangnya garam natrium dari tubuh yang kemungkinan besar disebabkan minum terlalu banyak dengan sedikit garam natrium.
- e. *Heat Syncope* atau *Fainting*, keadaan ini disebabkan karena aliran darah ke otak tidak cukup karena sebagian besar aliran darah dibawa ke permukaan kulit atau perifer yang disebabkan karena paparan suhu tinggi.
- f. *Heat Exhaustion*, keadaan ini terjadi apabila tubuh kehilangan terlalu banyak cairan dan/atau kehilangan garam. Gejalanya mulut kering, sangat haus dan lemah dan sangat lelah. Gangguan ini biasanya banyak dialami pekerja yang belum beraklimatisasi terhadap suhu udara panas.

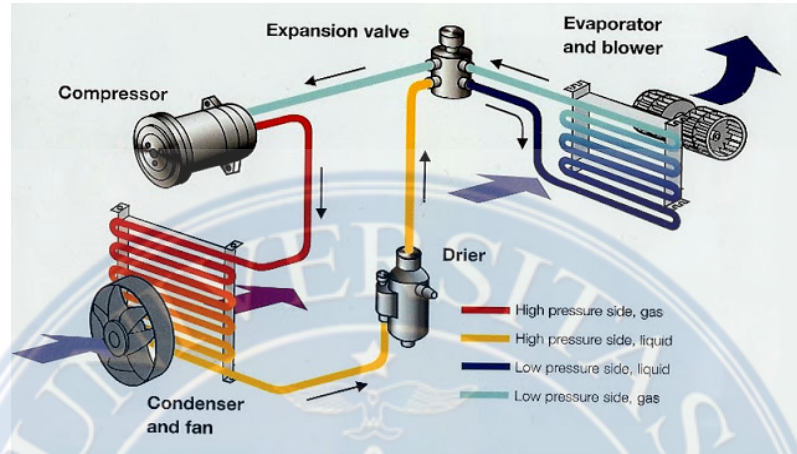
## **2.12. Jenis-jenis Teknologi Penanganan Paparan Panas**

### **2.12.1. *Fan***

Hampir kebanyakan pabrik menggunakan *fan* dan *Blower* untuk ventilasi dan untuk proses industri yang memerlukan aliran udara. Sistem *fan* penting untuk menjaga pekerjaan proses industri, dan terdiri dari sebuah *fan*, motor listrik, sistem penggerak, saluran atau pemipaan, peralatan pengendalian

aliran, dan peralatan penyejuk udara (filter, kumparan pendingin, penukaran panas, dll).

Contoh sistem digambarkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Komponen Sistem Fan

Departemen energi Amerika Serikat memperkirakan bahwa 15 persen listrik di industri manufaktur Amerika dipakai oleh motor. Hal yang sama di sektor komersial, listrik yang dibutuhkan untuk mengoperasikan motor fan yang merupakan bagian dari biaya energi terbesar untuk menyejukan ruangan (USDOE, 1989). *Fan, Blower* dan kompresor dibedakan oleh metode yang digunakan untuk menggerakkan udara, dan oleh tekanan sistem operasinya. *The American Society of Mechanical Engineers* (ASME) menggunakan rasio spesifik, yaitu rasio tekanan pengeluaran terhadap tekanan hisap, untuk mendefinisikan *fan, Blower*, dan kompresor (lihat Tabel 2.6).

Tabel 2.6. Perbedaan *Fan, Blower, Kompresor* (Ganasean)

Peralatan	Perbandingan Spesifik	Kenaikan (mmWg)	Tekanan
<i>Fan</i>	Sampai 1,11	1136	
<i>Blower</i>	1,11 sampai 1,20	1136-2066	
Kompresor	Lebih dari 2,0	-	

Terdapat dua jenis *fan*. *Fan* sentrifugal menggunakan impeler berputar untuk menggerakkan aliran udara. *Fan Aksial* mengerakkan aliran udara sepanjang sumbu *Fan*.

### 2.12.1.1. *Fan Sentrifugal*

*Fan Sentrifugal* meningkatkan kecepatan aliran udara dengan impeler berputar. Kecepatan meningkat sampai mencapai ujung *blades* dan kemudian di ubah ke tekanan. *Fan* ini mampu menghasilkan tekanan tinggi yang cocok untuk kondisi operasi yang kasar, seperti sistem dengan suhu tinggi, aliran udar kotor atau lembab, dan *handling* bahan. *Fan sentrifugal* dikategorikan oleh bentuk *bladenya* sebagaimana diringkas dalam Tabel 3.7.

Tabel 2.7. Karakteristik berbagai *fan sentrifugal* (US DOE, 1989)

Jenis Fan	Keuntungan	Kerugian
<i>Fan</i> dengan datar radial <i>blades</i>	Cocok untuk tekanan statis tinggi (sampai 1400 mmWC) dan suhu tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanya cocok untuk laju aliran udara rendah sampai medium</li> <li>• Rancangannya sederhana sehingga dapat dipakai untuk kulit pengguna khusus</li> <li>• Dapat beroperasi pada aliran udara yang rendah tanpa masalah getaran</li> <li>• Sangat tahan lama</li> <li>• Efisiennya mencapai 75%</li> </ul>

- Memiliki jarak ruang kerja yang lebih besar yang berguna untuk *handling* padatan yang terbang (debu, serpihan kayu, dan skrap logam)

<p><i>Fan</i> yang melengkung ke depan dengan blade yang melengkung ke depan</p>	<p>Dapat menggerakkan volume udara yang besar terhadap tekanan yang relatif rendah</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukurannya relatif kecil</li> <li>• Tingkat kebisingannya rendah (disebabkan rendahnya kecepatan) dan sangat cocok untuk digunakan untuk pemanasan perumahan, ventilasi, dan penyejuk udara (HVAC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanya cocok untuk layanan penggunaan yang bersih, bukan untuk layanan kasar dan bertekanan tinggi</li> <li>• Keluaran <i>Fan</i> sulit untuk diatur secara tepat</li> <li>• Penggerak harus dipilih secara hati-hati untuk menghindari beban motor berlebih sebab kurva daya meningkat sejalan dengan aliran udara</li> </ul>
--	--	--

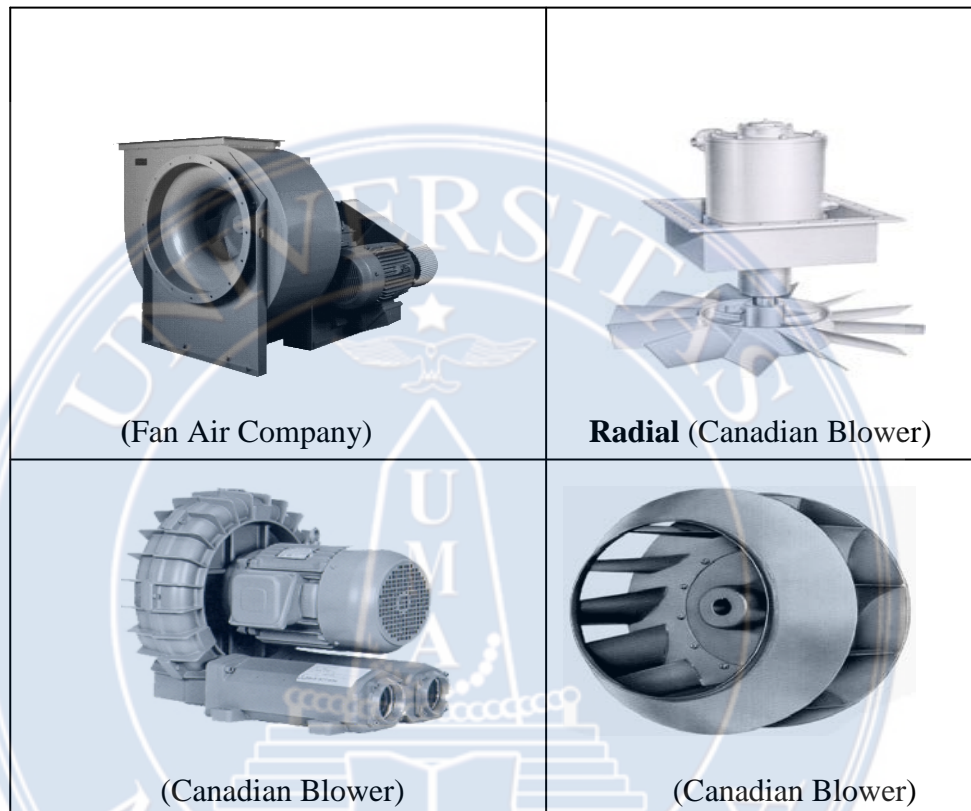
Tabel 2.7. Karakteristik berbagai *fan sentrifugal* (US DOE, 1989) (Lanjutan)

Jenis Fan	Keuntungan	Kerugian
<p>Backward inclined <i>fan</i>, dengan <i>blades</i> yang miring jauh dari arah perputaran datar, lengkung dan <i>airfoil</i>.</p>	<p>Dapat beroperasi dengan perubahan statis (asalkan bebannya tidak berlebih ke motor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocok untuk sistem yang tidak menentu pada aliran udara tinggi</li> <li>• Cocok untuk layanan <i>forced-draft</i></li> <li>• <i>Fan</i> dengan <i>blade</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak cocok untuk aliran udara yang kotor (karena bentuk <i>fan</i> mendukung terjadinya penumpukan debu)</li> <li>• <i>Fan</i> dengan <i>blades air-foil</i> kurang stabil karena mengandalkan pada pengangkatan yang dihasilkan oleh tiap <i>blade</i>.</li> <li>• <i>Fan blades air-foil</i> yang tipis akan menjadi sasaran erosi</li> </ul>



datar lebih kuat

- *Fan* dengan *blade* lengkung lebih efisien (melebihi 85%)
- *Fan* dengan *blades air-foil* yang tipis adalah yang paling efisien



Gambar 2.6. *Fan Sentrifugal*

### 2.12.1.2. *Fan Aksial*

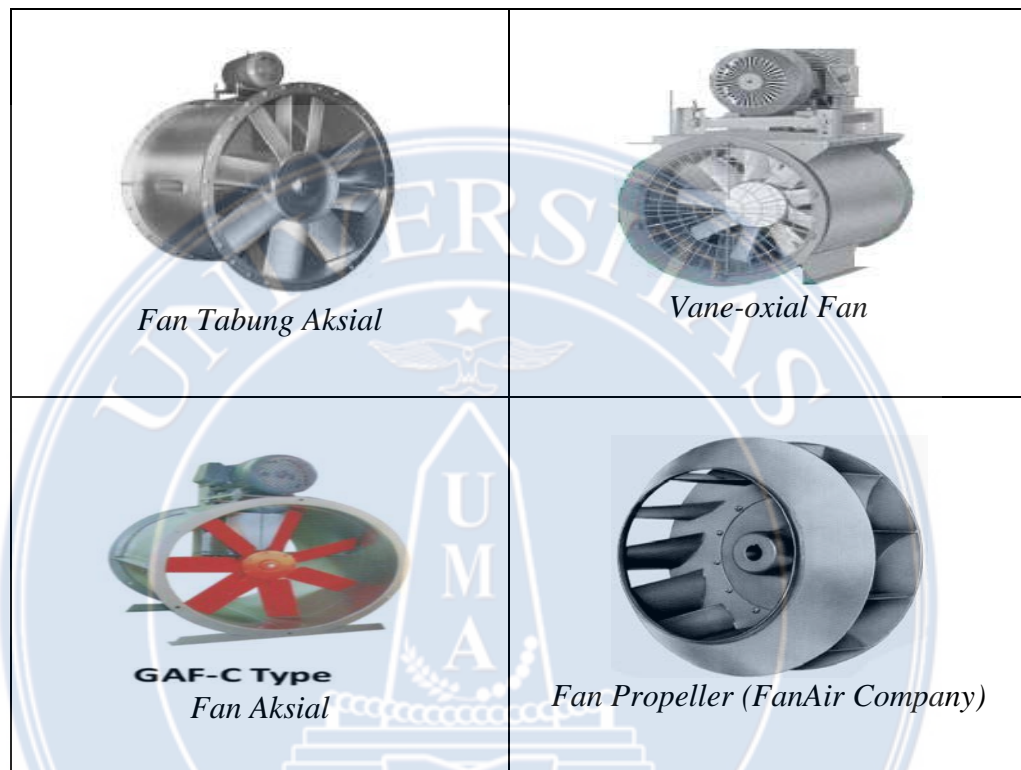
*Fan aksial* menggerakkan udara sepanjang sumbu *fan*. Cara kerja *fan* seperti pesawat terbang: *blades fan* menghasilkan pengangkatan aerodinamis yang menekan udara. *Fan* ini terkenal di industri karena murah, bentuknya yang kompak dan ringan. Jenis utama *fan* dengan aliran *aksial* (*impeller*, *pipa aksial* dan *impeler aksial*) diringkas dalam Tabel 3.8.

Tabel 2.8. Karakteristik Berbagai *Fan Aksial* (US DOE, 1989)

Jenis <i>Fan</i>	Keuntungan	Kerugian
------------------	------------	----------

<i>Fan impeller</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghasilkan laju aliran udara yang tinggi pada tekanan rendah.</li> <li>• Tidak membutuhkan saluran kerja yang luas (tekanan yang dihasilkannya kecil).</li> <li>• Murah sebab konstruksinya yang sederhana.</li> <li>• Mencapai efisien maksimum , hampir seperti aliran yang mengalir sendiri dan sering digunakan pada ventilasi atap.</li> <li>• Dapat menghasilkan aliran dengan arah berlawanan yang membantu dalam penggunaan ventilasi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi energinya relatif rendah</li> <li>• Agak berisik</li> </ul>
<i>Fan pipa aksial, pada dasarnya fan propeller yang ditempatkan di bagian dalam silinder.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekanan lebih tinggi dan efisiensi operasinya lebih baik daripada <i>fan propeller</i>.</li> <li>• Cocok untuk tekanan menengah, penggunaan laju aliran udara yang tinggi, misalnya pemasangan saluran HVAC.</li> <li>• Dapat dengan cepat dipercepat sampai nilai kecepatan tertentu (karena putaran massanya rendah) dan menghasilkan aliran pada arah berlawanan yang berguna dalam berbagai penggunaan ventilasi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatif mahal</li> <li>• Kebisingan aliran udara sedang</li> <li>• Efisiensi energinya relatif rendah</li> </ul>
<i>Fan dengan baling-baling aksial</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menciptakan tekanan yang cukup untuk mengatasi kehilangan di saluran dengan ruang yang relatif efisien, yang berguna untuk pembuangan.</li> <li>• Cocok untuk penggunaan tekanan sedang sampai tinggi (sampai 500mmWC), seperti induced draft untuk pembuangan boiler.</li> <li>• Dapat dengan cepat dipercepat sampai ke nilai kecepatan tertentu (disebabkan putaran massanya rendah) dan menghasilkan aliran pada arah berlawanan yang berguna dalam berbagai penggunaan ventilasi.</li> </ul>	

- Cocok untuk hubungan langsung ke as motor.
- Relatif mahal dibandingkan dengan fan impeller.
- Kebanyakan energinya efisien (mencapai 85% jika dilengkapi dengan fan air-foil dan jarak ruang yang kecil).



Gambar 2.7. Fan Axial

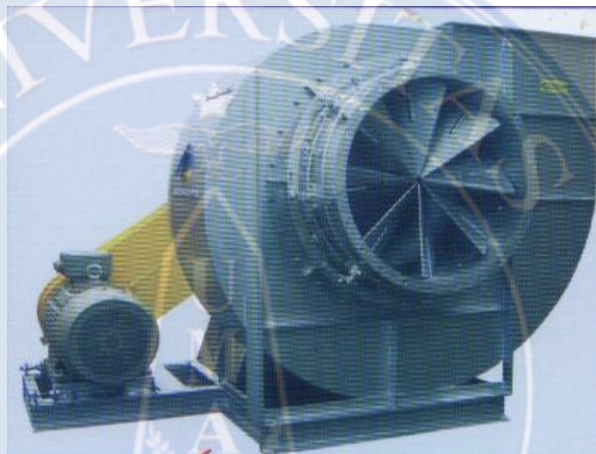
### 2.12.2. Blower

*Blower* dapat mencapai tekanan yang lebih tinggi daripada *fan*, sampai 1,20 kg/cm<sup>2</sup>. Dapat juga digunakan untuk menghasilkan tekanan negatif untuk sistem vakum di industri. *Blower Sentrifugal* dan *Blower Positif Displacement* merupakan dua jenis utama *Blower*, yang dijelaskan dibawah ini.

#### 2.12.2.1. Blower Sentrifugal

*Blower Sentrifugal* terlihat lebih seperti pompa sentrifugal daripada fan. Impellernya digerakan oleh gir dan berputar 15.000 rpm. Pada Blower multistage, udara dipercepat setiap melewati impeller. Pada Blower tahap tunggal, udara tidak

mengalami banyak belokan, sehingga lebih efisien. Blower sentrifugal beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm<sup>2</sup>, namun dapat mencapai tekanan yang lebih tinggi. Satu karakteristiknya adalah bahwa aliran udara cenderung turun secara drastis begitu tekanan sistem meningkat, yang dapat merupakan kerugian pada sistem pengangkutan bahan yang tergantung pada volum udara yang mantap. Oleh karena itu, alat ini sering digunakan untuk penerapan sistem yang cenderung tidak terjadi penyumbatan.



Gambar 2.8. *Blower Sentrifugal*

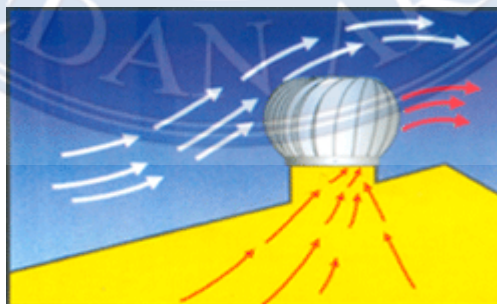
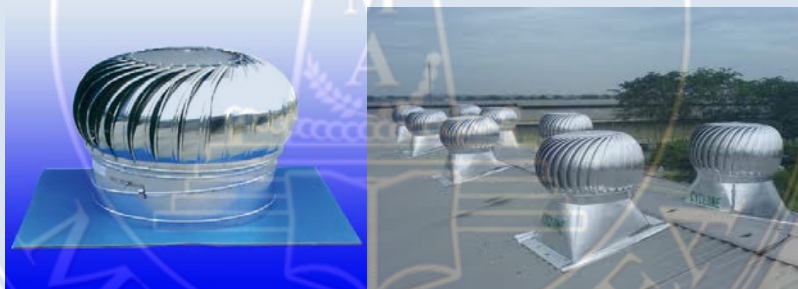
#### **2.12.2.2. *Blower Jenis Positive-Displacement***

*Blower jenis positive displacement* memiliki rotor, yang “menjebak” udara dan mendorongnya melalui rumah *Blower*. *Blower* ini menyediakan volum udara yang konstan bahkan jika tekanan sistemnya bervariasi. Cocok digunakan untuk sistem yang cenderung terjadi penyumbatan, karena dapat menghasilkan tekanan yang cukup (biasanya sampai mencapai 1,25 kg/cm<sup>2</sup>) untuk menghembus bahan-bahan yang menyumbat sampai terbebas. Mereka berputar lebih pelan daripada *Blower Sentrifugal* (3.600 rpm) dan seringkali digerakkan dengan *belt* untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.

### 2.12.3. Turbin Ventilator

Turbin angin yang juga dikenal dengan sebutan kincir angin merupakan sarana pengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik untuk memutar generator listrik. Sejarah penggunaan energi angin dimulai sejak abad ke-17 SM dan tersebar diberbagai negara seperti Persia, Babilonia, Mesir, China dan benua Eropa dengan berbagai bentuk rancang bangun. Berdasarkan kedudukan poros jenis turbin angin itu dibagi dalam dua kategori, yaitu turbin angin dengan sumbu horisontal dan turbin angin dengan sumbu vertikal.

Turbin Ventilator, sejenis *exhaust fan* yang digerakan oleh tenaga angin, dipasang pada atap, dengan tujuan agar panas yang berada didalam ruangan ditarik keatas.



Gambar 2.9. Turbin Ventilator

Menentukan jumlah turbin ventilator untuk suatu ruangan sebagai berikut:  $\text{Volume ruangan} / (\text{kap. Sedot} \times \text{waktu sirkulasi})$ , maka didapat jumlah

turbin untuk suatu bangunan tersebut. Waktu sirkulasi dapat ditentukan sendiri, 5 menit, 10 menit, 15 menit, 60 menit saran saya gunakan waktu 60 menit.

Turbin Ventilator merupakan turbin angin dengan sumbu vertikal yang memiliki gabungan fungsi dari turbin angin dan kipas hisap. Turbin Ventilator menggunakan energi angin sebagai pengganti kipas ventilasi bertenaga listrik. Alat ini sering digunakan di atap yang berfungsi sebagai ventilasi pada bangunan perumahan dan industri. Energi angin yang berhembus pada sudut turbin Ventilator akan menghasilkan *drag force* dan menyebabkan turbin ventilator berputar.

Rotasi ini menghasilkan tekanan negatif di dalam turbin Ventilator sehingga udara terhisap dari dasar saluran. Udara memasuki turbin secara aksial melalui dasar saluran dan keluar secara radial. Pada saat udara diam, pada ketinggian tertentu, turbin Ventilator juga dapat mensirkulasikan udara dengan efek bouyancy.

Chi-ming Lai (2003) telah menunjukkan pola aliran udara di sekitar turbin Ventilator. Aliran udara dibagi menjadi dua stream ketika melalui Ventilator. Satu aliran dalam arah rotasi dan menjadi gaya putar, sementara lainnya berada di arah yang berlawanan dan meredam rotasi Ventilator. Suhu yang berotasi melempar partikel udara yang dihisap keluar dan mengkombinasi kedua aliran udara diatas, yang mana konvergen di daerah wake pada sisi yang berlawanan dari angin yang berhembus. Pada kajian yang sama, diuji tiga ukuran Ventilator berdiameter 6,14 dan 20 inchi dengan kecepatan angin antara 10 dan 30 m/s.

Lai menemukan bahwa semakin besar diameter Ventilator akan menyebabkan nilai Ventilator rate semakin besar sebagaimana diharapkan. Chiming Lai (2005) telah menguji *wind* turbin dengan membandingkan performa turbin dengan penambahan modifikasi penambahan inner *fan* yang dikombinasikan dengan sel surya sebagai pembangkit listrik skala kecil.

Naghman Khana (2008), beserta rekannya menyajikan studi pengukuran debit (*flowrate*) dari empat buah turbin Ventilator komersial pada sistem percobaan yang dirancang khusus. Debit Ventilasi dan kecepatan putar turbin Ventilator dihitung pada kecepatan angin yang berbeda kemudian dibandingkan dengan sebuah kolom (cerobong) terbuka sederhana dan dua vent hat standar. Studi ini juga menjelaskan penggunaan motor DC sebagai penggerak Ventilator pada saat tidak ada terpaan angin dan konsumsi dayanya terhadap debit yang diberikan.

#### **2.12.4. Atap Hijau**

Metode ini banyak juga digunakan saat ini, yaitu cara pengurangan panas dengan cara menempatkan tanaman tipis di atap atau dinding suatu bangunan dengan tujuan supaya panas radiasi matahari tidak menembus bangunan melainkan panasnya diserap terlebih dahulu oleh tanaman tipis tadi. Tanaman tersebut juga jika ditata dengan rapih dan dirawat secara teratur akan dapat menambah nilai estetika bangunan.

#### **2.13. Lingkungan Kerja**

Lingkungan kerja adalah kehidupan sosial, psikologi, dan fisik dalam perusahaan yang berpengaruh terhadap pekerja dalam melaksanakan tugasnya.

Kehidupan manusia tidak terlepas dari berbagai keadaan lingkungan sekitarnya, antara manusia dan lingkungan terdapat hubungan yang sangat erat. Dalam hal ini, manusia akan selalu berusaha untuk beradaptasi dengan berbagai keadaan lingkungan sekitarnya. Demikian pula halnya ketika melakukan pekerjaan, karyawan sebagai manusia tidak dapat dipisahkan dari berbagai keadaan disekitar tempat mereka bekerja, yaitu lingkungan kerja. Selama melakukan pekerjaan, setiap pegawai akan berinteraksi dengan berbagai kondisi yang terdapat dalam lingkungan kerja.

Lingkungan kerja adalah sesuatu yang ada disekitar para pekerja dan yang mempengaruhi dirinya dalam menjalankan tugas-tugas yang dibebankan (Nitisemito, 1992:25). Selanjutnya menurut Sedarmayati (2001:1) lingkungan kerja merupakan keseluruhan alat perkakas dan bahan yang dihadapi, lingkungan sekitarnya dimana seseorang bekerja, metode kerjanya, serta pengaturan kerjanya baik sebagai perseorangan maupun sebagai kelompok.

Kondisi lingkungan kerja dikatakan baik atau sesuai apabila manusia dapat melaksanakan kegiatan secara optimal, sehat, aman, dan nyaman. Kesesuaian lingkungan kerja dapat dilihat akibatnya dalam jangka waktu yang lama lebih jauh lagi lingkungan-lingkungan kerja yang kurang baik dapat menuntut tenaga kerja dan waktu yang lebih banyak dan tidak mendukung diperolehnya rancangan sistem kerja yang efisien (Sedarmayanti, 2001:12).

Menurut Bambang (1991:122), lingkungan kerja merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja seorang pegawai. Seorang pegawai yang bekerja di lingkungan kerja yang mendukung dia untuk bekerja secara optimal akan menghasilkan kinerja yang baik, sebaliknya jika seorang pegawai bekerja



dalam lingkungan kerja yang tidak memadai dan tidak mendukung untuk bekerja secara optimal akan membuat pegawai yang bersangkutan menjadi malas, cepat lelah sehingga kinerja pegawai tersebut akan rendah.

Dari beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa lingkungan kerja merupakan segala sesuatu yang ada disekitar pegawai pada saat bekerja, baik berbentuk fisik atau non fisik, langsung atau tidak langsung, yang dapat mempengaruhi dirinya dan pekerjaannya saat bekerja.

### **2.13.1. Jenis Lingkungan Kerja**

Secara garis besar, jenis lingkungan kerja terbagi menjadi dua, yaitu (Sedarmayanti, 2001:21):

#### **a. Lingkungan Kerja Fisik**

Lingkungan kerja fisik adalah semua keadaan berbentuk fisik yang terdapat disekitar tempat kerja yang dapat mempengaruhi pegawai baik secara langsung maupun tidak langsung. Lingkungan kerja fisik dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu:

1. Lingkungan kerja yang langsung berhubungan dengan pegawai seperti pusat kerja, kursi, meja, dan sebagainya.
2. Lingkungan perantara atau lingkungan umum dapat juga disebut lingkungan kerja yang mempengaruhi kondisi manusia misalnya temperatur, kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanik, bau tidak sedap, warna dan lain-lain.

Untuk dapat memperkecil pengaruh lingkungan fisik terhadap karyawan, maka langkah pertama harus mempelajari manusia, baik mengenal fisik dan tingkah lakunya, kemudian digunakan sebagai dasar memikirkan lingkungan fisik yang sesuai.

#### **b. Lingkungan Kerja Non Fisik**

Lingkungan kerja non fisik adalah semua keadaan yang terjadi yang berkaitan dengan hubungan kerja, baik hubungan dengan atasan, maupun hubungan dengan sesama rekan kerja ataupun hubungan dengan bawahan.

Perusahaan hendaknya dapat mencerminkan kondisi yang mendukung kerja sama antar tingkat atasan, bawahan maupun yang memiliki status yang sama. Kondisi yang hendaknya diciptakan adalah suasana kekeluargaan, komunikasi yang baik, dan pengendalian diri (Nitisemito, 2000:171). Jadi lingkungan kerja non fisik ini juga merupakan kelompok lingkungan kerja yang tidak bisa diabaikan.