

ERGONOMI

KULIAH 1 : GENERAL PRINCIPLES

By : Cut Ita Erliana, ST, MT



Materi Perkuliahan

- 1. General Principles (working environment, definition, and variables of working environment)**
- 2. Special Workplaces**
- 3. Case Study**

Literatures

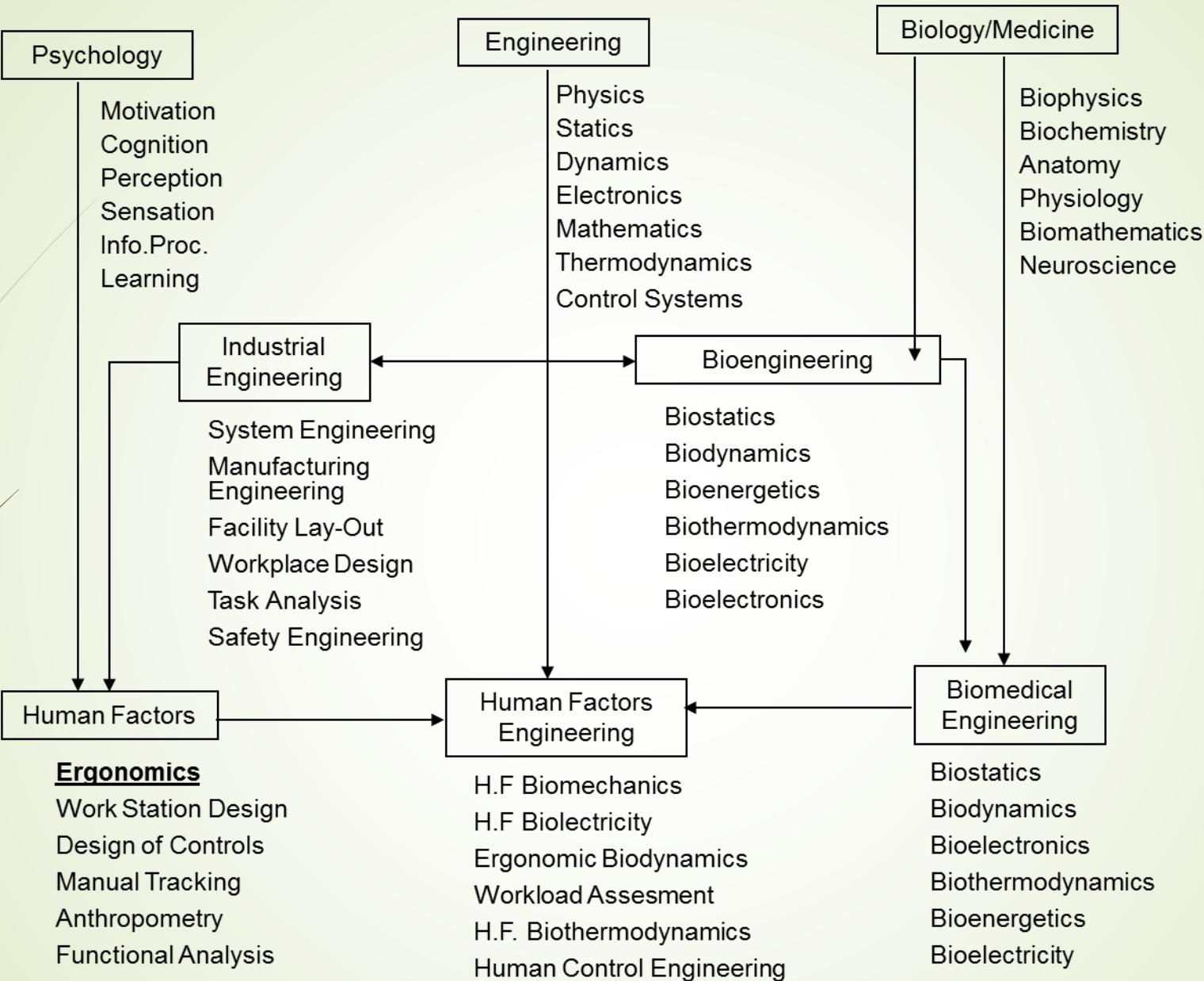
- ▶ **Human Factors Engineering, Chandler Allen Phillips, M.D., P.E.**
- ▶ **Hand Book of Ergonomics, How to Design For Easy and Efficiency, Karl Kroemer**
- ▶ **Hand Book of Human Factor and Ergonomics, Neville Stanton.**
- ▶ **Human Thermal Environment, Ken Parsons.**

Definition of Ergonomics

- ▶ Ergonomi berasal dari kata Yunani *ergon* yang artinya kerja dan *nomos* yang berarti aturan.
- ▶ Ergonomi berarti aturan yang berkaitan dengan kerja, sasaran penelitian ergonomi adalah manusia pada saat bekerja dalam lingkungannya.
- ▶ Ergonomi adalah penyesuaian pekerjaan dengan kondisi tubuh manusia dengan tujuan untuk kenyamanan dalam melakukan pekerjaan, yaitu dengan cara menyesuaikan ukuran tempat kerja dengan dimensi tubuh manusia, pengaturan suhu, cahaya dan kelembaban.
- ▶ Berdasarkan pengertian diatas dapat di simpulkan bahwa pusat dari ergonomi adalah manusia.

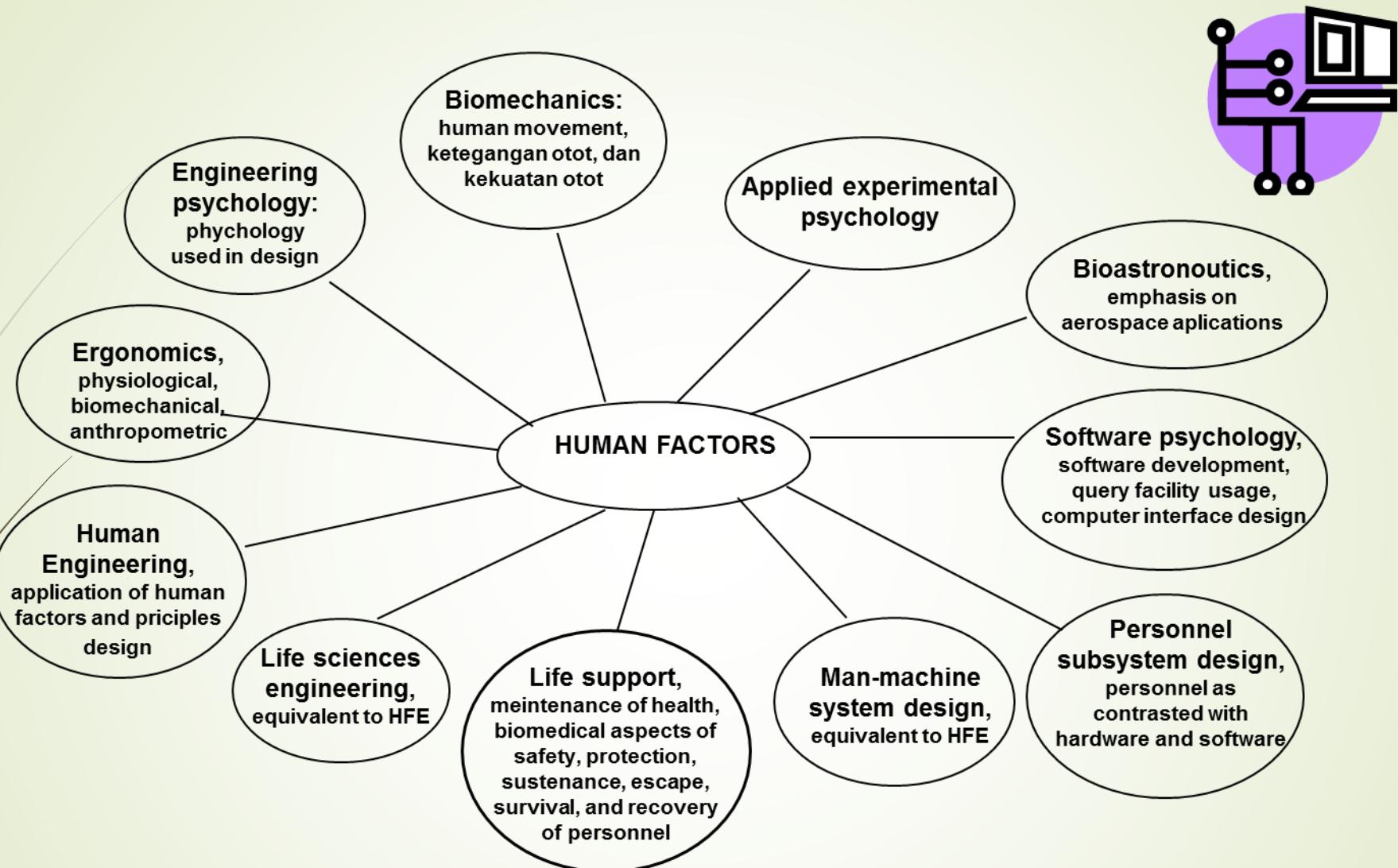
Definition of Ergonomics

- ▶ Sebagai suatu cabang ilmu yang bersifat multi-disipliner, beberapa cabang ilmu yang mendasari adanya ergonomi yaitu psikologi, antropologi, faal kerja atau fisiologi, biologi, sosiologi, perencanaan kerja, dan fisika. Namun tidak menutup kemungkinan masih ada beberapa disiplin ilmu yang lain. Masing-masing disiplin tersebut berfungsi sebagai pemberi informasi. Pada gilirannya, para perancang, dalam hal ini para ahli teknik, bertugas untuk meramu masing-masing informasi di atas, dan menggunakannya sebagai pengetahuan untuk merancang fasilitas kerja sehingga mencapai kegunaan yang optimal.



Gambar 1. Human Factor Engineering sebagai multidisiplin ilmu engineering secara khusus

Sumber: Human Factor Engineering by Chandler Allen Phillips, M.D, P.E, 2000



Gambar. Definitions of Some Terms Related to Human Factors in System Engineering

Sumber: Human Factors in System Engineering, Alphonse Chapanis, 1996.

Definition Of Working Environment

- ▶ “Work environment, in the literal sense, means your surroundings at your place of occupation; e.g. inside, outside, at a desk, in a cubicle, etc. The term has also come to mean a sort of mental state while on the job; e.g. positive, negative, friendly, etc.”
<http://wiki.answers.com>
- ▶ “The Work Environment, It makes sense that people that are happy within their working environment will work far more effectively and happily than those who are uncomfortable: it therefore makes sense to consider certain aspects of your employees workspace quite carefully”
- ▶ <http://www.healthandsafety.co.uk/envi.htm>

Lingkungan Kerja

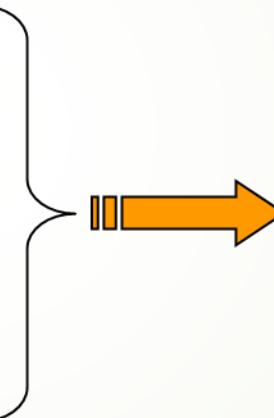
Lingkungan Kerja terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi :

•Faktor Fisik

- Faktor Kimia
- Faktor Biologis
- Faktor Psikologis

**Suasana aman
dan nyaman**

Kesehatan dan
Keselamatan Tenaga
Kerja



Desain yang kondusif

Faktor-Faktor Lingkungan Kerja



Faktor Fisika

bising, getaran, radiasi,
Penerangan kurang
baik, temperature
extremes

Faktor Biologi

virus, bakteri, jamur,
parasites, insects, dll



Faktor Psikologi

Hub dg : orang, pekerjaan, dan lingk. kerja



Faktor Kimia

debu, gas, uap,
asap, kabut, dll.

Faktor Ergonomi

Tenaga terlalu diporsir, berdiri
lama/berlebihan, salah gerakan, angkat
beban terlalu berat, job monotony, dll

Lingkungan Kerja



Optimal Thermal Environment

- Optimal ≈ tercapainya tingkat kenyamanan termal
- Enam faktor kenyamanan termal :
 - ✓ Suhu udara, T (Temperature), °C
 - ✓ Kecepatan angin, V (Velocity), m/dtk
 - ✓ Kelembaban udara, RH (Relative Humidity), %
 - ✓ Rata-rata suhu permukaan ruang, MRT (Mean Surface Radiant Temperature), °C
 - ✓ Aktivitas manusia, met (Metabolism), W/m² (1 met = 58.15 W/m²)
 - ✓ Pakaian, clo (clothing), m²degC/W (1 clo = 0,155 m²degC/W).

Suhu Udara, T (Temperature), °C

1. Air Temperature (t_a) = Room temperature

- Dapat diukur dengan a *conventional alcohol-filled thermometer or by an electronic thermometer.*
- T_a kenyamanan musim panas $\pm 26-28$ ° C; T_a kenyamanan musim dingin $\pm 22-24$ ° C (ANSI/ASHRAE Standar 55-1992).

2. Mean Radiant Temperature (t_r)

- Adalah temperatur rata-rata dari keseluruhan dinding dan objek yang ada di dalam ruangan (termasuk sky outdoors).
- Jika *mean radiant temperature* melebihi temperatur kulit (e.g., in steel mills, or in work in the sun), panas berpindah dari lingkungan ke kulit.
- *Mean radiant temperature* (t_r) biasanya diukur secara langsung menggunakan *matte black globe* (typically 15-cm diameter) dengan sebuah sensor yang terletak di tengah-tengah

Kecepatan angin, V (Velocity), m/dtk

- Angin adalah udara yang bergerak
- Gaya penggerak angin (*wind driving force*) adalah gaya yang menyebabkan udara bergerak akibat adanya perbedaan tekanan (ΔP) dan perbedaan suhu (ΔT).
- Gaya apung (*buoyancy, stact effect*) adalah gaya gerak ke atas akibat perbedaan suhu.
- Lapisan batas (*boundary layer*) adalah lapisan udara antara permukaan bumi dan ketinggian tertentu ketika kecepatan angin tidak lagi terpengaruh oleh kondisi permukaan bumi.
- Atmosfer adalah lapisan udara yang melingkupi bumi.

Kelembaban Udara, RH (Relative Humidity), %

- Adalah perbandingan antara kandungan uap air pada suatu saat dengan kandungan uap pada titik jenuh dalam suhu saat itu.
- The amount of moisture present in the environmental air (the moisture concentration in g/kg, g/m³ or vapor pressure in Pascals [Pa] determines whether moisture (sweat) in vapor form flows from the skin to the environment or vice versa.
- Often air humidity is expressed as relative humidity, i.e., the actual amount of moisture in the air compared with the maximum amount possible at that temperature:

$$RH = 100 \times p_a/p_{as} (\%)$$

dimana : p_a = ambient vapor pressure

p_{as} = saturated vapor pressure pada ambient temperature

Aktivitas Manusia, met (Metabolism), W/m²

| No. | AKTIVITAS | MET | Watt/m ² |
|-----|---|-----|---------------------|
| 1 | Berbaring | 0,8 | 9346 |
| 2 | Duduk tenang | 1,0 | 9558 |
| 3 | Tukang jam | 1,1 | 65 |
| 4 | Berdiri santai | 1,2 | 70 |
| 5 | Aktivitas biasa (kantor, rumah tangga, sekolah, lab) | 1,2 | 70 |
| 6 | Menyetir mobil | 1,4 | 80 |
| 7 | Pekerja grafis – tukang jilid | 1,5 | 85 |
| 8 | Berdiri, aktivitas ringan (belanja, lab, industri ringan) | 1,6 | 93 |
| 9 | Guru, mengajar di depan kelas | 1,6 | 95 |
| 10 | Kerja rumah tangga (menyukur, mencuci, berpakaian) | 1,7 | 100 |
| 11 | Berjalan di dataran, 2 km/jam | 1,9 | 110 |
| 12 | Berdiri, aktivitas sedang (penjaga toko, rumah tangga) | 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 di halaman | 2,9 | 170 |

Pakaian, clo (clothing), m²degC/W

| Jenis Pakaian | Insulasi Panas (I _{clu}) |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Pakaian Dalam | |
| 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 |
| Kemeja/blus | |
| Lengan panjang | 0.15 |
| Tebal, lengan panjang | 0.20 |
| Normal, lengan panjang | 0.25 |
| Kemeja planel, lengan panjang | 0.30 |
| Blus tipis, lengan panjang | 0.15 |
| Celana | |
| Pendek | 0.06 |
| Tebal | 0.20 |
| Normal | 0.25 |
| Planel | 0.28 |
| Gaun/rok | |
| 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 |
| Baju hangat | |
| Rompi berlengan | 0.12 |
| Baju hangat tipis | 0.20 |
| Baju hangat | 0.28 |
| Baju hangat tebal | 0.30 |

Pakaian, clo (clothing), m²degC/W

| Jaket | |
|--|------|
| Jaket musim panas | 0.25 |
| Jaket | 0.35 |
| Blazer | 0.30 |
| Insulasi tinggi, fibre-pelt | |
| Boiler suit | 0.90 |
| Celana | 0.35 |
| Jaket | 0.40 |
| Rompi | 0.20 |
| Pakaian luar | |
| Mantel | 0.60 |
| Jaket | 0.55 |
| Parka | 0.70 |
| Keseluruhan fiber-pelt | 0.55 |
| Lain-lain | |
| Kaus kaki | 0.02 |
| Kaus kaki tebal sepanjang pergelangan kaki | 0.05 |
| Kaus kaki tebal panjang | 0.10 |
| Stoking nilon | 0.03 |
| Sepatu (bersol tipis) | 0.02 |
| Sepatu (bersol tebal) | 0.04 |
| Sepatu bot | 0.10 |
| Sarung tangan | 0.05 |

Pakaian, clo (clothing), m²degC/W

Hardly any listings of clothing vapor resistance are available, but once insulation is known, vapor resistance can be estimated as:

$$R_e = \frac{I_t}{0,0165 \cdot i_m}$$

where:

R_e = clothing vapor resistance ($\text{m}^2\text{Pa}^\circ\text{CW}^{-1}$)

I_t = clothing heat resistance ($\text{m}^\circ\text{CW}^{-1}$)

i_m = clothing permeability index (n.d)

0.0165 = Lewis constant ($0.0165 \text{ } ^\circ\text{CPa}^{-1}$)

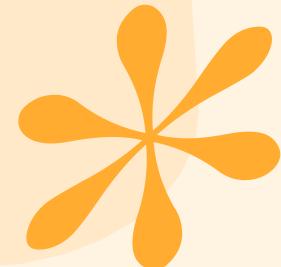
The value for i_m can be estimated from Table Data for estimating the static clothing permeability index (i_m) using description of clothing type (Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, Neville Stanton et al, table 60.2 pg.60-10).

Faktor Fisiologis

Faktor Fisiologis adalah faktor dalam tubuh manusia yang mempengaruhi kinerja tubuh

Klasifikasi Beban Kerja dan Reaksi Fisiologis

| Tingkat Pekerjaan | Energi Ekspenditur | | Denyut Jantung | Konsumsi Oksigen |
|-------------------|--------------------|-------------|----------------|------------------|
| | Kkal/menit | Kkal/8 jam | denyut/menit | liter/menit |
| Unduly Heavy | > 12,5 | > 6000 | > 175 | > 2.5 |
| Very Heavy | 10 – 12,5 | 4800 – 6000 | 150 – 175 | 2 – 2.5 |
| Heavy | 7,5 – 10 | 3600 – 4800 | 125-150 | 1.5 – 2 |
| Moderate | 5 – 7,5 | 2400 – 3600 | 100 – 125 | 1 – 1.5 |
| Light | 2,5- 5 | 1200 – 2400 | 60 – 100 | 0.5 – 1 |
| Very Light | < 2,5 | < 1200 | < 60 | < 0.5 |



Faktor Fisiologis

Denyut Nadi Kerja

Menggunakan metoda stopwatch dengan metode 10 denyut (Kilbon, 1992) :

$$\text{Denyut nadi} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu penghitungan}} \times 60 \quad \text{denyut/menit}$$

Denyut nadi untuk mengestimasi **indeks beban kerja fisik** terdiri dari beberapa jenis, didefinisikan oleh Grandjean (1993):

- Denyut nadi istirahat adalah rata-rata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai.
- Denyut nadi kerja: adalah rata-rata denyut nadi selama bekerja.
- Nadi kerja: adalah selisih antara denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja.



Faktor Fisiologis

Denyut Nadi → peningkatan *cardiac output* dari waktu istirahat ke kerja maksimum = *heart rate reserve (HR reserve)*, Rodhal 1989.

$$\% \text{ HR Reserve} = \frac{\text{Denyut nadi kerja} - \text{Denyut nadi istirahat}}{\text{Denyut nadi maksimum} - \text{Deyut nadi istirahat}} \times 100$$

Manuaba & vanwonderghem (1996) menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskuler (*cardiovasculair load* = %CVL) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ CVL} = \frac{100 \times (\text{Denyut nadi kerja} - \text{Denyut nadi istirahat})}{\text{Denyut nadi maks} - \text{Denyut nadi istirahat}}$$



Faktor Fisiologis

- Dimana denyut nadi maksimum adalah $(220 - \text{umur})$ untuk laki-laki dan $(200 - \text{umur})$ untuk wanita.
- Dari hasil penghitungan %CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan sebagai berikut.

| | |
|----------------|------------------------------------|
| < 30% | = Tidak terjadi kelelahan |
| 30 s.d. < 60% | = Diperlukan perbaikan |
| 60 s.d. < 80% | = Kerja dalam waktu singkat |
| 80 s.d. < 100% | = Diperlukan tindakan segera |
| > 100% | = Tidak diperbolehkan beraktivitas |
- Denyut nadi pemulihan (P) dihitung pada akhir 30 detik pada menit pertama, kedua dan ketiga. P1, P2, dan P3 adalah rata-rata dari ketiga nilai tersebut dan dihubungkan dengan total cardiac cost dengan ketentuan berikut:

Jika $P_1 - P_3 \geq 10$ atau $P_1, P_2, \text{ dan } P_3$ seluruhnya < 90 , nadi pemulihan normal.

Jika rata-rata P1 yang tercatat ≤ 110 , dan $P_1 - P_3 \geq 10$, maka beban kerja tidak berlebihan.

Jika $P_1 - P_3 < 10$, dan jika $P_3 > 90$, perlu ada perbaikan.



Optimal Indoor Air Condition

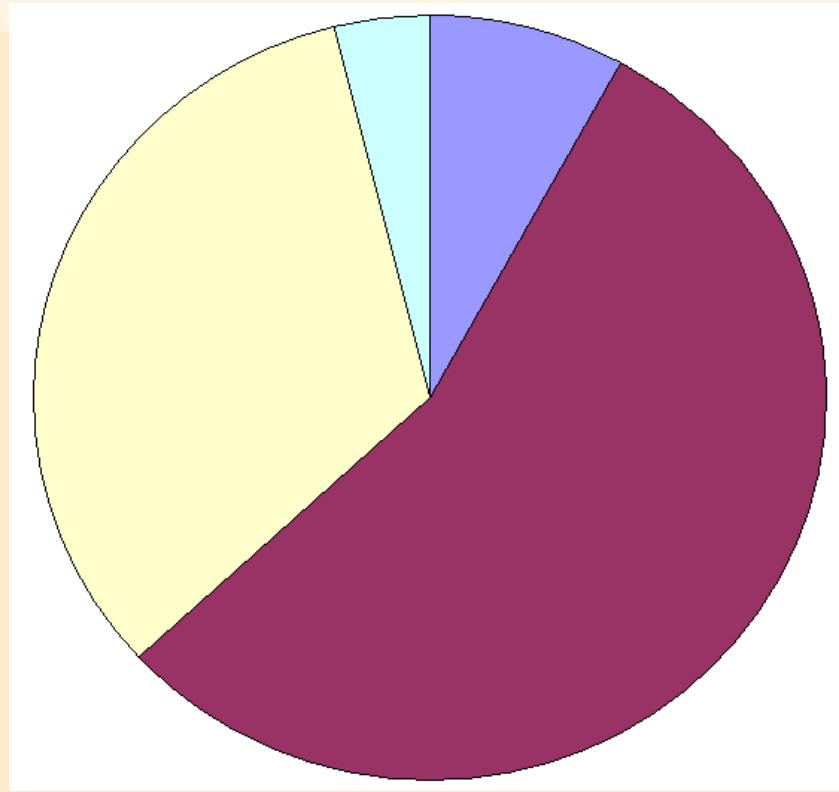
- **Polutan di dalam udara**
- Gas-gas buangan (pembakaran gas, pembakaran kayu, tungku pembakaran, mesin bakar)
- Volatile Organic Compound (VOC) (pendingin yang digunakan dalam proses dry-cleaning, zat-zat pernis yang digunakan dalam proses manufaktur perabotan, petrokimia penyulingan)
- Airbone fibers (*fiberglass atau asbes*)

Which health effects are associated to indoor air pollution?

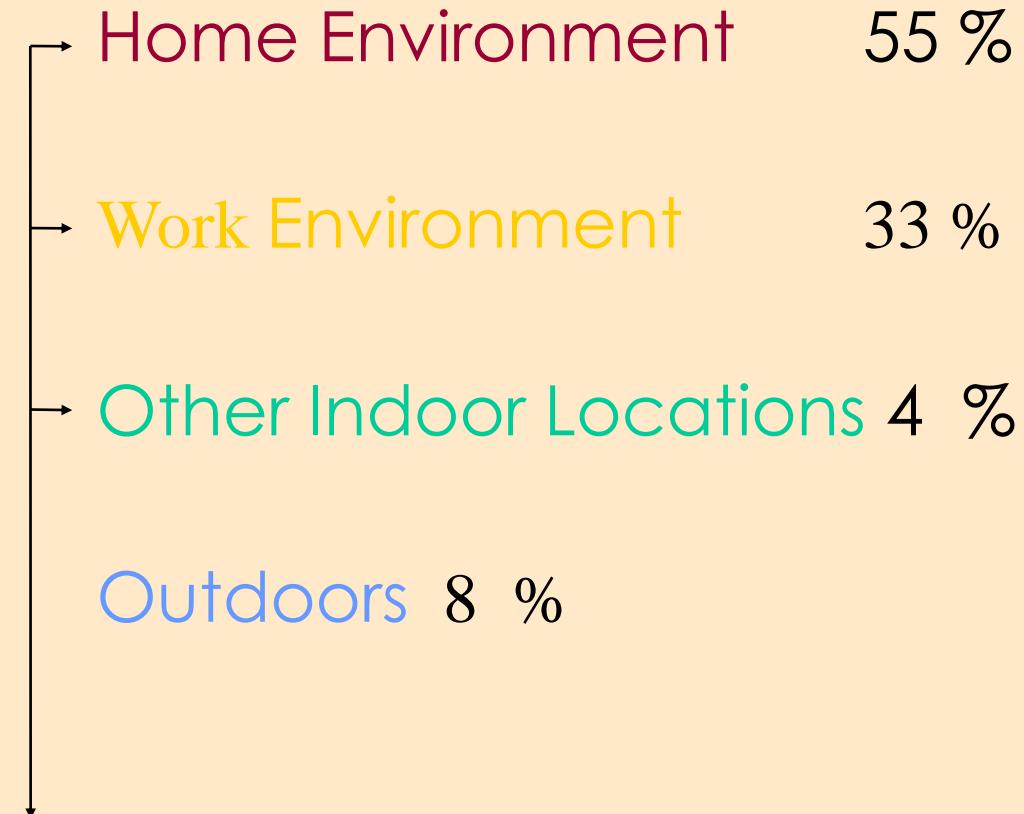
- “Sick building” syndrome: headache, respiratory and ocular mucosa irritation, dizziness and nausea, fatigue, sensitivity to odours, irritable bowel syndrome
- Chronic health effects
 - Asthma and allergic airway disease (VOC, inorganic substances, metals, irritants, fungi)
 - Cancer (asbestos, radon, C₆H₆, HCHO, metals)
 - Respiratory and cardiovascular disease (PM from UF to PM₁₀)
- Acute health effects (CO, household pesticides, biocides)



How much time do we spend indoors ?



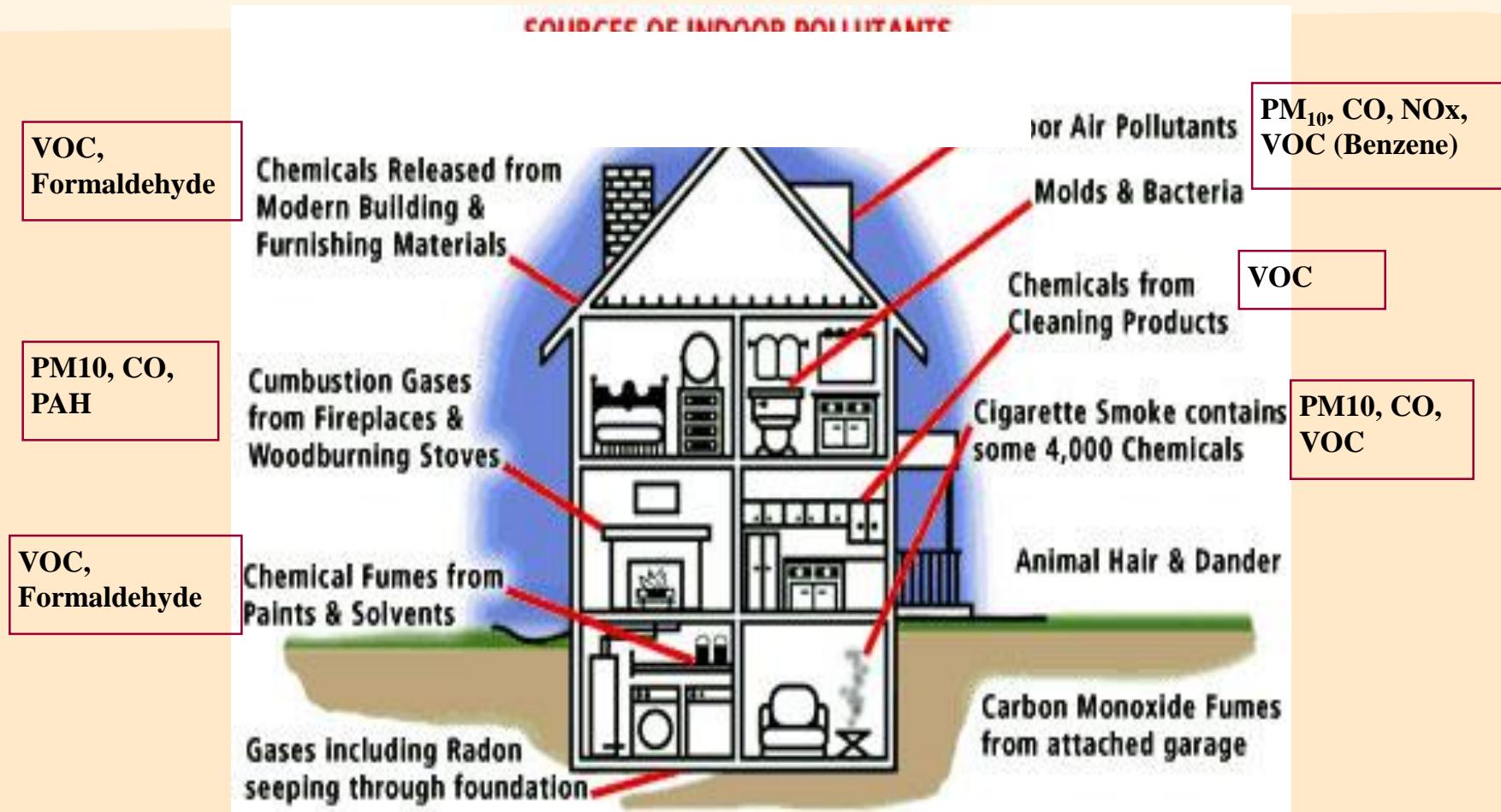
Source : Questionnaires AIRMEX project



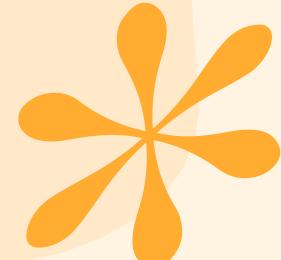
Approximately 90% Indoors



Sources of Indoor Pollutants



In offices photocopy machines, printers and other office specific equipment
could act as VOC and PM emitters



Faktor Kebisingan

- Kebisingan adalah bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki oleh telinga kita → dapat merusak pendengaran, mengganggu ketenangan bekerja, dan dapat menimbulkan kesalahan komunikasi, bahkan menyebabkan kematian.
- Ada tiga aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi yang dapat mengganggu, yaitu : **lama, intensitas, dan frekuensinya**.
- Istilah-Istilah yang digunakan:
 1. Intensitas suara didefinisikan sebagai laju aliran energi (daya) suara yang menembus satu luasan tertentu, dengan kata lain intensitas suara merupakan kerapatan energi suara per satuan luas:

$$I = W/S = W/4 \cdot \Pi \cdot D^2 \quad (1)$$

I = Intensitas suara (W/m^2);

W = Daya suara (W)

S = Luas permukaan yang ditembus suara (m^2)

D = Jarak titik dari sumber suara (m)



Faktor Kebisingan

2. Beban bising = $\Sigma (C_n/T_n) < 1$

C_n = lama mendengar pada tingkat bising tertentu

T_n = lama mendengar yang diijinkan pada tingkat bersangkutan

3. Noise Reduction (NR) didefinisikan sebagai pengurangan kekuatan bunyi, diukur dalam dB.

Adapun pengurangan kebisingan, NR, oleh penghalang ekstensior dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$NR = 20 \log [(2\pi N)^{0.5} / \tan(2\pi N)^{0.5}] + 5 \text{ dB}$$

NR = Pengurangan kebisingan, dB

N = $0.006f.(A+B-d)$, dB

A+B = jarak terdekat melewati penghalang (melalui atas atau samping penghalang), m

D = jarak lurus antara sumber bunyi dan penerima bunyi, m



**Keputusan Menteri Tenaga Kerja No.Kep-
51/MEN/1999 dan Keputusan Menteri
Lingkungan Hidup No.
48 Tahun 1996**

| Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor Kep-51/MEN/1999 tentang Batas Kebisingan Maksimum dalam Area Kerja | | Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48 Tahun 1996 tentang Batas Kebisingan Maksimum pada Berbagai Area Kota | |
|--|------------------------------|--|---------------------------------|
| Durasi kontak dalam sehari | Batas kebisingan maksimum | Alokasi area | Batas kebisingan maksimum |
| 8 jam | 85 dBA | Kawasan perumahan | 55 dBA |
| 4 jam | 88 dBA | Kawasan jasa dan perdagangan | 70 dBA |
| 2 jam | 91 dBA | Kawasan bisnis dan perkantoran | 65 dBA |
| 1 jam | 94 dBA | Lahan hijau terbuka | 50 dBA |
| 30 menit | 97 dBA | Kawasan industry | 70 dBA |
| 15 menit | 100 dBA | Kawasan umum dan pemerintahan | 60 dBA |
| 7.5 menit | 103 dBA | Kawasan rekreasional | 70 dBA |
| 3.75 menit | 106 dBA | Terminal kereta api | 60 dBA |
| 1.88 menit | 109 dBA | Pelabuhan laut | 70 dBA |
| 0.94 menit | 112 dBA | Rumah sakit dan sekitarnya | 55 dBA |
| 28.12 detik | 115 dBA | Sekolah dan sekitarnya | 55 dBA |
| 14.06 detik | 118 dBA | Rumah ibadah | 55 dBA |
| 7.03 detik | 121 dBA | | |
| 3.52 detik | 124 dBA | | |
| 1.76 detik | 127 dBA | | |
| 0.88 detik | 130 dBA | | |
| 0.44 detik | 133 dBA | | |
| 0.22 detik | 136 dBA | | |
| 0.11 detik | 139 dBA | | |
| Tidak boleh | 140 dBA | | |