

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Pengertian Dasar-Dasar Tata Udara

Perkembangan siklus refrigerasi dan perkembangan mesin refrigerasi (pendingin) merintis jalan bagi pertumbuhan dan penggunaan mesin penyegaran udara (air conditioning). Teknologi ini dimulai oleh Cagniard de la Tour (Perancis, 1823) yang melakukan penelitian tentang keadaan kritis dan gas eter. Kemudian dilanjutkan oleh Humphrey Dary dan asistennya M.Faraday (Inggris, 1824), merupakan orang pertama yang berhasil menemukan cara mencari gas ammonia. Prinsip dasar siklus refrigerasi dikembangkan N.L.S. Carnot (Perancis, 1824). Selanjutnya Joseph Mc.Creaty (Amerika, 1897) yang pertama membuat instalasi pendingin yang dinamai mesin pencuci udara (air washer), yaitu suatu sistem pendingin yang menggunakan percikan air. Sedangkan Dr, Willis Hariland Carier (Amerika, 1906) dan kemudian dipatenkan pada tahun 1911 membuat alat pengatur temperature dan kelembabna udara. Bidang refrigerasi dan pengkondisian udara selain berkaitan satu sama lain, tetapi masing-masing mempunyai ruang lingkup yang berbeda. Penerapan teknik refrigerasi yang terbanyak refrigerasi industri, yang meliputi pemrosesan, pengawetan makanan, penyerapan kalor dari bahan-bahan kimia, perminyakan, dan industri petrokimia. Selain dari itu, terdapat penggunaan khusus seperti pada industri manufaktur dan konstruksi. Definisi Pengkondisian Udara Nyaman (Comfort Air Conditioning) adalah *suatu proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur temperatur, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya.*

II.2. Perpindahan panas

1. Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang temperaturnya tinggi ke tempat yang temperaturnya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap.

2. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas).

3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara.

II.3. Kenyamanan (*Body Comfort*)

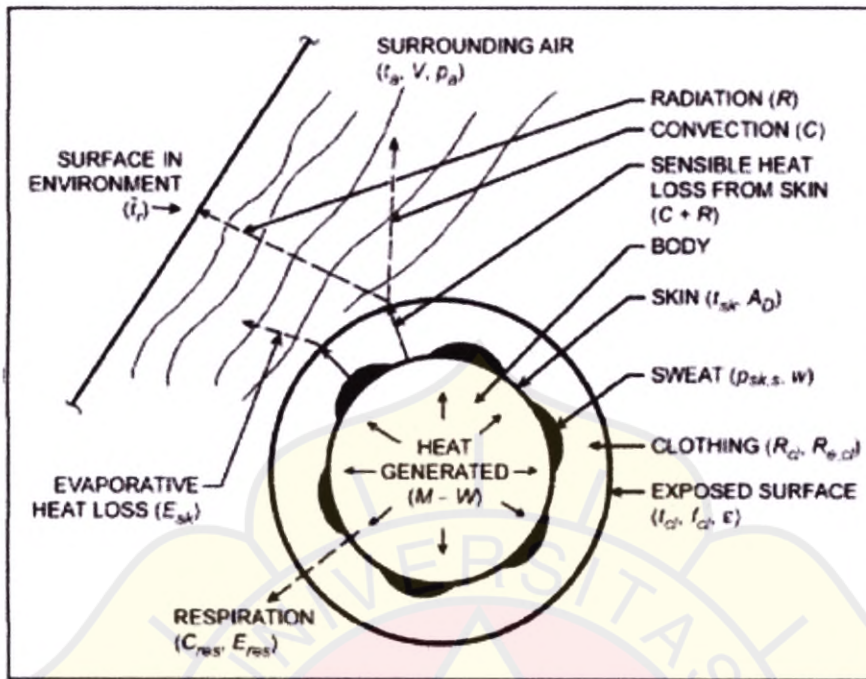
Salah satu tujuan pengkondisian udara adalah untuk mencapai kenyamanan, dimana kondisi lingkungan yang mempengaruhi kenyamanan tubuh manusia yaitu :

- a. Temperatur
- b. Kelembaban relatif (*relative humidity/RH*)
- c. Gerak udara (*Air Motion*)

Dalam aktifitasnya sehari-hari manusia selalu memproduksi kalor/energi dan kelebihan kalor/energi dalam ruangan harus dikeluarkan. Ada tiga (3) cara penting tubuh manusia mengeluarkan kalor pada lingkungannya yaitu :

- konveksi
- radiasi
- evaporasi

Ketiga cara ini dapat terjadi secara bersamaan (*simultan*) tergantung dari kondisi lingkungan, suatu cara dapat lebih dominan.



Gambar. 1 Interaksi panas tubuh manusia dan lingkungan. (Ref. no. 1).

- Konveksi** : Udara panas disekeliling tubuh manusia mengalir ke atas dan tempatnya digantikan oleh udara yang lebih dingin.
- Radiasi** : Radiasi atau pancaran kalor/energi terjadi dari setiap permukaan benda. Seperti pemancaran cahaya dari suatu sumber cahaya. Makin tinggi temperature sebuah benda makin besar arus kalor akibat radiasi dari permukaan benda itu.
- Evaporasi** : Evaporasi (penguapan) yaitu perubahan dari wujud cair menjadi gas. Proses evaporasi memerlukan kalor dimana evaporasi cairan pada kulit menggunakan kalor yang diproduksi badan.

Temperatur : Kalor mengalir dari *temperatur tinggi ke temperature rendah*.

Jika temperature udara lebih rendah dari temperatur tubuh :

- Makin besar beda temperatur maka akan semakin besar aliran kalor dan aliran udara
- Perbedaan temperatur yang terlalu besar akan menyebabkan aliran kalor/udara terlalu besar dan hal ini menimbulkan keadaan yang tidak nyaman.

Jika temperature udara lebih tinggi dari temperatur tubuh :

- Makin tinggi temperatur udara dan makin mendekati temperatur tubuh manusia, makin lambat aliran kalor akibat konveksi

Berdasarkan ISO 7547 kondisi nyaman/comfort berada pada :

- Temperatur dan Humidities pada musim panas
 - a) Outdoor air: + 35 °C and 70 % humidity,
 - b) Indoor air: + 27 °C and 50 % humidity.

Kelembaban Relatif : perbandingan antara *massa uap air dalam (Relative Humidity / RH) Kelembaban udara dengan massa uap air yang maximal dapat dikandung dalam udara pada temperatur relatif tertentu*.

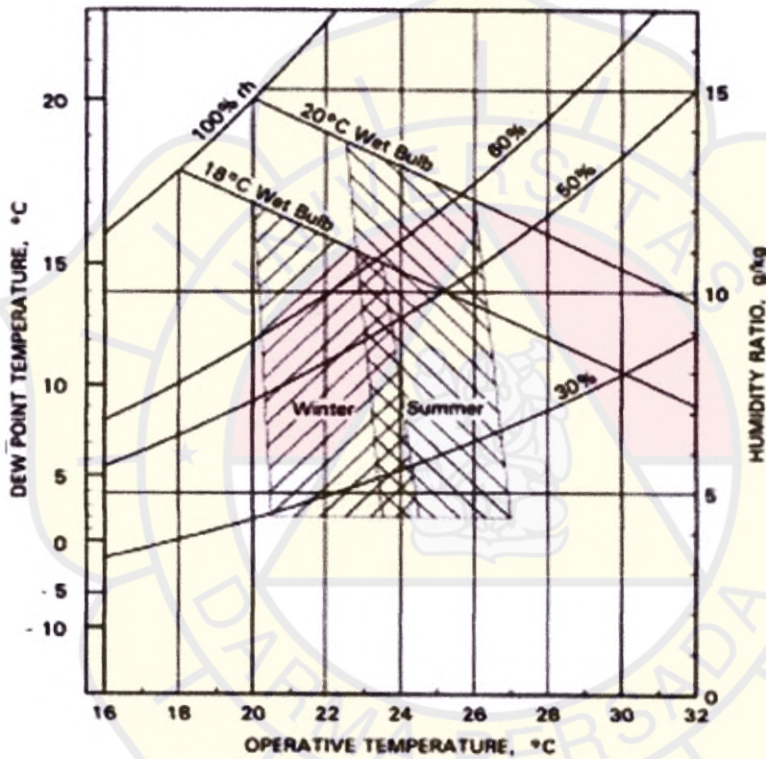
Jika kelembaban relatif rendah :

- Tubuh dapat banyak kehilangan kalor akibat evaporasi (kalorevaporasi)
- Penurunan kelembaban relatif maka

evaporasi meningkat

Jika kelembaban relatif tinggi :

- Tubuh hanya sedikit kehilangan kalor akibat evaporasi
- Kenaikan kelembaban relatif maka evaporasi menurun



(Ref. no.1)

Gambar.2 Zona kenyamanan temperatur pada musim panas dan musim dingin.

II.4. Perhitungan cooling load

4.1. Jumlah orang (Occupancy)

Jumlah orang yang di izinkan untuk jenis runag akomodasi seperti dibawah ini, kecuali jika.

- Cabins:
 - maksimal orang dalam ruang kabin yang telah di disain;
- Ruang umum seperti saloons, mess, dining-rooms dan recreation rooms:

- Jumlah orang dalam ruangan sebagai berikut :
 - i) Satu orang per 2 m² luas lantai untuk saloons;
 - ii) Satu orang per 1,5 m² luas lantai untuk mess- or dining-rooms;
 - iii) Satu per 5 m² luas lantai untuk recreation-rooms;
- c) Captain's dan chief engineer's day-room:
 - 4 persons;
- d) Private day-rooms:
 - 3 persons;
- e) Hospital:
 - Jumlah tempat tidur ditambah 2;
- f) Gymnasium, games-room:
 - 4 persons;
- g) First-aid-room:
 - 2 persons;
- h) Offices:
 - 2 persons.

4. 2. Heat transmission

Dibawah ini adalah rumus untuk menghitung transmission losses or gains, dalam watts.

$$\Phi = \Delta T (k_v A_v) + (k_g A_g)$$

(Ref. no. 5)

Dimana :

ΔT = Adalah perbedaan temperatur udara, dalam kelvins, (untuk perbedaanair temperatur antara udara yang dikondisikan dengan yang tidak dikondisikan)

k_v = Adalah total heat transfer coefficient, dalam watts per m² kelvin, pada permukaan

A_v = Adalah luas permukaan, dalam m^2 , tidak termasuk side scuttles dan rectangular windows (glazing + 200 mm) (lih, Figures 1 dan 2)

k_g = Adalah total heat transfer coefficient, dalam watts per m^2 kelvin, pada permukaan

A_g = Adalah luas permukaan, dalam m^2 , pada sisi scuttles dan rectangular windows (glazing + 200 mm) (lih, Figures 1 dan 2).

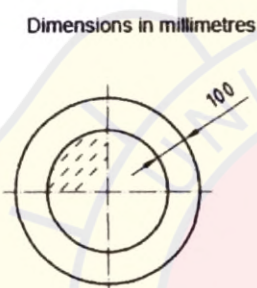


Figure 1 — Side scuttles

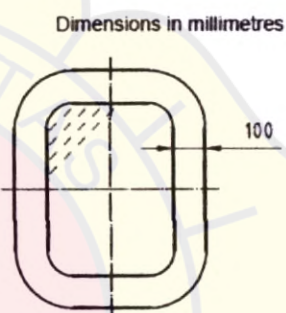


Figure 2 — Rectangular windows

(Ref. no. 5)

Table 1 — Temperature differences between adjoining internal spaces.

| Deck or Bulkhead | ΔT . K | |
|---|----------------|--------|
| | Summer | Winter |
| Deck against tank provided with heating | 43 | 17 |
| Deck with bulkhead against boiler-room | 28 | |
| Deck and bulkhead against engine-room and against non-air-conditioned gallery | 18 | |
| Deck and bulkhead against non-heated tanks, cargo spaces and equivalent | 13 | 42 |
| Deck and bulkhead against laundry | 11 | 17 |
| Deck and bulkhead against public sanitary space | 6 | 0 |
| Deck and bulkhead against private sanitary | | |

| | | |
|--|---|---|
| space | | |
| a) with any part against exposed external surface | 2 | 0 |
| b) not exposed | 1 | 0 |
| c) with any part against engine/boiler-room | 6 | 0 |
| Bulkhead against alleyway | 2 | 5 |
| NOTE It is understood that means of heating are provided in exposed sanitary spaces. | | |

(Ref. no. 5)

Tabel 2 – Total heat transfer coefficient

| Surface | Total heat transfer coefficient.kW/(m ² K) |
|---|---|
| Weather deck not exposed to sun's radiation and ship side and external bulkheads | 0,9 |
| Deck and bulkhead against engine-room, cargo space or other non-air-conditioned spaces | 0,8 |
| Deck and bulkhead against boiler-room or boiler in engine-room | 0,7 |
| Deck against open air or weather deck exposed to sun's radiation and deck against hot tanks | 0,6 |
| Side scuttles and rectangular windows, single glazing | 6,5 |
| Side scuttles and rectangular windows, double glazing | 3,5 |
| Bulkhead against alleyway, non-sound reducing | 2,5 |
| Bulkhead against alleyway, sound reducing | 0,9 |

(Ref. no. 5)

4.3. Solar heat gain

$$\dot{Q} = (\sum A_v k \Delta T_r) + (\sum A_g G_s)$$

(Ref. no. 5)

Dimana :

A_v = Luas permukaan yang terkena radiasi sinar matahari (m^2),
(Luas side scuttles dan jendela tidak termasuk).

k = Total heat transfer koefisien (W/m^2k).

ΔT_r = akses temperatur (untuk udara luar $+35^0C$)

ΔT_r = 12 K penyinaran terang permukaan vertikal.

ΔT_r = 29 K penyinaran gelap permukaan vertikal.

ΔT_r = 16 K penyinaran terang permukaan horizontal.

ΔT_r = 32 K penyinaran gelap permukaan horizontal.

A_g = luas permukaan kaca yng terkena radiasi sinar matahari (m^2).

G_s = heat gain per m^2 dari permukaan kaca.

G_s = 350 W/m^2 . untuk permukaan kaca bening

G_s = 250 W/m^2 . untuk permukaan kaca bening dengan interior yang membayangi.

4.4. Heat gain from person

Tabel 3 – Body activity and heat emission

| Activity | Type of heat | Emission W |
|--------------------|---------------|---------------|
| Seat at rest | Sensible heat | 70 |
| | Latent heat | 50 |
| Medium /heavy work | Sensible heat | 85 |
| | Latent heat | 150 |

(Ref. no. 5)

4.5. Heat gain from lighting

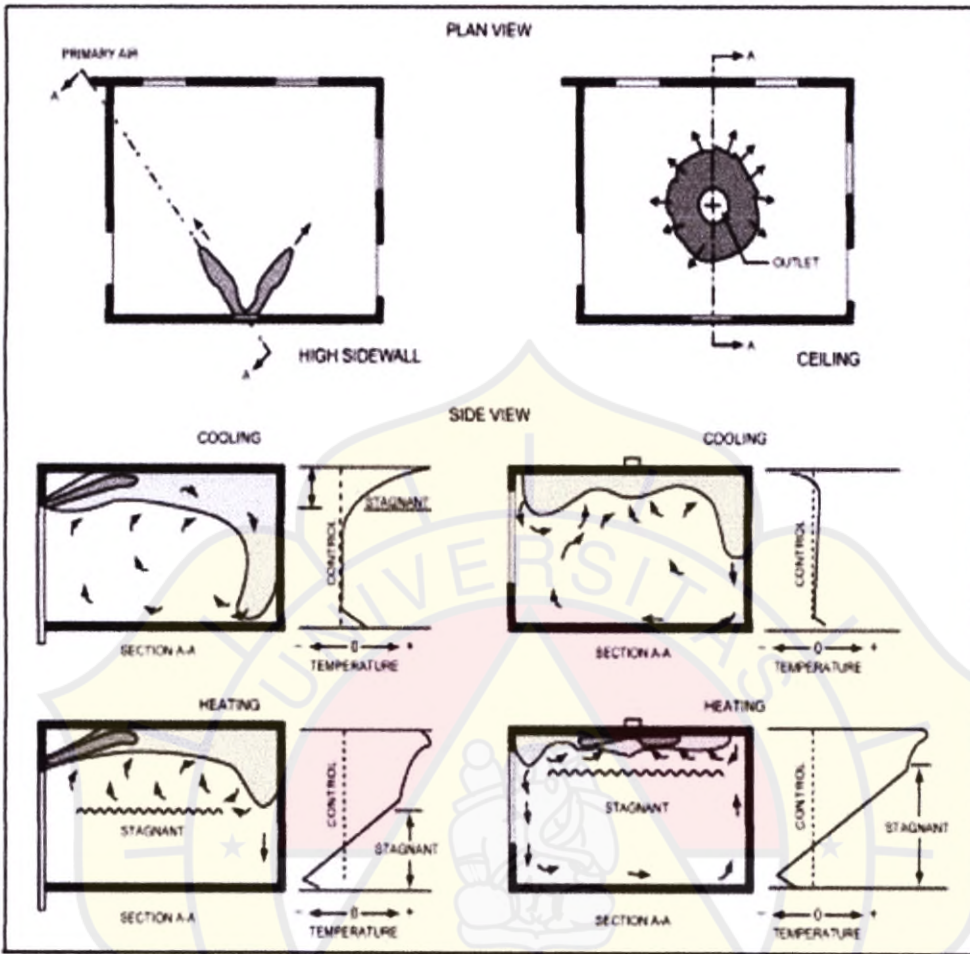
Table 4 — Heat gain from general lighting

| Space | Heat gain from general lighting W/m ² | |
|---------------------------|---|-------------|
| | Incandescent | Fluorescent |
| Cabins, etc. | 15 | 8 |
| Mess- or dining- rooms | 20 | 10 |
| Gymnasiums, etc. | 40 | 20 |

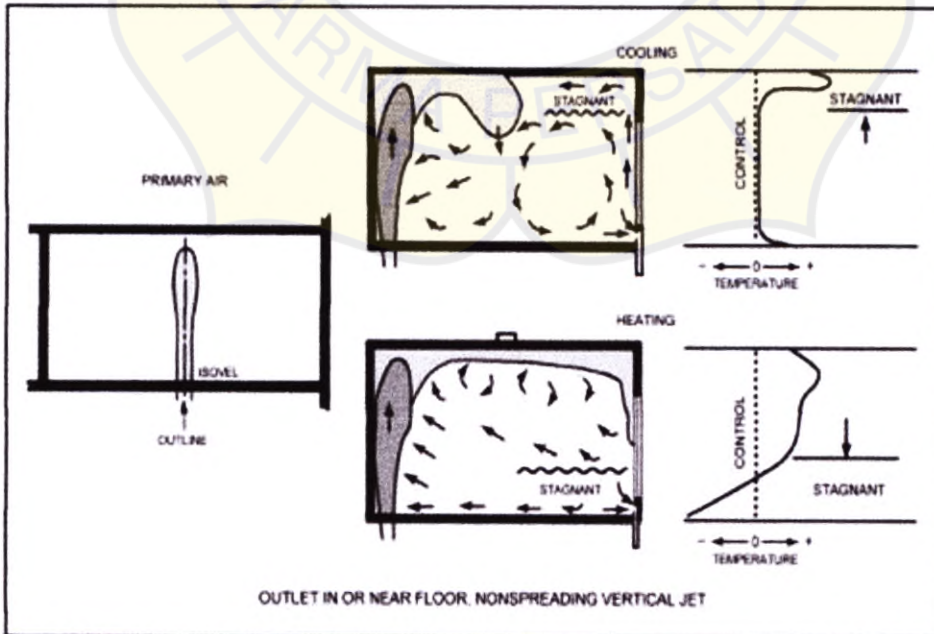
(Ref. no. 5)

II.5. Gerak Udara (*Air Motion*)

- Gerak udara pada permukaan tubuh menyapu udara yang jenuh uap air dari permukaan tubuh akibatnya lebih banyak uap air dapat menguap dari permukaan kulit (evaporasi meningkat).
- Jika tidak ada gerak udara maka lapisan udara pada permukaan tubuh akan segera mendekati kejenuhan (kelembaban relatifnya sangat tinggi) akibatnya evaporasi akan hampir terhenti.
- Gerak udara juga meningkatkan konveksi : udara panas di sekeliling berikut kalor yang dikandungnya disingkirkan.
- Gerak udara juga menyingkirkan kalor dari dinding, langit-langit dan permukaan-permukaan lainnya.



Gambar.3 Karakteristik gerakan udara grup A. (Ref. no. 1)

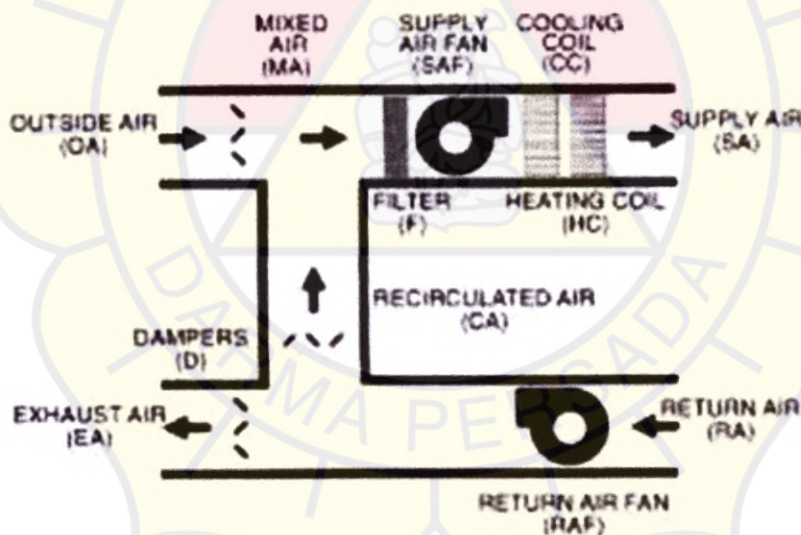


Gambar.4 Karakteristik gerakan udara grup B. (Ref. no. 1)

II.6. Siklus Udara

Di dalam ruangan kenyamanan dapat diatur seandainya :

- ruangan terisolasi sempurna
- singkirkan kalor dengan laju sama dengan laju pengeluaran kalor oleh tubuh. Tetapi hal tersebut tidak mudah dilakukan.
- Sumber-sumber kalor dan kelembaban dalam ruangan antara lain :
 - Penerangan (lampu)
 - Mesin dan alat-alat listrik
 - Masakan (kopi, teh, air mendidih)
 - Manusia
 - Dsb

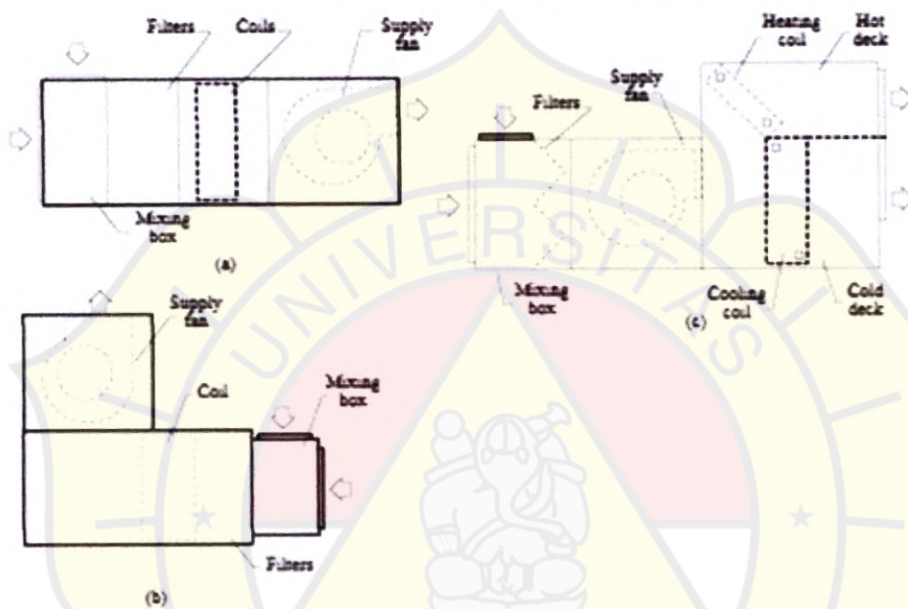


Gambar.5 Skematik air handling unit. (Ref. no. 1)

- Tidak ada ruang yang terisolasi sempurna
 - Panas matahari (kalor) masuk akibat radiasi
 - Temperatur luar mempengaruhi temperatur dinding (konduksi kalor lewat dinding)
 - Udara masuk akibat bocoran atau ventilasi (udara masuk membawa debu, dll)

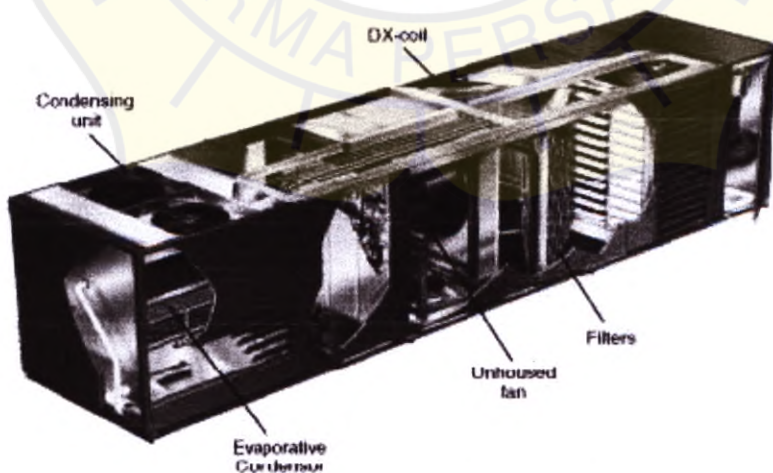
Faktor-faktor luar itulah yang mempengaruhi *temperatura, kelembaban relatif dan gerak udara*. Jika factor-factor tersebut dapat diatur dengan tepat maka akan menimbulkan kenyamanan dan sebaliknya.

- Beberapa komponen yang berperan dalam siklus udara antara lain :
 - *Fan* atau *blower* digunakan untuk mensirkulasikan udara pada temperature dan kelembaban yang diperhitungkan.



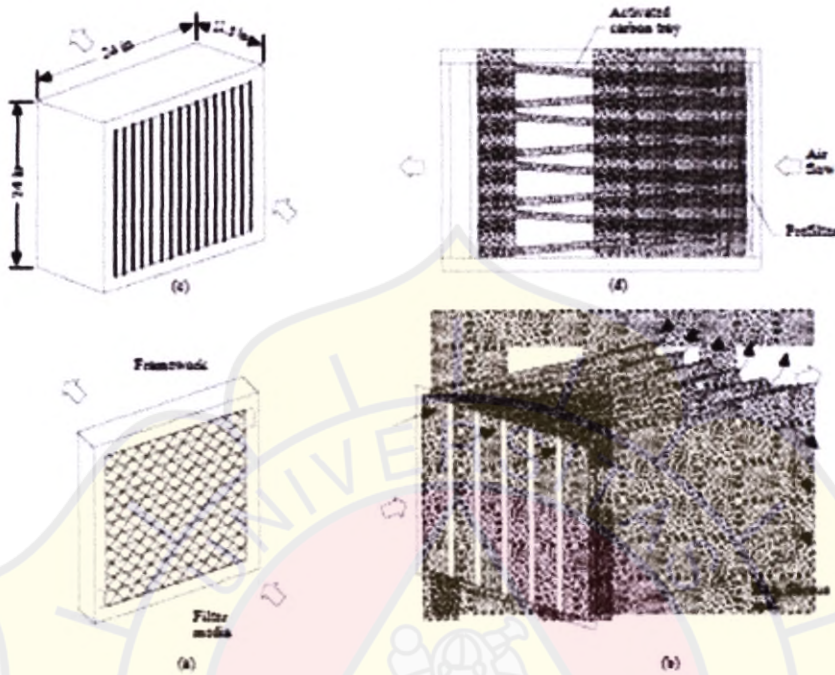
Gambar. 6 Tipe air handling unit (a) Horizontal (b) Vertikal (c) Multi zone

(Ref. no. 1)



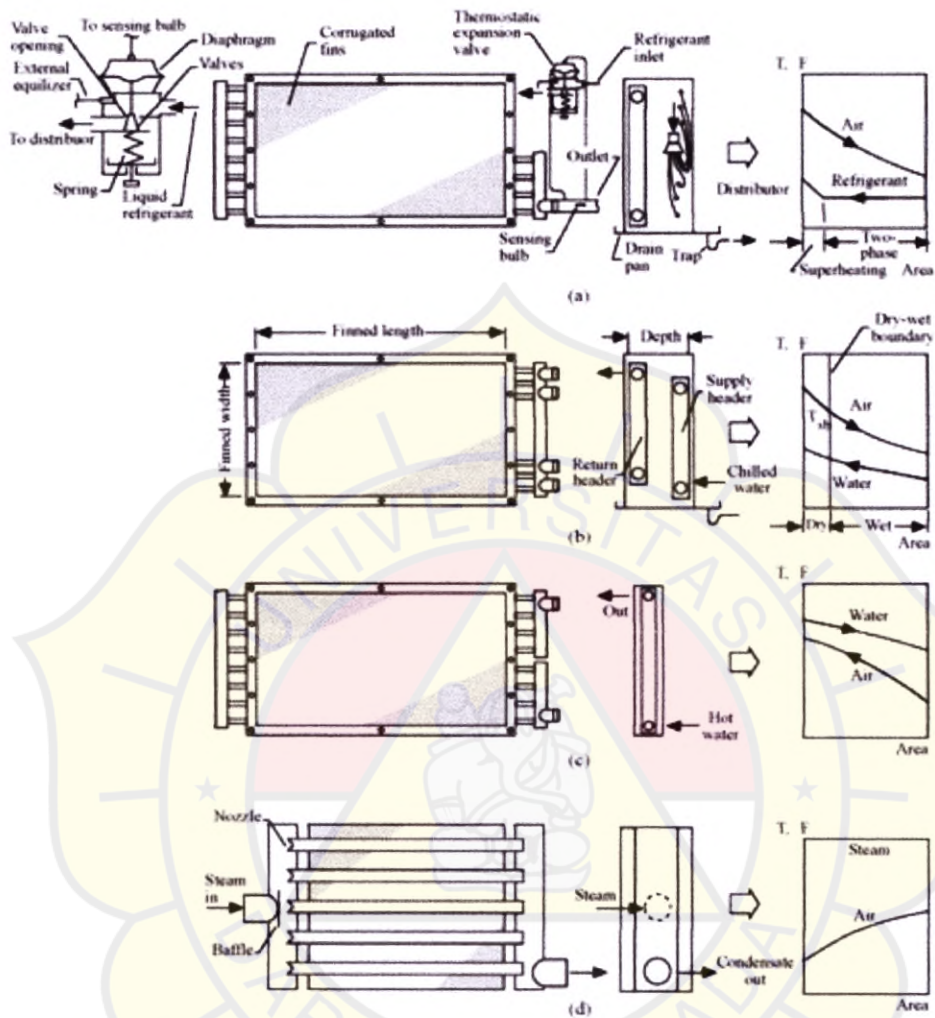
Gambar. 7 Air handling unit. (Ref. no. 1).

Lubang masuk dan lubang balik (*diffuser & grille*). Jumlah, tipe, ukuran, bentuk, dan lokasinya akan mempengaruhi gerak udara.



Gambar .8 Jenis-jenis filter udara (a) efisiensi rendah (b) efisiensi sedang (c) HEPA dan ULPA filter (d) aktif carbon filter. . (Ref. no. 1).

- Saringan udara (*filter*), filter ini berguna untuk menyaring atau menghilangkan debu dan kotoran yang ada di ruangan.
- *Cooling Coil* akan menyerap kalor dan mengkondensasikan sebagai uap air dalam udara tsb. Udara yang melewati cooling coil dan masuk ruangan lebih dingin dan lebih kering daripada udara ruangan tsb.



Gambar. 9 Tipe coil (a) Direct expansion coil (b) Water cooling coil (c) Water heating coil (d) Steam heating coil. . (Ref. no. 1).

- Sehingga sirkulasi udara :
 - a. Udara dingin, kering dan bersih masuk dan disirkulasikan dalam ruangan
 - b. Dalam ruangan udara menyerap kalor, uap air dan debu/kotoran.
 - c. Udara dari ruangan masuk dan dilewatkan sistem refrigerasi.
 - d. Sistem refrigerasi menyaring debu/kotoran, menyerap kalor dan mengkondensasikan uap air.