

3100099011127

**TUGAS AKHIR**  
**KONVERSI ENERGI**

**PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN**  
**DI HOTEL PLAZA TUNJUNGAN IV**  
**LANTAI 15**  
**SURABAYA**

RSM  
697.93  
Wie  
P-1  

---

1997



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	29-6-99
Torima Dasi	H
No. Agenda Kip.	8620

Oleh :  
**OKTAVIO WICAKSONO**  

---

**NRP : 2193030044**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**1997**

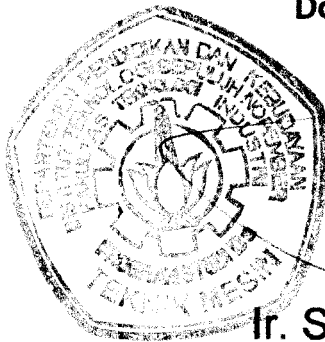
**PERHITUNGAN  
BEBAN PENDINGINAN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Menyelesaikan Studi  
Program Diploma - III  
P a d a  
Program Studi Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
S u r a b a y a**

**Mengetahui / menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**Ir. Suhariyanto, Msc**

**NIP. 131 843 905**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu kami panjatkan kehadiran Allah SWT, atas petunjuk dan hidayah Nya, sehingga dapat kami menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya. Tujuan penyusunan tugas akhir ini untuk memenuhi persyaratan dalam kelulusan pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam Penyusunan tugas akhir ini kami melakukan peninjauan dan pencarian data pada Badan Meteorologi Dan Geofisika yang berlokasi di Juanda dan P.T Pakuwon Jati yang berlokasi di jalan Basuki Rahmad Surabaya.

Dengan selesainya tugas akhir ini kami mengucapkan terima kasih atas bimbingan serta saran- sarannya kepada :

1. **Ir. Suhariyanto, MSc.** selaku dosen pembimbing tugas akhir yang benar-benar banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini
2. **Ir. Denny ME . Soedjono**, selaku dosen pembimbing tugas akhir pada kesempatan terdahulu
3. **Ir. Eddy Widiyono MSc**, selaku koordinator tugas akhir
4. **DR. Ir. Soeharto. DEA**, selaku ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin FTI- ITS.
5. **Bapak dan ibu** tercinta yang memberikan dorongan moril dan materiil sehingga terselesainya tugas akhir ini.
6. **Sari dan Kokok**
7. **Cargo dan Fatah** sebagai teman diskusi
8. Teman-teman angkatan 93 dan 94 **Ali, Amir, Arindra, Fauzi, Koko, Nur, Rován, Lukito, Sigit, Sulis, Iwan, Asung, Irwan, Hans, Tiok, Tejo**, dan semua teman yang banyak membantu dalam penyelesaian tugas ini

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, kami berharap semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Oktober 1997

Penyusun

## ABSTRAKSI

*Sistem pengkondisian udara sangat dibutuhkan pada bangunan gedung dalam rangka memberikan kenyamanan bagi penghuni untuk melakukan aktivitas yang optimal. Pada hotel kondisi yang nyaman sangat dibutuhkan untuk menarik minat tamu. Kondisi ini dapat dapat dicapai bila pemasangan alat pengkondisian udara sesuai dengan yang dipersyaratkan*

*Untuk memilih mesin pengkondisian udara yang sesuai maka sebelumnya dilakukan perhitungan beban pendinginan menurut kondisi ruang yang ada, lokasi, ketinggian, letak geografis, dan design day. Dari komponen- komponen yang ada maka akan didapatkan data yang digunakan untuk perhitungan beban pendinginan puncak, untuk mengetahui beban pendinginan yang harus diatasi oleh mesin pengkondisian udara dari salah satu produk yang sesuai*

*Dari hasil tersebut maka mesin pengkondisian udara yang dapat memberikan kenyamanan bagi para tamu hotel dan karyawan, dapat dipasang.*

# DAFTAR ISI

---

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAKSI	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Permasalahan	3
1.4. Batasan Masalah	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Proses Pengkondisian Udara	5
2.2. Perencanaan Harian dan Perencanaan Jam (Design Day and Design Hour)	6
2.3.1. Penentuan - penentuan Perencanaan Harian	7
2.3.2. Penentuan Perencanaan Tiap Jam	8
2.3. Klasifikasi Beban Pendinginan	8
2.3.1. Panas Laten	8
2.3.2. Panas Sensibel	9
2.4. Penentuan Cara Perhitungan Beban Pendinginan	10
2.5. Perhitungan Beban Pendinginan	11
2.5.1. Beban Pendinginan Melalui Kaca	11
2.5.2. Beban Pendinginan Karena Radiasi Matahari Melalui Dinding dan Pemanasan Udara Luar	19
2.5.3. Beban pendinginan Dari Manusia	22
2.5.4. Beban Pendinginan dari Lampu	24
2.5.5. Beban Pendinginan dari TV	25
2.5.6. Sub Total RSH, RLH dan RTH	26
2.5.7. Beban Pendinginan Out Door Air	27
2.5.8. Presentsi Penambahan Beban Pendinginan	29
2.5.9. Penurunan Beban Pendinginan Sensibel	

Akibat Temperatur Swing	31
<b>BAB III. DATA PERENCANAAN</b>	<b>33</b>
3.1 Data- data Umum	33
3.2 Data Ruangan	35
3.3 Konstruksi, Koefisien Transmisi dan Berat Persatuan Luas	35
3.4 Kondisi Perencanaan	38
3.5 Berat Bahan Persatuan Luas	41
<b>BAB IV PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN</b>	<b>43</b>
4.1 Beban Pendinginan Melalui Kaca	43
4.2 Beban Pendinginan Karena Radiasi Matahari Melalui Dinding dan Pemanasan Udara Luar	45
4.3 Beban pendinginan Dari Manusia	49
4.4 Beban Pendinginan dari Lampu	49
4.5 Beban Pendinginan dari TV	50
4.6 Beban Pendinginan Out Door Air	50
4.7 Penurunan Beban Pendinginan Sensibel Akibat Temperatur Swing	51
4.8 RTH, OATH dan GTH	51
<b>BAB V ANALISA PSIKROMETRIK</b>	<b>53</b>
5.1 Analisa Psikrometrik	53
<b>BAB VI KESIMPULAN</b>	<b>58</b>

# LAMPIRAN

---

## 1. LAMPIRAN I ( PERHITUNGAN )

Tabel Azimut dan Altitude	1
Tabel data ruangan I	2
Tabel Pshg (BTU/hr . ft <sup>2</sup> )	3
Tabel Pshg (kcal/jam . m <sup>2</sup> )	3
Tabel J <sub>β</sub> (kcal/jam . m <sup>2</sup> )	4
Tabel Toa dan Woa	4
Tabel bayangan untuk kaca Barat	5
Tabel bayangan untuk kaca Timur	5
Tabel bayangan untuk kaca Selatan	5
Tabel luas kacayang terkena sinar langsung/ kaca dan totalnya ( ft <sup>2</sup> )	6
Tabel luas kaca yang terbayang ( ft <sup>2</sup> )	6
Tabel Storage Load Factor	7
Tabel Kalor yang masuk dinding tiap jam (kcal/m <sup>2</sup> jam)	7
Tabel T <sub>e</sub> matahari ( °C)	8
Tabel ETD udara dan ETD matahari ( °C)	9
Tabel jumlah total ETD	9
Tabel data ruangan II	10
Tabel Q <sub>dinding</sub> (Btu/hr)	11
Tabel Q <sub>kaca</sub> (Btu/hr)	12
Tabel hasil perhitungan beban pendinginan (Btu/hr)	13

## 2. LAMPIRAN II

Tabel A.1. Solar Constan Correction Factors	1
Tabel A.2. Conversion Table for Wall Coeffisient U for Various Wind Velocities	1
Tabel A.3. Thermal Resistances R-Building and Insulating Materials	2
Tabel Data Cuaca	5
Tabel A.4. Correction in Outdoor Design	

	Temperature for time of day	6
Tabel A.5.	Recommended Inside Design Conditions summer and winters	6
Tabel A.6.	Over- All Factors For Solar Heat Gain Thru Glass	7
Tabel A.7.	Storage Load Factors Solar Heat Gain Thru Glass	8
Tabel A.8.	Transmission Coeffisien U- Windows Skylight, Doors & Glass Block Walls	9
Tabel A.9.	Tahanan Kalor dan Kapasitas Kalor dari Bahan Bangunan	10
Tabel A.10.	Faktor Absorpsi Radiasi Matahari E dari dinding	11
Tabel A.11.	Typical Diversity Factors for Large Building	11
Tabel A.12.	Heat Gain for People	12
Tabel A.13.	Infiltration Thru Windows & Doors - Crack Method-Summer-Winter	13
Tabel A.14.	Ventilation Standard	14
Tabel A.15.	Storage Factors, Space Temperature Swing	15
Tabel A.16.	Typical Bypass Factors	16
Tabel A.17.	Apparatus Dew Point	17
Tabel	Specification UAT Series	19
Gambar A.1.	Beberapa contoh observasi terhadap permeabilitas atmosfer	20
Gambar A.2.	Diagram perhitungan & persamaan $J_n, J_h$ & $J_v$	20
Gambar A.3.	Radiasi matahari terpencar (menurut rumus Berlage)	20
Gambar A.4.	Shading From Reveals, Overhangs, Fins and Adjacent Building	21
Gambar A.4.	Cara menetapkan ETD Udara selama satu hari dengan menggunakan K dan T	22



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Pesawat pengkondisian udara adalah suatu alat hasil rekayasa manusia yang digunakan untuk mengkondisikan udara dalam suatu ruangan, sehingga tercipta kondisi ruangan sesuai dengan yang diinginkan.

Sejalan dengan kemajuan era industri dewasa ini, pesawat pengkondisian udara banyak digunakan secara luas dengan berbagai macam tujuan dan penggunaannya. Demikian pula dengan bentuk yang praktis dan ekonomis, sehingga mempunyai tingkat efisiensi yang semakin tinggi.

Secara garis besar penggunaan pesawat pengkondisian udara dapat dibagi dua golongan yaitu :

#### 1. Pengkondisian udara untuk kenyamanan.

Dimana tujuan utama dari alat ini adalah untuk mengkondisikan udara dalam suatu ruangan, sehingga tercapai kondisi yang dapat memberikan kenyamanan bagi manusia yang berada dalam ruangan tersebut.

Misalnya : perkantoran, hotel, rumah tinggal, perbankan, rumah sakit, dan lain sebagainya.

## 2. Pengkondisian udara untuk industri.

Dimana pengkondisian udara disini mempunyai tujuan terciptanya kondisi ruangan yang dapat menunjang kelancaran proses industri dari suatu industri.

Misalnya : industri tekstil, farmasi, fotografi, dan lain sebagainya.

Pengkondisian udara untuk tujuan kenyamanan adalah problem yang cukup menarik untuk dipelajari sejalan dengan semakin banyaknya kebutuhan manusia akan kondisi ini baik untuk tujuan komersial maupun untuk tujuan pribadi.

Definisi pengkondisian udara untuk kenyamanan adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak untuk mencapai kondisi kenyamanan yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya. Kenyamanan dalam suatu ruangan dapat memberikan kondisi kerja yang lebih efektif. Apabila daerah yang dikondisikan ini lebih dari satu ruangan/sejumlah ruangan, maka kurang ekonomis bila setiap ruangan menggunakan alat pengkondisian udara sendiri-sendiri dengan kapasitas yang kecil. Untuk mengatasi hal ini dapat digunakan sistem pengkondisian udara sentral, yang mana pada sistem ini udara yang telah dikondisikan didalam pesawat didistribusikan ke dalam ruangan melalui piping sistem atau duct sistem.

### 1.2. TUJUAN

Tugas Akhir ini ditujukan untuk memenuhi kurikulum yang ada di Program Diploma III Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dan juga diharapkan akan memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang perhitungan beban pendinginan

### **1.3. PERMASALAHAN**

Permasalahan yang diangkat dalam Tugas akhir ini adalah perhitungan beban pendinginan yang harus diatasi mesin pengkondisian udara..

### **1.4. BATASAN MASALAH**

Dalam perencanaan pengkondisian udara di Hotel Tunjungan Plaza IV, Surabaya, permasalahan kami batasi sebagai berikut :

- a. Dalam melakukan perhitungan beban pendinginan dan pemilihan mesin pengkondisian udara banyak menggunakan tabel dan grafik, ini kadang-kadang kita jumpai harga-harga yang tidak sama persis dengan tabel oleh karena itu dilakukan interpolasi sehingga diperoleh harga pendekatan.
- b. Pemilihan mesin pengkondisian udara didasarkan pada beban pendinginan dan besar laju aliran udara, sehingga tidak memperhitungkan komponen-komponen yang ada dalam mesin tersebut.
- c. Kondisi udara luar yang bervariasi akan mempengaruhi kerja dari mesin pengkondisian udara, untuk itu diperlukan sistem pengontrol yang dapat memberikan kondisi udara dalam ruangan setiap saat yang secara otomatis mengontrol kerja mesin, sehingga kondisi udara dalam ruangan akan selalu terjaga pada kondisi perencanaan. Sistem tersebut tidak dibahas dalam perencanaan ini.

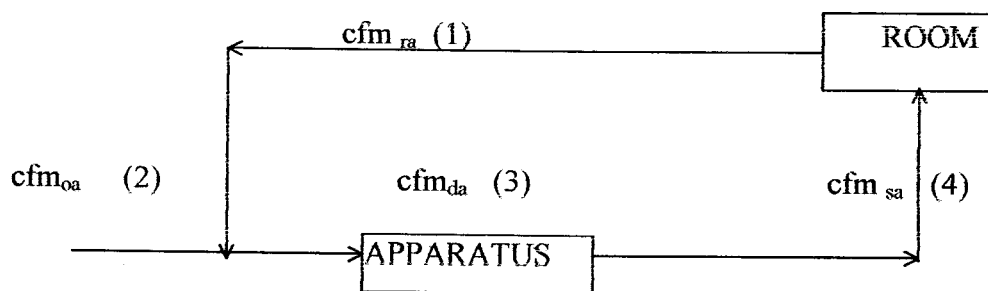
- d. Kondisi perencanaan udara luar didapat dari Badan Meterologi Juanda yang merupakan harga rata-rata dari hasil pengamatan pada bulan-bulan terpanas selama satu tahun.
- e. Kondisi perencanaan udara dalam ruangan diambil dari tabel yang merupakan kondisi ruangan yang dapat memberikan kenyamanan bagi penghuninya, berdasarkan hasil penelitian.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. PROSES PENGKONDISIAN UDARA

Proses pengkondisian udara yang sering digunakan seperti dibawah ini



Gambar 2.1 . Proses pengkondisian udara

Pada proses ini udara luar (2) sebagai  $cfm_{oa}$  dicampur dengan udara sirkulasi sebagai  $cfm_{ra}$  dari ruangan (1) dan memasuki apparatus (3) sebagai  $cfm_{da}$  yaitu jumlah dari  $cfm_{oa}$  dan  $cfm_{ra}$ . Udara mengalir dari kondisi apparatus (3-4) dan disuplai ke ruangan (4) sebagai  $cfm_{sa}$ , dalam hal ini  $cfm_{sa}$  sama dengan  $cfm_{da}$ . Udara disuplai bergerak sepanjang garis (4-1), saat memindahkan beban dan siklus diulangi ( Carrier 1-125 ). Biasanya sebagian besar udara yang disuplai ke dalam ruangan dikembalikan ke apparatus, disini dicampur dengan udara luar yang diperlukan untuk ventilasi, campuran ini kemudian melewati

apparatus dimana panas dan moisture ditambah atau dipindahkan, sesuai dengan yang diperlukan untuk mencapai kondisi yang diinginkan.

## **2.2. PERENCANAAN HARIAN DAN PERENCANAAN JAM ( DESIGN DAY DAN DESIGN HOUR )**

Beban panas (Heat gain) yang masuk kedalam ruangan, secara umum dibedakan menjadi beban panas dalam ruangan dan beban panas dari luar ruangan. Beban panas dari dalam ruangan dapat dikatakan besarnya sama setiap hari atau bervariasi setiap jam, sedangkan beban panas dari luar besarnya bervariasi terhadap posisi matahari, hal ini disebabkan gerakan rotasi bumi dan revolusi bumi terhadap matahari yang berada setiap bulannya, dimana setengah tahun matahari berada pada lintang selatan dan setengah tahun berikutnya berada pada lintang utara.

Untuk menentukan beban panas maksimum yang masuk ke bangunan, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan perencanaan hari dan perencanaan jam.. Perencanaan hari dan perencanaan jam adalah suatu keadaan dimana beban panas yang masuk ke dalam bangunan adalah maksimum. Penentuan perencanaan hari dan perencanaan jam dalam suatu perencanaan pengkondisian udara adalah suatu hal yang sangat penting karena pada posisi tersebut perhitungan beban pendinginan dapat dipergunakan untuk menentukan kapasitas mesin pengkondisian udara.

Suatu pengamatan yang akurat mengenai komponen-komponen beban dari ruang yang akan dikondisikan adalah persyaratan dasar yang harus dipenuhi untuk

mendapatkan estimasi yang tepat dari perhitungan beban pendinginan penggambaran secara mekanikal dan arsitektural, sket medan yang lengkap adalah aspek penting dari sebagian pengamatan yang sempurna. Berikut prosedur umum yang harus diperhatikan :

1. Orientasi bangunan

Lokasi bangunan yang akan dikondisikan berdasarkan :

- a. Arah mata angin
- b. Bangunan lain sekitarnya
- c. Permukaan yang memantulkan sinar matahari.
- d. Luasan kaca yang menyebabkan sinar matahari masuk kedalam ruangan.

2. Fungsi dari ruangan

3. Dimensi fisik ruangan

4. Konstruksi material

5. Kondisi sekitar

6. Jendela dan pintu

7. Penghuni (occupant)

8. Lampu dan peralatan penghasil kalor.

9. Ventilasi

10. Kondisi perencanaan

11. Perencanaan harian dan perencanaan jam (design day dan design hour)

**2.2.1. Penentuan-Penentuan Perencanaan Harian**

Secara umum perencanaan harian dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Hari dimana temperatur bola kering dan bola basah sesaat pada kondisi maksimum, atau radiasi matahari yang masuk ruangan melalui kaca pada kondisi maksimum, walaupun pada kondisi ini temperatur bola kering dan bola basah tidak pada keadaan maksimum.
2. Hari dimana tidak ada kabut yang mengurangi panas matahari.
3. Keadaan dimana internal load pada kondisi normal.

### **2.2.2. Penentuan Perencanaan Tiap Jam**

Pada prinsipnya yang dimaksud dengan perencanaan tiap jam adalah suatu kondisi dimana terjadi beban puncak dari semua beban yang mempengaruhi, beban tersebut terjadi pada jam tertentu pada perencanaan hari, pada jam tersebutlah yang dimaksud dengan perencanaan tiap jam.

## **2.3. KLASIFIKASI BEBAN PENDINGIN**

### **2.3.1. Panas Laten**

Adalah panas yang terjadi karena perubahan fase  $H_2O$  dalam udara yang disebabkan panas yang keluar dari molekul - molekul udara. Panas ini terdiri dari :

- Panas laten dari udara luar yang berasal dari infiltrasi dan ventilasi
- Panas laten dari makanan produk dapur
- Panas laten dari manusia



### 2.3.2. Panas Sensibel

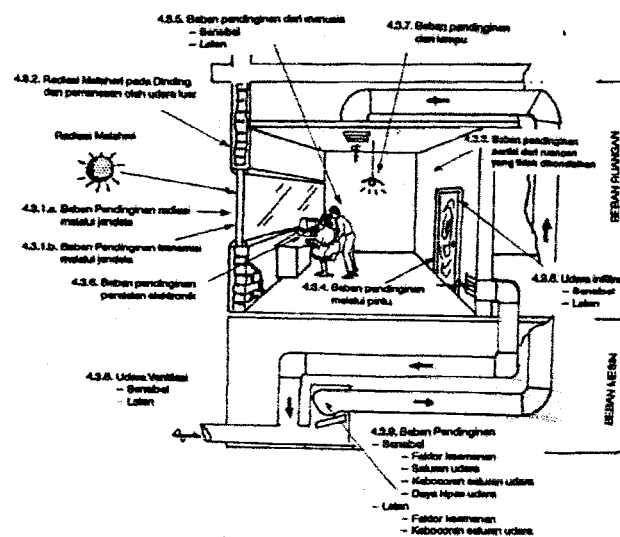
Adalah panas yang terjadi didalam ruang atau yang masuk kedalam ruang dan menyebabkan kenaikan temperatur dalam ruang , yang termasuk panas sensibel antara lain :

-Panas yang diteruskan melalui struktur bangunan secara konduksi , konveksi dan radiasi

-Panas yang timbul dari dari radiasi matahari melalui jendela atau komponen - komponen transparan

-Panas sensibel yang dibawa oleh udara ventilasi dan infiltrasi .

-Panas sensibel yang berasal dari lampu, motor dan sejenis



Gambar 2.2. Komponen utama beban pendinginan

#### 2.4. PENENTUAN CARA PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN

Perhitungan beban pendinginan pada dasarnya bertujuan untuk menetapkan besarnya kapasitas equipment yang akan diinstalasi. Ada dua cara perhitungan beban pendinginan:

- a. Beban pendinginan puncak , yang digunakan untuk mengetahui besarnya instalasi
- b. Beban pendinginan sesaat , yang digunakan untuk mengetahui biaya operasi jangka pendek dan jangka panjang. Untuk hal tersebut diperlukan perhitungan yang panjang dan kompleks . Dalam hal ini tidak dibahas

Beban pendinginan puncak biasanya adalah banyaknya heat gain ( perolehan kalor ) yang telah dikoreksi, hal ini dapat diterangkan sebagai berikut

(i) Perhitungan heat gain standar adalah perhitungan yang dilaksanakan dengan anggapan bahwa udara ruangan yang dipertahankan konstan selama 24 jam. Sedang panas yang tersimpan pada gedung dikeluarkan ke udara luar pada malam hari saat temperatur udara luar lebih rendah.

(ii) Radiasi panas matahari yang masuk ke dalam ruangan melalui jendela akan memanasi lantai dan benda lain di ruangan , kemudian akan terjadi perpindahan panas konveksi dari benda tersebut ke udara .

Kedua pernyataan itu dinamai perhitungan beban panas tersimpan, dimana (ii) tidak terlalu penting . Oleh sebab itu (i) harus lebih diperhatikan (Arismunandar,1991,hal 29)

## 2.5. PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN

### 2.5.1 Beban Pendingin Melalui Kaca

Beban pendinginan melalalui kaca dibagi menjadi dua yaitu :  
karena transmisi radiasi matahari melalui kaca jendela baik secara langsung maupun tidak langsung (terpencar di langit) dan karena adanya perbedaan temperatur udara luar dan didalam ruangan.

2.5.1.1. *Beban Pendingin Oleh Transmisi radiasi matahari yang langsung masuk ruangan menembus kaca* dihitung dengan persamaan ( carrier,1985,hal I-34)

$$Q_r = 1,17 \times P_{shg} \times A_1 \times F_{og} \times SF \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

$Q_r$  = Beban Pendinginan Karena radiasi matahari ( Btu/hr )

1,17 = Faktor koreksi untuk bingkai kaca logam

( Carrier , 1985, hal I- 42 )

PSHG = Peak Solar heat gain (BTU/hr)

$A_1$  = Luas kaca yang terkena sinar langsung (  $ft^2$  )

Fog = 0,6 Faktor Overall kaca , diperoleh dari tabel A.6 ( LampirII.7)

SF = Storage load Faktor

Jumlah Radiasi matahari total (PSHG) diperoleh dari menjumlahkan antara radiasi matahari langsung (direct) dengan radiasi matahari tak langsung (diffuse).

Sesuai dengan kedudukan permukaan bidang terhadap arah datangnya radiasi , maka radiasi langsung adalah :

( Arismunandar ,1991,hal 37 )

$$J_n = 1164 P^{\text{Cosec } h}$$

$$J_h = 1164 P^{\text{Cosec } h} \sin h$$

$$J_v = 1164 P^{\text{Cosec } h} \cos h$$

$$J_\beta = 1164 P^{\text{Cosec } h} \cos h \cos \beta$$

Dimana :

$J_n$  = Radiasi matahari langsung pada bidang tegak lurus arah datangnya radiasi ( Kcal/m<sup>2</sup> .jam )

$J_h$  = Radiasi matahari langsung pada bidang horisontal(Kcal/m<sup>2</sup> .jam )

$J_v$  = Radiasi matahari langsung pada bidang vertikal ( Kcal/m<sup>2</sup> .jam )

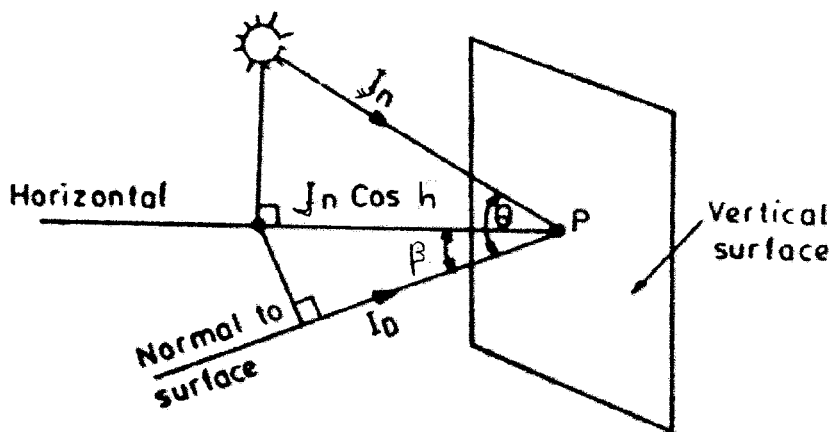
$J_\beta$  = Radiasi matahari langsung pada bidang vertikal ,tetapi pada posisi membuat Sudut samping  $\beta$  dari arah datangnya radiasi(Kcal/m<sup>2</sup> jam )

1164 = Konstanta panas matahari ( radiasi panas matahari rata - rata tahunan diantariksa ( Kcal/m<sup>2</sup> .jam )

P = Permeabilitas ( lihat gambar A.1 Lampiran II - 20 )

h = Ketinggian matahari ( dalam derajat ketinggian )

Permeabilitas atmosferik adalah faktor reduksi yang memperhitungkan penyerapan panas matahari oleh lapisan udara atmosfer diatas permukaan bumi. Harga P tergantung pada ketinggian matahari ( altitude) dan kandungan uap air diudara ( Tabel 3.7 BAB III )



Gambar 2.3. Radiasi Langsung Pada Permukaan Vertikal

Selanjutnya , ketinggian matahari  $h$  dan Azimuth  $A$  dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

( Arismunandar ,1991, hal 39 )

$$\sin h = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cos 15r \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\cos A = \frac{\sin h \sin \psi - \sin \delta}{\cos h \cos \psi} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

A = Azimuth matahari

h = Ketinggian matahari

$\psi$  = Kedudukan lintang ( didapat harga  $\psi = -7,21$  dimana lintang utara adalah positif dan lintang selatan adalah negatif )

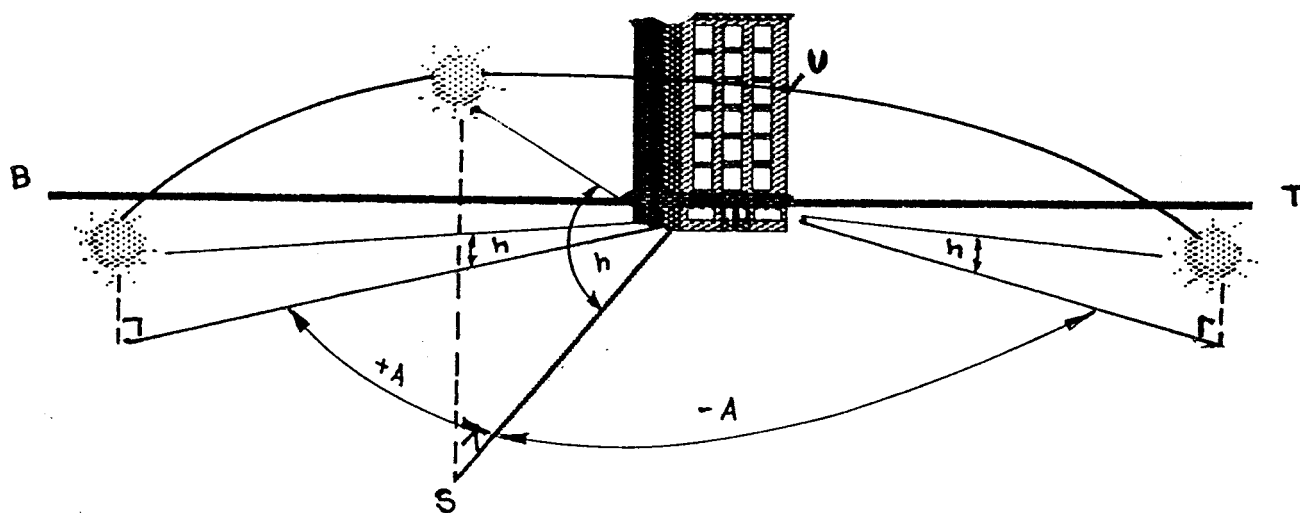
$\delta$  = Deklinasi matahari

didapat deklinasi matahari pada tanggal 22 Oktober =  $-10,8$

$\tau$  = Saat penyinaran matahari

(dalam hal ini pukul 12.00 siang adalah 0, siang hari PM,

adalah positif , pagi hari AM negatif )



Gambar 2.4. Sudut Altitude (h) Azimut(A) Pada Bangunan Bulan Perencanaan Oktober

Besarnya radiasi terpencar (diffusi) apabila cuaca tidak banyak mengalami perubahan. . Boleh dikatakan tidak berubah dan tidak pula tergantung pada Azimut akan tetapi bergantung pada Altitude. Dari gambar A.3 (lampiran II ) dengan perpotongan antara garis altitude dengan permebelitas 0,6 didapatkan radiasi terpencar. Harga radiasi terpencar (diffusi) untuk dinding vertikal dibagi dengan 2 ( Arismunandar, 1991, hal 39 ).

Jumlah dari kedua jenis radiasi tersebut dinamai “Radiasi Matahari Total” .Untuk arah utara ( bagian gedung yang terbayang) jumlah radiasi matahari total sama dengan jumlah radiasi matahari terpencar.

#### 2.5.1.1.1. Bayangan dari Reveal

Reveal terjadi karena letak jendela yang menjorok kedalam dari dinding padagedung ini panjang reveal 2 inchi

Bayangan reveal menjadi berarti bila dapat membayangi kaca pada saat terjadinya beban puncak sinar matahari .

Panjang bayangan vertikal yang mengenai kaca dapat dicari dengan persamaan :

(Carrier ,1965,hal 1-57 )

$$x = ( SFT \times LO ) \times 0,0833 \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$x$  = Panjang bayangan vertikal (ft)

SFT = Shading from Top (in/in) Gambar A.4 Lampiran II-21

LO = Panjang reveal (in)

0,083 = Faktor konversi satuan ft ke in

Dari gambar A.4 didapat harga - harga Shading From Side (SFS) dan shading From Top (SFT) .Panajang bayangan horisontal yang mengenai kaca dapat dicari dengan persamaan :

(Carrier ,1965,hal 1-57 )

$$y = ( SFS \times LO ) \times 0,0833 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

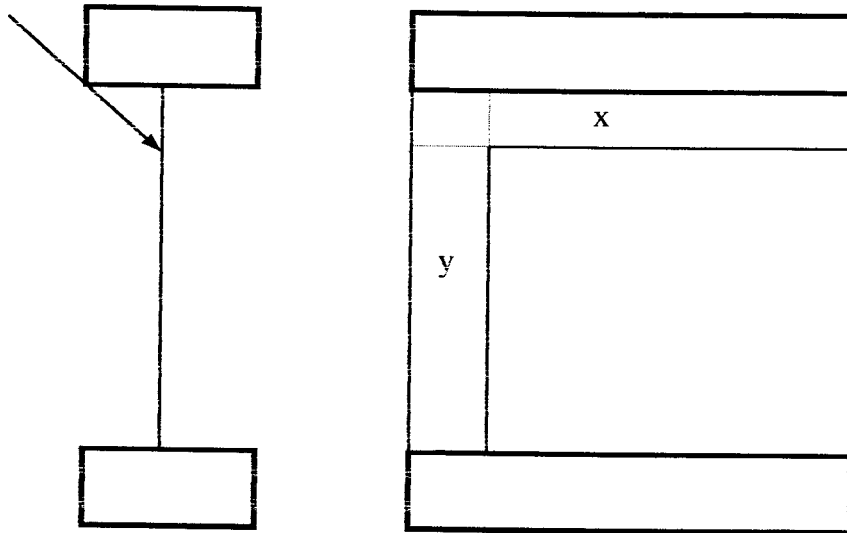
$y$  = Panjang bayangan horisotal (ft)

SFS = Shading from Side (in/in) Gambar A.4 Lampiran II-21

LO = Panjang reveal (in)

0,083 = Faktor konversi satuan ft ke in





Gambar 2.5. Kaca Terbayang

Dari gambar diatas , maka tinggi bayangan karena adanya *reveal* x dan yS dapat dihitung

Luas kaca yang langsung terkena sinar matahari ( A1 ) adalah :

$$A1 = At - As \text{ (ft}^2\text{) } \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$At$  = Luas total kaca (  $\text{ft}^2$  )

$As$  = Luas kaca yang terkena bayangan (  $\text{ft}^2$  ).

Dengan interpolasi pada tabel A.7 yang mana temperatur ruangan dipertahankan konstan selama periode operasi ( 24 jam ) , maka storage load faktor (SF) dapat diperoleh.

Sehingga dengan memasukkan harga - harga radiasi Total matahari , luas kaca, overall faktor dan storage faktor pada persamaan (2.1) akan didapatkan beban pendinginan karena transmisi radiasi matahari.

#### 2.5.1.2 *Beban Pendinginan traansmisi lewat kaca karena perbedaan temperatur udara luar dan udara ruangan .*

Transmisi melalui kaca kerena perbedaan temperatur udara lur dan temperatur udara ruangan dihitung dengan persamaan  
(Carrier , 1965, hal 1-76 )

$$Q_u = U_k \times A_t \times (t_{oa} - t_{rm})$$

Dimana :

$Q_u$  = Beban pendinginan transmisi melalui kaca ( BTU/hr)

$U_k$  = Koefisien transmisi dari kaca = BTU/hr . ft<sup>2</sup>  
diperoleh dari tabel A.8 ( Lampiran II - 9 )

$A_t$  = Luas kaca (ft<sup>2</sup>)

$(t_{oa} - t_{rm})$  = Selisih temperatur udara luar dengan temperatur udara ruangan ( °F ) dari tabel 2.1

Dari data - data diatas maka besarnya beban pendinginan radiasi matahari melalui kaca  $Q_r$  dan  $Q_d$  dapat dihitung . Tabel 2.2 adalah hasil perhitungan  $Q_r$  dan  $Q_u$  dan jumlah dari kedua beban pendinginan tersebut  $Q_t$  untuk tiap ruangan

### 2.5.2. Beban Pendinginan Karena Radiasi Matahari Melalui Dinding dan Pemanas Udara Luar

$$Q_d = U_d \cdot A_d \cdot \Delta t_e \dots\dots\dots(2.7)$$

( Carrier , 1965, hal I - 62 )

Dimana :

$Q_d$  = Beban Pendinginan karena radiasi matahari ( BTU/hr)

$U_d$  = Koefisien Transmisi Dinding ( BTU/hr . ft<sup>2</sup> . °F )

$A_d$  = Luas dinding ( ft<sup>2</sup> )

$\Delta t_e$  = Equivalent temperatur different , yang mana perbedaan temperatur (°F) menghasilkan total panas yang menembus dinding disebabkan berubahnya radiasi sinar matahari dan temperatur udara luar.

#### 2.5.2.1. Perhitungan $\Delta t_e$

Dalam perhitungan perbedaan temperatur ekivalen ada dua macam yaitu perbedaan temperatur ekivalen untuk radiasi matahari ETD mat dan perbedaan temperatur ekivalen untuk udara ETD udr . Kedua perbedaan temperatur ekivalen tersebut penggunaannya tergantung dari jenis lokasi dinding.

##### a. ETD matahari

Besarnya ETD mat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$ETD \text{ mat} = \frac{\text{Perpindahan kalor}}{\text{Koefisien transmisi}}$$

( Arismunandar ,1991 , hal 57 )

Untuk memperoleh perpindahan kalor melalui dinding dihitung dengan tiga tahap perhitungan :

(I) Menentukan Jumlah kalor yang masuk ke ruangan apabila temperatur udara luar naik  $1^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan persamaan :

$$\phi_1 = K + a_1 e^{-\alpha_1 t} + a_2 e^{-\alpha_2 t} \dots\dots\dots(2.8)$$

( Arismunandar ,1991 , hal 58 )

$\phi_1$  = Kalor yang masuk melalui dinding karena kenaikan temperatur  $1^{\circ}$  ( Kcal/m<sup>2</sup> jam <sup>0</sup>C )

K = Koefisie transmisi dari dinding ( Kcal/m<sup>2</sup> jam <sup>0</sup>C )

$$a_1 = \frac{\alpha_2}{(\alpha_1 - \alpha_2)} K \qquad a_2 = \frac{\alpha_1}{(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$\alpha_1 = \frac{\frac{R_{si}+R_{so}}{2} + \frac{R}{6} + \frac{R_{si} R_{so}}{R}}{CR \cdot \left\{ K \left( \frac{R_{si}+R_{so}}{2} + \frac{R}{6} + \frac{R_{si} R_{so}}{R} \right)^2 - \left( \frac{R_{si}+R_{so}}{24} + \frac{R}{120} + \frac{R_{si} R_{so}}{6R} \right) \right\}}$$

$$\alpha_2 = \frac{\frac{R_{si} + R_{so}}{2} + \frac{R}{6} + \frac{R_{si} R_{so}}{R}}{CR \left( \frac{R_{si} + R_{so}}{24} + \frac{R}{120} + \frac{R_{si} R_{so}}{6R} \right)}$$

Dimana :

$R_{si}, R_{so}$  = berturut - turut adalah tahanan perpindahan kalor permukaan

dalam dan permukaan luar dinding ( m<sup>2</sup> jam <sup>0</sup>C/kcal )

- R = Tahanan perpindahan panas
- C = Kapasitas kalor dinding per  $m^2$  ( Arismunandar 1991 , hal 50 )

(ii) Pernyataan radiasi matahari kedalam temperatur . Jumlah radiasi matahari yang memanasi dinding dinyatakan dengan ekivalalen dari radiasi  $T_{e\ mat}$

( Arismunandar , 1991 , hal 58 )

$$T_{e\ mat} = \varepsilon R_{so} \cdot J \dots\dots\dots( 2.9)$$

Dimana :

J = Jumlah radiasi matahari ( Kcal / $m^2$  jam )

$R_{so}$  = Tahanan perpindahan kalor dari permukaan luar dinding (  $m^2$  jam  $^{\circ}C/kcal$  )

$\varepsilon$  = Faktor absorpsi radiasi matahari dari permukaan luar dinding  
(tabel A .10 , Lampiran II - 11 )

(iii) Menyatakan ekivalen radiasi secara bertingkat selama satu jam , 30 menit sebelum dan sesudah setiap waktu yang bersangkutan.

Sehingga perolehan kalor  $\phi_1$  tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4. yaitu untuk tiap interval waktu pada persamaan ( 2.8 ) Dengan memasukkan pada tabel 2.4 maka kalor yang masuk pada dinding dapat dihitung.

b. ETD udara

Perbandingan temperatur ekivalen ( ETD<sub>udr</sub> ) dari temperatur udara pada dinding dapat dihitung dengan persamaan :

( Arismunandar , 1961 , hal 68 )

$$ETD_{udr} = t_{o\ ranc} - \frac{\Delta t}{2} - t_{r\ ranc} + k \frac{\Delta t}{2} \cos 15 (\tau - \gamma - \tau) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- t<sub>o ranc</sub> = Temperatur udara luar
- t<sub>r ranc</sub> = Temperatur udara ruangan
- Δt = Daily range
- K = Faktor amplitudo ( Gbr A.5 )
- τ = Waktu kelambatan ( Gbr A.5 )
- τ = Lama waktu matahari bersinar dinyatakan dalam Jam  
( saat kulminasi = 0 , AM dinyatakan dengan tanda negatif dan PM dinyatakan dengan tanda positif )
- 15 = Kecepatan Sudut
- γ = Selisih waktu antara saat terjadinya kulminasi dan saat dimana terjadi temperatur maksimum

Dengan memasukkan harga - harga tersebut diatas pada persamaan ( 2.10 ) hasilnya ditabelkan pada tabel 2.5 dengan menjumlahkan antara ETD<sub>mat</sub> dengan ETD<sub>udr</sub> diperoleh harga ETD total.

### 2.5.3. Beban Pendinginan dari Manusia

Tubuh manusia mengeluarkan panas sensibel dan panas laten yang besarnya tergantung dari tingkat aktifitas dan temperatur ruangan. Panas dari tubuh manusia disebabkan karena : ( Carrier 1-99 )

- 1 Radiasi dari tubuh ke lingkungan
- 2 Konveksi dari tubuh dan sistem pemanfaatan ke udara sekeliling
3. Penguapan air dari tubuh dan dari dalam sistem pernafasan udara sekeliling

Besarnya beban pendinginan karena manusia ditentukan dengan persamaan :

$$Q_o = HG \times n \times SF \times DF \dots \dots \dots (2.11)$$

( Carrier , 1965 , hal 1- 38 )

Dimana :

$Q_o$  = Beban Pendinginan Manusia ( BTU/hr )

$HG$  = Heat gain Manusia (Btu/hr )

$SF$  = Storage Load Faktor

$Df$  = Difersity Faktor

Dalam menentukan Heat Gain dari manusia yang diperhatikan adalah tingkat aktivitas typical application serta temperatur ruang yang direncanakan (trm)db gedung yang digunakan untuk hotel sehingga pada semua ruang koridor tingkat kegiatannya adalah , berdiri dan berjalan pelan karena ruang ini digunakan hilir - mudik karyawan pengunjung kedalam ruangan. Namun kedua tingkat kegiatan ini mempunyai heat gain yang sama seperti pada tabel A. 12 ( Lampiran II- 12 )

trm =  $^{\circ}F$

Tingkat aktivitas = Aktivitas penghuni

Jenis Penggunaan = fungsi bangunan

Dengan Interpolasi tabel A. 12 maka didapatkan HGS dan HGL Diversity Faktor diperoleh dari tabel A. 11 . dimana

DF people = (orang dalam ruangan diasumsikan tetap)

Storage Load Faktor untuk manusia / occupantnya dapat dipakai Storage Load Faktor untuk lampu , asumsi bahwa jam kerja dari manusia /occupantnya sama dengan jam operasi dari equipment , dengan demikian storage Load Faktor SF =1,0(Carrier ,1985, hal 1 - 35 )

Dengan memasukkan harga n , HGS/HGL, DF , dan SF pada persamaan (2.11) maka akan didapat beban pendinginan sensibel dan beban pendinginan laten dari occupant

#### 2.5.4. Beban Pendinginan dari Lampu

Pada semua ruangan memakai lampu pijar dan TL kecuali pada ruang koridor yang hanya memakai lampu TL.

1. Unit AC dan lampu beroperasi untuk Waktu yang sama
2. Semua lampu disetiap ruangan yang dikondisikan dinyalakan semua selama AC beroperasi

Untuk menghitung beban dari lampu digunakan persamaan sebagai berikut:



(Carrier,1965, hal 1 -100)

1. Untuk lampu Fluorescent

$$Q_{I1} = 1,25 \times 3,4 \times n \times P \times SF \times DF \dots\dots\dots(2.12)$$

- 2 Untuk lampu pijar

$$Q_{I2} = 3,4 \times n \times P \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$Q_{I1}$  = Beban Pendinginan dari lampu Fluorescent ( BTU/hr)

$Q_{I2}$  = Beban pendinginan dari lampu pijar ( BTU/hr)

1,25 = Faktor koreksi dari lampu Fluorescent

3,4 = Faktor konversi dari watt menjadi BTU

$$1 \text{ watt} = 3,4 \text{ BTU/hr}$$

$n$  = Jumlah Lampu ( tabel 3.1 )

$P$  = Daya lampu ( watt )

### 2.7.5. Beban Pendinginan dari TV

Dengan asumsi :

- 1 Unit AC dan lampu beroperasi untuk waktu yang sama sehingga Storage

Load Faktor  $SF = 1$

RLH = Room Latent Heat

RTH = Room Total Heat

Sub total RSH, RLH, dan RTH ditabelkan pada lampiran

### 2.5.7. Beban Pendinginan Out Door Air

Beban pendinginan ini meliputi Beban pendinginan infiltrasi dan beban pendinginan ventilasi. Udara luar sebagai ventilasi diberikan untuk menjaga kondisi udara didalam ruangan agar tetap bersih dari bau yang ditimbulkan penghuni, asap rokok, dan kontaminasi lain yang dapat mengotorkan udara. (Carrier, 1985, hal 1- 89). Udara luar yang memang sengaja dimasukkan yang kemudian dicampur dengan return air (udara dari ruangan) melewati apparatus merupakan tambahan beban pendinginan.

Sedangkan infiltrasi adalah peristiwa masuknya udara luar kedalam ruangan yang tergantung dari kerapatan pintu, jendela, porositas bangunan, arah, dan kerapatan angin.

Beban pendinginan out door air meliputi Outside Air Sensibel Heat (OASH) dan Outside Air Latent Heat (OALH) dimana untuk mendapatkan kedua beban tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan :( Carrier, 1965, hal 1-150)

a. Outside Air Sensibel Heat

$$OASH = 1,08 \text{ cfm } ( t_{oa} - t_{rm} ) \dots \dots \dots (2.14)$$

b. Outside Air Latent Heat

$$OALH = 0,68 \text{ cfm } ( W_{oa} - W_{rm} ) \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana :

1,08	=	Derivation of air contains
0,68	=	Derivation of air air contains
( $t_{oa} - t_{rm}$ )	=	Perbedaan temperatur udara luar dan ruangan( $^{\circ}F$ )
( $W_{oa} - W_{rm}$ )	=	Perbedaan Kandungan uap air udara luar dan ruangan (grain/lb)

#### a. Beban Pendinginan Karena Infiltrasi

Dalam perhitungan ini udara luar yang masuk ( infiltran ) hanya masuk melalui celah jendela .Untuk mencari kapasitas udara yang masuk digunakan metode crack/celah (Carrier , 1965 hal 1 - 95 )

$cfm$  infiltrasi = Panjang celah x faktor infiltrasi.

Dimana :

$cfm$ infiltrasi	=	Kapasitas infiltrasi (cfm)
Faktor infiltrasi	=	$cfm/ft$ panjang celah (lampiran II - 13)
Panjang Celah	=	Panjang total celah ( Arrora, 1961, hal 517 )

#### b. Beban Pendinginan Karena Ventilasi

Untuk mencari besarnya ventilasi yang diperlukan ada dua cara mendasar

- kebutuhan  $cfm$  perorang
- kebutuhan  $cfm$  per  $ft^2$  luas lantai

Biasanya kebutuhan  $cfm$  perorang didasarkan pada pertimbangan jumlah orang yang cukup banyak yang menghuni ruang yang dikondisikan, sedang untuk

cfm per ft<sup>2</sup> luas lantai yang digunakan untuk jenis ruangan yang cukup luas namun berpenghuni tidak banyak.

Maka berdasarkan pertimbangan diatas maka untk mencari besarnya ventilasi dari ruangan yang dikondisikan ini berdasarkan kebutuhan cfm perluas lantai. Dengan menggunakan tabel A.14 ( lampiran II- 14 )maka harga cfm luas lantai

### 2.5.8. Presentasi Penambahan Beban Pendinginan

Presen penambahan beban pendinginan dalam ruangan digunakan untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan dalam perhitungan dan terjadinya kerugian akibat beban pendinginan dari sistem. Beban penambahan sistem adalah :

#### 1 Tambahan Beban Pendinginan Sensibel :

##### a Faktor keamanan ( safety faktor )

Perlu ditambahkan pada beban ruang mengingat kemungkinan kurang telitinya dalam pengamatan atau pemikiran /perhitungan beban pendinginan . Safety faktor berkisar 0% sampai 5% diambi 5% ( Arrora , 1961, hal 511 )

##### b. Saluran Udara

Tambahan beban pendinginan saluran udara diambil denag pertimbangan insulatet duct yang berada pada Unconditioned space , diasumsikan 5% ( Arrora , 1961, hal 509 )

c Kebocoran Saluran Udara

Kebocoran saluran udara merupakan kerugian yang sangat berarti pada proses pendinginan. Berdasarkan pengalaman untuk sistem yang besar dan kecil dapat diambil 10 % (Arrora , 1961, hal1-110)

d. Fan Horse Power

Fan untuk mendistribusikan udara menghasilkan panas sehingga menambah supply air heat gain dan diasumsikan tambahan beban dari fan sebesar 5% ( Arrora , 1961, hal 511 )

Tambahan beban sebesar :

- Safety faktor : 5%
- Saluran Udara : 5%
- Kebocoran saluran udara : 10 %
- Fan Horse Power : 5 %

Total persen ditambahkan ke RSH adalah 25 %

2 Tambahan Beban Pendinginan Laten

- Safety faktor : 5%
- Kebocoran saluran udara : 10 %

Total persen ditambahkan ke RLH adalah 15 %

### 2.5.9. Pengurangan Beban Pendinginan Sensibel akibat Temperatur Swing

Pada saat beban puncak terjadi bila dikehendaki adanya kenaikan temperatur dari temperatur perencanaan yang diinginkan, maka akibat kenaikan temperatur ini akan mengurangi beban sensibel. Besarnya pengurangan beban pendinginan sensibel akibat temperatur Swing dicari dengan persamaan (Carrier, 1965, hal 1-37)

$$Q_{swing} = A_f \times T_{swing} \times SF \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

$Q_{swing}$  = Pengurangan Beban sensibel akibat temperatur swing(BTU/hr)

$A_f$  = Temperatur Swing yang diijinkan (  $ft^2$  )

$T_{swing}$  = Temperatur swing yang diijinkan ( $^{\circ}F$ )

$SF$  = Storage load faktor tabel A . 15 ( Lampiran II-15 ) Dengan lama operasi dari pesawat pengkondisian udara 24 jam untuk aplikasi hotel dan dengan interpolasi didapat harga SF

Hasil Perhitungan tersebut ditabelkan pada lampiran perhitungan  $Q_{swing}$  untuk mengetahui kapan beban pendinginan puncak terjadi maka sub  $RSH_{sub}$ ,  $RLH_{sub}$ ,  $RTH$ ,  $OASH$ , dan  $OALH$  dijumlahkan.

Dimana :

$$RSH = 1,25 ( SUB RSH - Q_{swing} )$$

$$RLH = 1,15 ( Sub RLH )$$

$$\text{RTH} = \text{RSH} + \text{RLH}$$

$$\text{OATH} = \text{OASH} + \text{OALH}$$

$$\text{TSH} = \text{RSH} + \text{OASH}$$

$$\text{TLH} = \text{RLH} + \text{OALH}$$

$$\text{GTH} = \text{TSH} + \text{TLH}$$

( Carrier , 1965,hal I-150 )

## BAB III

### DATA PERENCANAAN

Pendataan adalah merupakan suatu langkah mula yang esensial dalam perencanaan pengkondisian udara. Meliputi semua aspek fisik, fasilitas, dan kegunaan ruang yang akan dikondisikan untuk mengevaluasi semua komponen beban dan menentukan kondisi perencanaan .

#### 3.1 . DATA - DATA UMUM

- Obyek : HOTEL TUNJUNGAN PLAZA IV
- Lokasi : Jl Basuki Rahmat 9 - 15 Surabaya
- Letak Geografis : 7<sup>o</sup>, 21 LS  
(data BMG) 112<sup>o</sup>,45 BT
  
- Gedung ini terdiri dari beberapa lantai, dimana lantai yang akan saya kondisikan teletak dilantai 15

Pada sekitar gedung ini terdapat *Reveal* yang dapat memberikan bayangan pada jendela



$t$  = tinggi ruangan

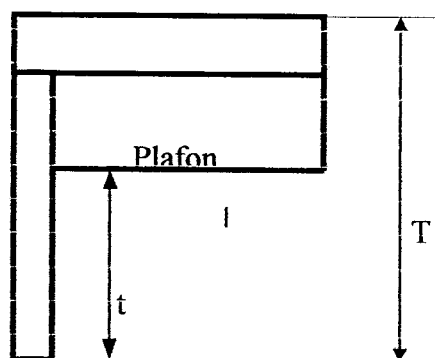
= jarak dari lantai ke langit - langit

= 2,7 m

$T$  = Jarak dari lantai ke lantai

= 3,1 m

- Asumsi bahwa lingkungan gedung memberikan banyak refleksi sinar matahari terhadap kaca jendela. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1



GB 3.1 T dan t Ruangan

### 3.2 DATA RUANGAN

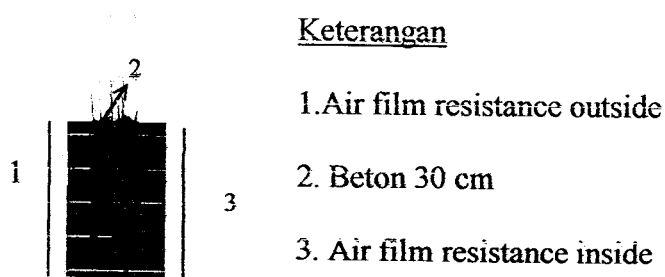
Untuk jumlah Occupant, lampu TL, pijar dan TV pada tiap ruangan ada pada lampiran.

### 3.3 KOSTRUKSI, KOEFISIEN TRANSMISI STRUKTUR BANGUNAN DAN BERAT PERSATUAN LUAS

#### 3.3.1 Dinding

Dinding adalah pemisah antar ruangan dengan sisi luar bangunan. Berdasarkan struktur dinding terbuat dari precast concrete. Struktur precast concrete dapat dilihat pada gambar 3.2

#### DINDING PRECAST CONCRETE



#### Keterangan

1. Air film resistance outside
2. Beton 30 cm
3. Air film resistance inside

GB 3.2. STRUKTUR DINDING PRECAST CONCRETE

Harga - harga Thermal Resistance  $R$  ( $^{\circ}\text{F}$  per  $\text{BTU} / \text{hr} \cdot \text{ft}^2$ ) dan  $W$  ( $\text{lb}/\text{ft}^2$ ) dapat dilihat pada tabel A.3 (Lampiran II-3) sehingga koefisien transmisi adalah :

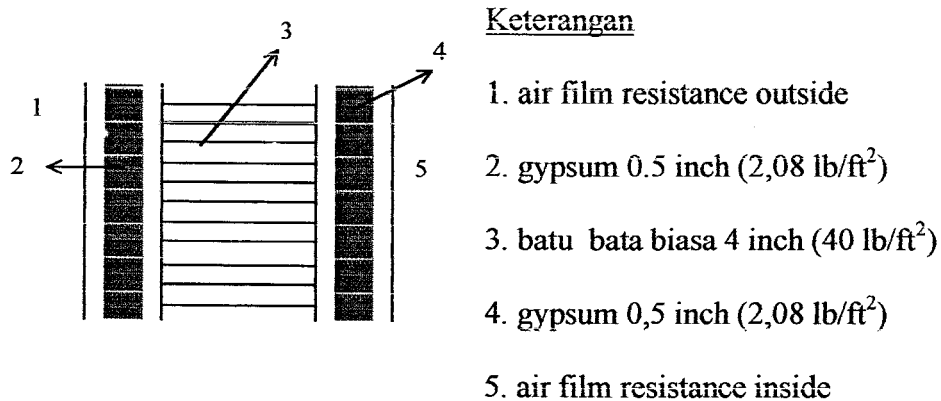
$$U = \frac{1}{1.799 + 0.68 + 0.25} = \frac{1}{2.729} = 0,366 \text{ BTU/hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

dan berat bahan persatuan luas adalah :

$$W = 140 \text{ lb/ft}^2$$

### 3.3.2 Partisi

Partisi adalah pemisah antar ruangan yang satu dengan ruangan yang lain. Berdasarkan strukturnya dinding partisi ini terbuat dari batu bata 4 inch dilapisi gypsum 0,5 inch.



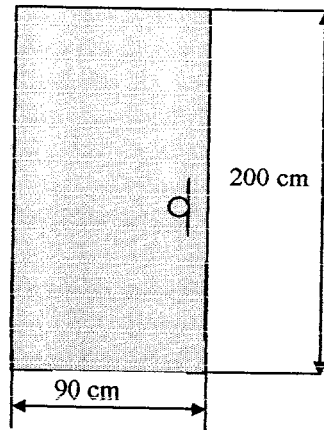
Gambar.3.3 konstruksi dinding yang terbuat dari batu bata

Berat persatuan luas

$$\begin{aligned} W &= 2,08 + 40,0 + 2,08 \\ &= 44,16 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

### 3.3.3 PINTU

Pada gedung HOTEL PLAZA TUNJUNGAN IV lantai 15 terbuat dari kayu, dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3.4 GAMBAR PINTU KAYU

### 3.4. LANTAI DAN LANGIT-LANGIT

Berdasarkan tabel A-3 didapat berat lantai per satuan luas adalah  $59 \text{ lb/ft}^2$

### 3.5. KONDISI PERENCANAAN

Kondisi perencanaan merupakan salah satu yang secara langsung turut menentukan besar estimasi beban yang harus diatasi oleh suatu pengkondisian udara.

Kondisi perencanaan ini menentukan kandungan panas dalam udara baik diluar maupun didalam ruangan. Kuduanya mempengaruhi langsung beban pada peralatan pengkondisian udara. dengan cara transmisi panas menembus struktur bangunan.

#### 3.5.1 KONDISI UDARA LUAR

Menurut data yang diperoleh dari Badan Meterenologi dan Geofisika Balai Wilayah III , Stasiun Meteorologi Juanda , Surabaya. yang mulai diambil dari bulan Januari - Desember 1985 maka kondisi luar Surabaya dan sekitarnya dapat dilihat pada lampiran. Dari data diatas maka 4 Bulan terpanas adalah bulan September sampai Desember. Kondisi terpanas diambil dari 2 bulan terpanas yaitu Oktober dan Nopember . Sedang Bulan paling panas terjadi pada bulan Oktober

Tabel 3.1. Data desain cuaca

KONDISI TERPANAS				KONDISI DESAIN				
BULAN	Td rata	RH rata	Woa	DR	Va	Td	RH	Woa
OKTOBER	84,3	65	116	23,76	6,3	96,62	42,5	108
NOPEMBER	82,7	70	118					

Td= Temperatur dry bulb (°F)

RH = Relatif Humidity (%)

$V_a$  = Kecepatan angin (Mph)

$W_{oa}$  = Kandungan uap air udara luar (grain/lb udara kering )

Desain udara luar yang dipakai adalah kondisi desain dimana diambil rata dari 4 bulan terpanas ( Arismunandar , 1991 , hal 34 ), tetapi dalam penentuan temperatur bola basah, hal ini perlu dikoreksi , apabila kandungan uap air pada kondisi desain (  $W$  desain ) lebih kecil dari pada kandungan uap rata - rata pada kondisi terpanas (  $W$  RATA - RATA ) maka  $W$  yang digunakan untuk tempertur Bola basah adalah  $W$  pada kondisi terpanas rata - rata. Hal ini untuk mengantisipasi suatu keadaan dengan kelembanan tertinggi.

Dengan hantuan diagram psikrometri, dengan menghubungkan antara RH dan tempertatur DryBulb ( bola basah ) pada masing - masing kondisi akan didapatkan seperti pada tabel 3.2 maka yang digunakan harga  $W$  saat kondisi rata - rata dibulan Nopember.

Dari keterangan diatas maka desain konsisi luar adalah sebagai berikut :

- Bulan Perencanaan : OKTOBER
- Temperatur : 96,4 °F db  
: 78,5 °F wb
- Daily Range : 23,76 °F
- Kecepatan Angin : 6,3 Mph
- Waktu Pengamatan : 08 .00 - 17.00 WIB

Karena bulan perencanaan bulan oktober maka dilakukan koreksi terhadap temperatur desain udara luar dengan persamaan ( Carrier , 1965, hal 1 - 16 ) :

$$T_{od \text{ any time}} = T_{od} + T_{o \text{ any day}}$$

dimana :

$T_{od \text{ any time}}$  : Temperatur desain udara luar tiap jam

$T_{od}$  : Temperatur desain udara luar bulan Oktober

$T_{o \text{ any day}}$  : Koreksi temperatur rancangan tiap jam ( tabel A4

Lampiran II-6 )

Dengan demikian kondisi desain temperatur dry bulb ( bola kering ) dan temperatur wet bulb ( bola basah ) tiap jam didapat serta dari dua kondisi  $T_{db}$  dan  $T_{wb}$  yang diplotkan pada diagram psykrometri akan didapat kandungan air ( $W_{oa}$ ),  $T_{db}(^{\circ}F)$ ,  $T_{wb}(^{\circ}F)$ , dan  $W_{oa}$  ( grains /lb uap kering ) ditabelkan sebagai berikut :

TABEL 3.2  $T_{db}$ ,  $T_{wb}$ , ( $^{\circ}F$ ),  $W_{oa}$

	JAM									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$T_{db}$	81,14	83,88	86,62	89,12	91,62	93,62	95,62	96,62	95,62	93,36
$T_{wb}$	74,5	75	75,5	76,5	77,5	78,5	78,5	78,5	78,5	77
$W_{oa}$	118	118	116	118	120	124	120	119,5	120	124

### 3.5.2 KONDISI PERENCANAAN DALAM RUANGAN

Pada dasarnya kenyamanan merupakan suatu keadaan yang selain ditentukan oleh kombinasi antara temperatur, kelembaban dan sirkulasi udara luar serta keadaan occupatnya sendiri. Sehingga kondisi ruangan bisa berbeda menurut spesifikasi type penggunaan ruangan. Dari tabel A.5 (Lampiran II-6), maka untuk hotel :

- Tempertatur dry bulb      Tdb    : 77<sup>0</sup>F
- Relative Humadity        RH     : 50 %
- Temperatur swing        Tswing : 2<sup>0</sup>F
- Kandungan uap            Wrm    : 70 grains/lb

( dari diagram psykrometri )

### 3.6 BERAT BAHAN PERSATUAN LUAS LANTAI

Berat bahan persatuan luas lantai dihitung dengan rumus pada (Carrier,1985,hal 1-30) , dalam perhitungan ini terdapat 3 perumusan yaitu untuk ruangan yang mempunyai satu atau lebih dinding luar dan ruangan yang tidak mempunyai dinding luar.

#### a. Ruangan yang mempunyai satu atau lebih dinding luar

$$W = Ad \cdot Wd + \frac{0,5(Ap \cdot wp. + Af \cdot Wf )}{Af} \quad (3.1)$$

#### b. Ruangan yang tidak mempunyai dinding luar

$$W = \frac{0,5(Ap \cdot wp. + Af \cdot Wf )}{Af}$$

#### c.Seluruh bangunan

$$W = \frac{Ap \cdot wp + Af \cdot wf + Ad \cdot wd}{Ab}$$



dimana :

$W$  = Berat bahan persatuan luas lantai

$A_d$  = Luas dinding ( $\text{ft}^2$ )

$A_f$  = Luas lantai ( $\text{ft}^2$ )

$A_b$  = Luas semi lantai yang dikondisikan ( $\text{ft}^2$ )

$W_d$  = Berat dinding persatuan luas ( $\text{lb}/\text{ft}^2$ )

BETON =  $140 \text{ lb}/\text{ft}^2$

$W_p$  = Berat partisi persatuan luas ( $\text{ft}^2$ )

COMMON BRICK =  $44,16 \text{ lb}/\text{ft}^2$

$W_f$  = Berat lantai dan langit-langit persatuan luas =  $59 \text{ lb}/\text{ft}^2$

## BAB IV

### PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN

#### 4.1. BEBAN PENDINGINAN MELALUI KACA

Di bawah ini akan di berikan contoh perhitungan bebanpendinginan untuk jam 9.00 pada dinding Selatan.

4.1.1. *Beban Pendingin Oleh Transmisi radiasi matahari yang langsung masuk ruangan menembus kaca* dihitung dengan persamaan ( carrier,1985,hal I-34)

$$Q_r = 1,17 \times P_{shg} \times A_1 \times F_{og} \times S_F \dots \dots \dots (2.1)$$

untuk mendapat nilai PSHG kita terlebih dahulu mencari besar azimuth dan altitud matahari dengan persamaan 2.2 dan 2.3.

$$\sin h = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cos 15r \dots \dots \dots (2.2)$$

$$= \sin -7,21 \cdot \sin -10,8 + \cos -7,21 \cdot \cos -10,8 \cdot \cos (15 \cdot -3)$$

$$= 0,023 + 0,689$$

$$= 0,712$$

$$h = 45,4^\circ$$

$$\cos A = \frac{\sin h \sin \psi - \sin \delta}{\cos h \cos \psi} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\begin{aligned}\cos A &= \frac{\sin 45,4 \cdot \sin -7,21 - \sin -10,8}{\cos 45,4 \cdot \cos -7,21} \\ &= 0,1407\end{aligned}$$

$$A = 81^\circ$$

Kemudian dengan harga altitud dan asimuth besar radiasi matahari langsung dapat ditentukan dengan persamaan

$$\begin{aligned}J\beta &= 1164 P^{\cos \epsilon} \cos h \cos \beta \\ &= 1164 \cdot 0,6^{\cos \epsilon 45,4} \cdot \cos 45,4 \cdot \cos 81 \\ &= 56,51 \text{ kkal/ m}^2 \text{ jam}\end{aligned}$$

Sedang radiasi matahari terpancar pada pukul 9.00 adalah  $61,4 \text{ kkal/m}^2 \text{ jam}$ .

sehingga besar PSHG adalah  $117,91 \text{ kkal/m}^2 \text{ jam} = 43,45 \text{ Btu/ hr .ft}^2$

Setelah memperoleh harga PSHG , dicari luas kaca yang terkena sinar matahari secara langsung dengan persamaan 4.4 dan 4.5

$$\begin{aligned}\text{HSO} &= (\text{SFT} \times \text{LO}) \times 0,0833 \dots \dots \dots (4.4) \\ &= 7 \times 2 \times 0,0833 = 1,16\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{HSH} &= (\text{SFS} \times \text{LO}) \times 0,0833 \dots \dots \dots (4.5) \\ &= 7 \times 2 \times 0,0833 = 1,16\end{aligned}$$

$$A1 = 29,26 - 11,2 = 18,06$$

Sehingga harga  $Q_r$  dapat dihitung

$$\begin{aligned}Q_r &= 1,17 \times \text{Pshg} \times A1 \times \text{Fog} \times \text{SF} \dots \dots \dots (2.1) \\ &= 1,17 \times 43,45 \times 18,06 \times 0,6 \times 0,28 \\ &= 1951,656 \text{ Btu/hr}\end{aligned}$$

4.1.2. *Beban Pendinginan traansmisi lewat kaca karena perbedaan temperatur udara luar dan udara ruangan .*

Transmisi melalui kaca kerena perbedaan temperatur udara lur dan temperatur udara ruangan dihitung dengan persamaan  
(Carrier , 1965, hal 1-76 )

$$\begin{aligned} Q_u &= U_k \times A_t \times (t_{oa} - t_{rm}) \\ &= 1,33 \times 380,48 \times 6,884 \\ &= 2959,765 \end{aligned}$$

#### 4.2. BEBAN PENDINGINAN KARENA RADIASI MATAHARI MELALUI DINDING DAN PEMANASAN UDARA LUAR

$$Q_d = U_d \cdot A_d \cdot \Delta t_e \dots\dots\dots(2.7)$$

( Carrier , 1965, hal I - 62 )

##### Perhitungan $\Delta t_e$

a. ETD matahari

Besarnya ETD mat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$ETD \text{ mat} = \frac{\text{Perpindahan kalor}}{\text{Koefisien transmisi}}$$

( Arismunandar ,1991 , hal 57 )

(I) Menentukan Jumlah kalor yang masuk ke ruangan apabila temperatur udara luar naik 1°C dengan menggunakan persamaan :

$$\phi_1 = K + a_1 e^{-\alpha_1 t} + a_2 e^{-\alpha_2 t}$$

( Arismunandar ,1991 , hal 58 )

$\phi_1$  = Kalor yang masuk melalui dinding karena kenaikan temperatur 1° ( Kcal/m<sup>2</sup> jam °C )

$K$  = Koefisien transmisi dari dinding ( Kcal/m<sup>2</sup> jam °C )

( Dari BAB III data - data perencanaan dengan faktor konversi dari  
BTU/hr. ft<sup>2</sup> . °F ke dalam Kcal/m<sup>2</sup> jam °C 0,366 BTU/hr t<sup>2</sup> °F =  
1,788 Kcal/m<sup>2</sup> jam °C )

$$a_1 = \frac{\alpha_2}{(\alpha_1 - \alpha_2)} K \qquad a_2 = \frac{\alpha_1}{(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$\alpha_1 = \frac{\frac{R_{si} + R_{so}}{2} + \frac{R}{6} + \frac{R_{si} R_{so}}{R}}{C R \cdot \left\{ K \left( \frac{R_{si} + R_{so}}{2} + \frac{R}{6} + \frac{R_{si} R_{so}}{R} \right)^2 - \left( \frac{R_{si} + R_{so}}{24} + \frac{R}{120} + \frac{R_{si} R_{so}}{6R} \right) \right\}}$$

$$\alpha_2 = \frac{\frac{R_{si} + R_{so}}{2} + \frac{R}{6} + \frac{R_{si} R_{so}}{R}}{C R \left( \frac{R_{si} + R_{so}}{24} + \frac{R}{120} + \frac{R_{si} R_{so}}{6R} \right)}$$

Dimana :

$R_{si}, R_{so}$  = berturut - turut adalah tahanan perpindahan kalor  
permukaan dalam dan permukaan luar dinding ( m<sup>2</sup> jam °C/kcal )

( Dari data - data perencanaan BAB III )

$$R_{so} = 0,246^{\circ}\text{F per BTU/hr} \cdot \text{ft}^2 = 0,05 \text{ m}^2 \text{ jam } ^{\circ}\text{C/kcal}$$

$$R_{si} = 0,68^{\circ}\text{F per BTU/hr} \cdot \text{ft}^2 = 0,138 \text{ m}^2 \text{ jam } ^{\circ}\text{C/kcal}$$

$$R = \text{Tahanan perpindahan panas } 0,367 \text{ m}^2 \text{ jam } ^{\circ}\text{C/kcal}$$

$$C = \text{Kapasitas kalor dinding per m}^2$$

( Arismunandar 1991 , hla 45 )

Mengalikan tebal setiap lapisan dinding dengan kapasitas kalor ( tabel A.9 , lampiran II - 10 ) yang bersangkutan dan dijumlahkan

$$C \text{ beton } 30 \text{ mm} = 2,68 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{R_{si} + R_{so}}{2} + \frac{R}{6} + \frac{R_{si} R_{so}}{R} = 0,173$$

$$\frac{R_{si} + R_{so}}{24} + \frac{R}{120} + \frac{R_{si} R_{so}}{6R} = 0,014$$

$$\alpha_1 = \frac{0,173}{2,68 \times 0,367 \times (1,78 \times 0,173^2 - 0,014)} = 4,47$$

$$\alpha_2 = \frac{0,173}{2,68 \times 0,367 \times 0,014} = 12,56$$

$$a_1 = \frac{12,56 \times 1,788}{(4,47 - 12,56)} = -2,776$$

$$a_2 = \frac{4,47 \times 1,78}{(12,56 - 4,47)} = 0,988 \text{ ( Check } K + a_1 + a_2 = 0 \text{ )}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= K + a_1 e^{-\alpha_1 t} + a_2 e^{-\alpha_2 t} \\ &= 1,788 - 2,776 e^{-4,47 t} + 0,988 e^{-12,56 t} \end{aligned}$$

(ii) Pernyataan radiasi matahari kedalam temperatur . Jumlah radiasi matahari yang memanasi dinding dinyatakan dengan ekivalalen dari radiasi  $T_t$  mat

( Arismunandar , 1991 , hal 58 )

$$T_e \text{ mat} = \epsilon R_{so} \cdot J \dots\dots\dots(4.9)$$

$$= 0,7 \times 0,05 \times 117,91$$

$$= 4,127 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(iii) Menyatakan ekivalen radiasi secara bertingkat selama satu jam , 30 menit sebelum dan sesudah setiap waktu yang bersangkutan .

Sehingga perolehan kalor  $\theta_1$  tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4 yaitu untuk tiap interval waktu dengan memasukkan pada persamaan ( 2.8 ) Dengan memasukkan pada tabel 2.4 maka kalor yang masuk pada pukul 9 AM untuk dinding selatan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kalor masuk} &= 1,788 \times 2,29 + 1,788 \times (3,91 - 2,29) + 1,49 \times (4,12 - 3,91) \\ &= 7,27 \text{ Kcal /m}^2 \text{ jam} \end{aligned}$$

( Arismunandar , 1991 , hal 61 )

$$\text{ETD}_{\text{mat}} = 7,27 / 1,788 = 4,08^\circ \text{ C}$$

b. ETD udara

Perbandingan temperatur ekivalen (  $\text{ETD}_{\text{udr}}$  ) dari temperatur udara pada dinding dapat dihitung dengan persamaan :

( Arismunandar , 1961 , hal 68 )

$$\begin{aligned} \text{ETD}_{\text{udr}} &= t_{\text{oranc}} - \frac{\Delta t}{2} - t_{\text{ranc}} + k \frac{\Delta t}{2} \text{Cos } 15 (\tau - \gamma - \tau) \\ &= 35,9 - 6,6 - 25 + 0,36 \times 6,6 \times \text{Cos } 15 (-3 - 7,8 - 3) \\ &= 4,3 - 2,117 \\ &= 2,183 \end{aligned}$$

Dari harga  $ETD_{mat}$  dan  $ETD_{udr}$  didapat harga  $ETD_{total}$  yang besarnya  $6,2505\text{ }^{\circ}\text{C} = 11,2509\text{ }^{\circ}\text{F}$  sehingga  $Q_d = 0,366 \times 1654,96 \times 11,2509 = 6814,879\text{ Btu/hr}$

### 4.3. BEBAN PENDINGINAN DARI MANUSIA

$$Q_o = HG \times n \times SF \times DF \dots\dots\dots(4.15)$$

( Carrier , 1965 , hal 1- 38 )

$$\begin{aligned} Q_{olaten} &= 225 \times 70 \times 1 \times 1 \\ &= 15750\text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{osensibel} &= 225 \times 70 \times 1 \times 1 \\ &= 15750\text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

### 4.4. BEBAN PENDINGINAN DARI LAMPU

#### 4.4.1. Untuk lampu Fluorescent

$$\begin{aligned} Q_{l1} &= 1,25 \times 3,4 \times n \times P \times SF \times DF \dots\dots\dots(4.16) \\ SF &= 1 \quad DF = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{maka ,} \quad Q_{l1} &= 1,25 \times 3,4 \times n \times P \\ &= 1,25 \times 3,4 \times 2392 \\ &= 10166\text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

#### 4.4.2. Untuk lampu pijar

$$Q_{l2} = 3,4 \times n \times P$$



$$= 3,4 \times 7750$$

$$= 26350 \text{ Btu/hr}$$

#### 4.5. BEBAN PENDINGINAN DARI TV

$$QTV = 3,4 \times n \times PTV$$

$$= 3,4 \times 7500$$

$$= 25500 \text{ Btu/hr}$$

#### 4.6. BEBAN PENDINGINAN DARI UDARA LUAR

##### 4.6.1. Outside Air Sensibel Heat

$$OASH = 1,08 \text{ cfm ( toa - trm).....(4.19)}$$

##### 4.6.1.1. OASH karena infiltrasi

$$= 1,08 \times 502,88 \times 6,884$$

$$= 5301,65 \text{ Btu/hr}$$

##### 4.6.1.2.OASH karena ventilasi

$$= 1,08 \times 3118,74 \times 6,884$$

$$= 23187,03 \text{ Btu/hr}$$

##### 4.6.2 OALH

$$OALH = 0,68 \text{ cfm ( Woa - Wrm ).....(4.20)}$$

##### 4.6.2.1.OALH karena infiltrasi

$$= 0,68 \times 502,88 \times 48$$

$$= 16414 \text{ Btu/hr}$$

##### 4.6.2.2.OALH karena ventilasi

$$= 0.68 \times 3118,74 \times 48$$

$$= 101796 \text{ Btu/hr}$$

#### 4.7. PENGURANGAN BEBAN PENDINGINAN SENSIBEL AKIBAT TEMPERATUR SWING

$$Q_{\text{swing}} = A_f \times T_{\text{swing}} \times SF \dots\dots\dots(2.16)$$

$$= 8250,77 \times 2 \times 1,85$$

$$= 30527,549 \text{ Btu/hr}$$

#### 4.3.8 RSH, RLH, RTH dan OATH

Beban pendinginan didalam ruangan terdiri dari beban pendinginan sensibel dan laten :

$$\text{Sub Total RSH} = Q_{\text{kaca}} + Q_{\text{dinding}} + Q_{\text{occupant}} + Q_{\text{lampu}} + Q_{\text{TV}}$$

$$= 36654,47 + 15750 + 10166 + 26350 + 25500$$

$$= 114420 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{RSH} = 1,25 \times (\text{Sub RSH} - Q_{\text{swing}})$$

$$= 1,25 \times (114420 - 30527,549)$$

$$= 1,25 \times 83892,451$$

$$= 104865,56 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{RLH} = 1,15 \times \text{Sub RLH}$$

$$= 1,15 \times 15750$$

$$= 18112,5 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{RTH} = \text{RSH} + \text{RLH}$$

$$= 104865,56 + 18112,5$$

$$= 122978,06 \text{ Btu/hr}$$

$$\begin{aligned} \text{OATH} &= \text{OALH} + \text{OASH} \\ &= 118210 + 28488,68 \end{aligned}$$

$$= 146698,68 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{GTH} = \text{OATH} + \text{RTH}$$

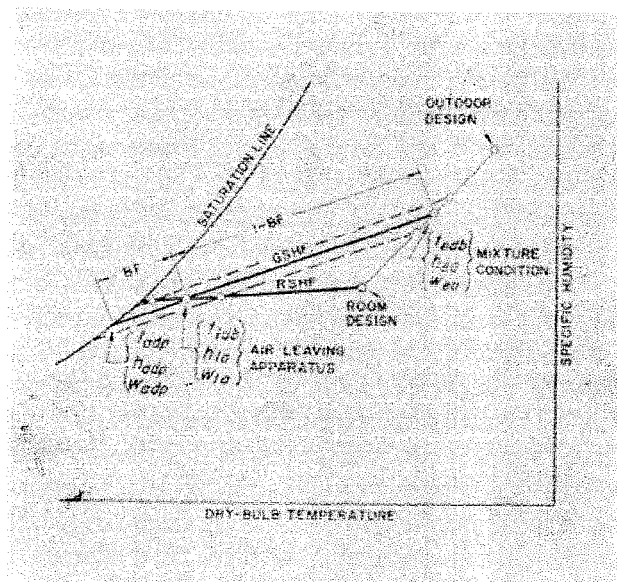
$$= 269676,74 \text{ Btu/hr}$$

## BAB V

### ANALISA PSIKROMETRIK

#### 5.1 ANALISA PSIKROMETRIK

Analisa psikrometrik proses penkondisian udara , merupakan salah satu analisa dengan menggunakan psikrometrik untuk menentukan kondisi udara pada tiap tahap dalam proses tersebut Gambar 2.1 menggambarkan model sistem penkondisian udara, yang akan dipilih, yaitu sistem udara penuh, Sedangkan gambar 5.1 adalah penggambaran dari model sistem penkondisian udara tersebut diplot pada diagram psikrometrik ( Carrier , 1965, hal 1 -123 )



Gambar 5.1 Proses Pengkondisian Udara Pada  
Kerangka Diagram Psikrometrik

1. Desain Kondisi Ruangan

$$t_{rm} = 77^{\circ}\text{F db}$$

$$\text{RH} = 50\%$$

2. Desain Kondisi Luar Ruangan

$$t_{oa} = 96,62^{\circ}\text{F db}$$

$$= 78,5^{\circ}\text{F wb}$$

3. Beban Pendinginan Dalam Ruangan

$$\text{RSH} = 135054,5 \text{ BTU/hr}$$

$$\text{RLH} = 18115,5 \text{ BTU/hr}$$

$$\text{RTH} = 153167 \text{ BTU/hr}$$

4. Beban Pendinginan Udara Luar

$$\text{OASH} = 76740,5 \text{ BTU/hr}$$

$$\text{OALH} = 121903,4 \text{ BTU/hr}$$

$$\text{OATH} = 198644 \text{ BTU/hr}$$

5. Kebutuhan Ventilasi Udara Luar

$$\text{cfmoa} = 3621,61 \text{ cfm}$$

6. Room Sensibel Heat Faktor (RSHF)

RSHF adalah perbandingan antara beban pendinginan sensibel ruangan dengan pendinginan total ruangan. Garis RSHF menggambarkan proses psikrometrik udara dari kondisi meninggalkan Apparatus( LA) sampai ke kondisi ruangan ( lihat gambar 5.2 )

$$\begin{aligned} \text{RSHF} &= \frac{\text{RSH}}{\text{RTH}} \quad (\text{Carrier, 1965, hal 1 - 117}) \\ &= \frac{135054,5}{153167} = 0,88 \end{aligned}$$

#### 7 Grand Sensibel Heat Faktor( GSHF)

GSHF adalah perbandingan beban sensibel total dan beban total. Garis GSHF menggambarkan proses psikrometrik udara dari  $t_{adp}$  ( temperatur apparatus dew point = temperatur peralatan dimana uap air di udara mulai mengembun) sampai kondisi campuran antara udara luar dan udara dari ruangan

$$\begin{aligned} \text{GSHF} &= \frac{\text{TSH}}{\text{GTH}} \quad (\text{Carrier, 1965, hal 1 - 116}) \\ &= \frac{1211795}{351810,9} \\ &= 0,602 \end{aligned}$$

#### 8. Efektif Sensibel Heat Faktor ( ESHF )

ESHF adalah perbandingan antara beban pendinginan sensibel ruangan efektif dan beban pendinginan total ruangan efektif. Beban pendinginan ruangan efektif adalah beban pendingin ruangan ditambah

beban pendinginan udara luar karena adanya bypass faktor ( BF = Faktor jumlah udara luar yang tidak menyentuh permukaan koil pendingin ).  
Garis ESHF menghubungkan  $t_{adp}$  dan kondisi ruangan. Garis ini dapat digambarkan pada gambar psikrometrik

$$ESHF = \frac{RSH + BF + OASH}{RTH + BF + OATH} = \frac{ERSH}{ERTH}$$

Dari tabel A.16 ( Lampiran II- 16 ) untuk kenyamanan maka diambil BF = 0,15 maka :

$$\begin{aligned} &= \frac{135054,5 + (0,15 \times 76740,5)}{153167 + (0,15 \times 198644)} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

9. Temperatur Apparatus Dew Point (  $t_{adp}$  )

Dari tabel A.17 ( Lampiran II- 17 ) didapat untuk  $trm = 77^{\circ}F$  dan RH = 50% dengan ESHF = 0,8 didapat harga  $t_{adp} = 52,85^{\circ}F$

10. Jumlah udara melewati Apparatus (  $cfmda$  )

$$\begin{aligned} cfmda &= \frac{RSH + BF + OASH}{1,08 \times (1 - BF) \times (trm - t_{adp})} \quad (\text{Carrier, 1965, hal 1-125}) \\ &= \frac{ERSH}{1,08 \times (1 - BF) \times (trm - t_{adp})} \\ &= \frac{135054,5 + (0,15 \times 76740,5)}{1,08 (1 - 0,15) \times (77 - 52,85)^{\circ}F} \end{aligned}$$

$$cfmda = 6611,076 \text{ cfm}$$

Dalam hal ini jumlah udara yang melewati apparatus sama dengan jumlah udara supply

$$cfmda = cfmsa$$

11 Jumlah udara sirkulasi

$$\begin{aligned} cfmra &= cfmsa - cfmoa \text{ (Carrier, 1965, hal 1 - 151 )} \\ &= 6611,076 - 3621,61 \\ &= 2989,466 \text{ cfm} \end{aligned}$$

12 Kondisi Udara Masuk Apparatus ( EA)

$$\begin{aligned} ted &= \frac{(cfmoa \times toa) + (cfmra + trm)}{cfmsa} \\ &= \frac{(3621,61 \times 96,62) + (2989,466 \times 77)}{6611,076} \\ &= 87,74 \text{ } ^\circ\text{Fdb} \end{aligned}$$

13 Kondisi Keluar Apparatus(LA)

$$\begin{aligned} tld &= t adp + BF (87,74 - 52,85 ) \\ &= 58,08 \text{ } ^\circ\text{F db} \end{aligned}$$



## BAB VI

### KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dan telah ditabelkan didapatkan beban pendinginan puncak untuk lantai 15 terjadi pada pukul 15.00 dengan beban sebesar

$$GTH = 351810,9 \text{ Btu/hr}$$

Jadi untuk dapat mencapai kondisi yang diharapkan seharusnya digunakan mesin pengkondisian udara yang mempunyai kapasitas pendinginan yang melebihi GTH.

TABEL AZIMUT &amp; ALTIDUTE

JAM	h	a
7	15.98666	80.77736
8	30.69103	81.66207
9	45.41671	81.8523
10	60.12773	80.73977
11	74.7049	75.05062
12	86.27755	0
13	74.7049	75.05062
14	60.12773	80.73977
15	45.41671	81.8523
16	30.69103	81.66207
17	15.98666	80.77736

Tabel data ruangan I

Ruang	TV (watt)	Lampu Neon (watt0	Lampu Pijar (watt)	Orang
1	250	40	250	2
2	250	40	250	2
3	250	40	250	2
4	250	40	250	2
5	250	40	250	2
6	250	40	250	2
7	250	40	250	2
8	250	40	250	2
9	250	40	250	2
10	250	40	250	2
11	250	40	250	2
12	250	40	250	2
13	250	40	250	2
14	250	40	250	2
15	250	80	400	2
16	250	40	250	2
17	250	40	250	2
18	250	40	350	2
19	250	40	250	2
20	250	40	250	2
21	250	40	250	2
22	250	40	250	2
23	250	40	250	2
24	250	40	250	2
25	250	40	250	2
26	250	40	250	2
27	250	40	250	2
28	250	40	250	2
29	250	40	250	2
30	250	40	250	2
Koridor		1152		10
TOTAL	7500	2392	7750	70

Tabel Pshg (BTU/hr . ft<sup>2</sup>)

Jam	Utara	Selatan	Timur	Barat
	btu/hr.ft <sup>2</sup>	btu/hr.ft <sup>2</sup>	btu/hr.ft <sup>2</sup>	btu/hr.ft <sup>2</sup>
7	13.82025	24.17057365	70.836641	13.82025
8	21.578017	41.24583006	131.09805	21.578017
9	22.628356	43.4570139	125.81283	22.628356
10	23.9551	43.02003015	85.811871	23.9551
11	24.213078	41.37089631	39.911551	24.213078
12	24.747461	41.28474387	24.747461	24.747461
13	24.213078	41.37089631	24.213078	88.473964
14	23.9551	43.02003015	23.9551	140.88661
15	22.628356	43.4570139	22.628356	168.10986
16	21.578017	41.24583006	21.578017	155.77401
17	13.949239	24.29955265	13.949239	77.694478

Tabel Pshg (kcal/jam . m<sup>2</sup>)

Jam	Selatan	Timur	Barat
7	65.58466827	192.208828	37.5
8	111.9168342	355.722726	58.55
9	117.9166818	341.38175	61.4
10	116.7309658	232.842762	65
11	112.2561901	108.296388	65.7
12	112.0224233	67.15	67.15
13	112.2561901	65.7	240.06611
14	116.7309658	65	382.28309
15	117.9166818	61.4	456.15092
16	111.9168342	58.55	422.67871
17	65.93466827	37.85	210.81695

Tabel  $J_p$  ( kcal/jam . m<sup>2</sup> )

JAM	matahari terpancar	$J_p$ Selatan	$J_p$ Timur	$J_p$ Barat
7	37.5	28.08466827	154.7088279	0
8	58.55	53.36683415	297.1727264	0
9	61.4	56.51668177	279.98175	0
10	65	51.73096584	167.8427617	0
11	65.7	46.55619013	42.59638839	0
12	67.15	44.87242327	0	0
13	65.7	46.55619013	0	240.0661084
14	65	51.73096584	0	382.2830948
15	61.4	56.51668177	0	456.1509221
16	58.55	53.36683415	0	422.6787077
17	37.85	28.08466827	0	210.8169487

Tabel tentang Toa &amp; Woa

jam	toa	toa-trm	woa	woa-wrm
8	81.98	4.98	118	48
9	83.884	6.884	118	48
10	86.762	9.762	116	46
11	89.12	12.12	118	48
12	91.62	14.62	120	50
13	93.62	16.62	124	54
14	95.62	18.62	120	50
15	96.62	19.62	119.5	49.5
16	95.62	18.62	120	50
17	93.36	16.36	124	54

**Tabel Bayangan untuk kaca Barat**

Jam	Sfs	Sft	Sfs.Lo	Sft.Lo
13	0,3	3,13	0,05	0,55
14	0,1	1,69	0,02	0,28
15	0,1	1,0	0,02	0,21
16	0,1	0,56	0,02	0,09
17	0,1	0,2	0,02	0,04

**Tabel Bayangan untuk kaca Timur**

jam	Sfs	Sft	Sfs.Lo	Sft.Lo
7	0,1	0,2	0,02	0,04
8	0,1	0,56	0,02	0,09
9	0,1	0,1	0,02	0,21
10	0,1	1,69	0,02	0,28
11	0,3	3,13	0,05	0,55

**Tabel bayangan untuk kaca Selatan**

Jam	Sfs	Sft	Sfs.Lo	Sft.lo
7	7	1,8	1,6	0,3
8	7	3,75	1,6	7,8
9	7,2	7	1,6	7,8
10	5,5	11,5	0,95	1,53
11	3,2	14	0,53	2,17
12				
13	3,2	14	0,53	2,17
14	5,5	11,5	0,95	1,53
15	7,2	7	1,6	7,8
16	7	3,75	1,6	7,8
17	7	1,8	1,6	0,3

Tabel Luas kaca yang terkena sinar langsung / kaca dan totalnya ( ft<sup>2</sup> )

Jam	Barat	Timur	Selatan	Total Barat	Total Timur	Total Selatan
7	0	29.01	21.7	0	58.02	282.1
8	0	28.67	20.23	0	57.34	262.99
9	0	28.33	18.06	0	56.66	234.78
10	0	27.65	17.46	0	55.3	226.98
11	0	26.04	15.78	0	52.08	205.14
12	0	0	0	0	0	0
13	26.04	0	15.78	52.08	0	205.14
14	27.65	0	17.46	55.3	0	226.98
15	28.33	0	18.06	56.66	0	234.78
16	28.67	0	20.23	57.34	0	262.99
17	29.01	0	21.7	58.02	0	282.1

Tabel luas kaca yang terbayang ( ft<sup>2</sup> )

Jam	Barat	Timur	Selatan
7	58.5362	0.5162	98.3853
8	58.5362	1.1962	117.4953
9	58.5362	1.8762	145.7053
10	58.5362	3.2362	153.5053
11	58.5362	6.4562	175.3453
12	58.5362	58.5362	380.4853
13	6.4562	58.5362	175.3453
14	3.2362	58.5362	153.5053
15	1.8762	58.5362	145.7053
16	1.1962	58.5362	117.4953
17	0.5162	58.5362	98.3853

Tabel Storage Load Factor

JAM	SF		
	Timur	Barat	Selatan Utara
8	0.34	0.11	0.13
9	0.39	0.1	0.2
10	0.4	0.1	0.28
11	0.38	0.1	0.35
12	0.34	0.1	0.42
13	0.3	0.13	0.48
14	0.28	0.19	0.51
15	0.26	0.27	0.51
16	0.23	0.36	0.48
17	0.22	0.42	0.42

Tabel Kalor yang masuk dinding tiap jam ( kcal/m<sup>2</sup> jam )

JAM	Selatan	Utara	Timur	Barat
7	3.419	1.954	10.023	1.954
8	6.508	3.433	20.501	3.433
9	7.27	3.783	21.001	3.783
10	7.274	3.999	15.204	3.999
11	7.024	4.071	7.610	4.071
12	6.97	4.167	4.200	4.167
13	7.168	4.109	3.707	13.202
14	7.216	3.406	3.656	22.969
15	7.2	3.640	3.461	27.785
16	7.020	3.454	3.117	26.573
17	4.546	2.327	1.990	11.792



Tabel Substitusi harga t

Waktu Penyinaran	$\phi_1$
0.5	1.493911
1.5	1.784612
2.5	1.787961
3.5	1.788
4.5	1.788
5.5	1.788
6.5	1.788
7.5	1.788
8.5	1.788
9.5	1.788
10.5	1.788

Tabel  $T_{e_{matahari}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

JAM	Utara	Selatan	Timur	Barat
7	1.3125	2.295463	6.727309	1.3125
8	2.04925	3.917089	12.4503	2.04925
9	2.149	4.127084	11.94836	2.149
10	2.275	4.085584	8.149497	2.275
11	2.2995	3.928967	3.790374	2.2995
12	2.35025	3.920785	2.35025	2.35025
13	2.2995	3.928967	2.2995	8.402314
14	2.275	4.085584	2.275	13.37991
15	2.149	4.127084	2.149	15.96528
16	2.04925	3.917089	2.04925	14.79375
17	1.32475	2.307713	1.32475	7.378593

Tabel ETD<sub>udara</sub> dan ETD<sub>matahari</sub> (°C)

Jam	Udara	Selatan	Utara	Timur	Barat
7	3.009254	1.912472	1.092841	5.605817	1.092841
8	2.536767	3.639821	1.920022	11.46607	1.920022
9	2.184538	4.0659955	2.115772	11.74553	2.115772
10	1.976589	4.0682327	2.236577	8.503697	2.236577
11	1.927104	3.9284116	2.277013	4.256326	2.277013
12	2.039456	3.8982103	2.330872	2.349329	2.330872
13	2.305985	4.0089485	2.298098	2.073272	7.383937
14	2.708511	4.0357942	1.905369	2.045	12.84636
15	3.219581	4.0268456	2.03594	1.936107	15.54013
16	3.804338	3.926566	1.93217	1.743736	14.86186
17	4.422902	2.5425056	1.301784	1.113294	6.595162

Tabel Jumlah total ETD

JAM	°C				°F			
	Selatan	Utara	Timur	Barat	Selatan	Utara	Timur	Barat
7	4.9217	4.1021	8.6151	4.1021	8.859106	7.38377	15.50713	7.38377
8	6.1766	4.4568	14.003	4.4568	11.11786	8.022221	25.2051	8.022221
9	6.2505	4.3003	13.93	4.3003	11.25096	7.740557	25.07411	7.740557
10	6.0448	4.2132	10.48	4.2132	10.88068	7.583699	18.86451	7.583699
11	5.8555	4.2041	6.1834	4.2041	10.53993	7.567411	11.13017	7.567411
12	5.9377	4.3703	4.3888	4.3703	10.6878	7.866592	7.899814	7.866592
13	6.3149	4.6041	4.3793	9.6899	11.36688	8.28735	7.882662	17.44186
14	6.7443	4.6139	4.7535	15.555	12.13975	8.304984	8.556319	27.99877
15	7.2464	5.2555	5.1557	18.76	13.04357	9.459937	9.280239	33.76749
16	7.7309	5.7365	5.5481	18.666	13.91563	10.32572	9.986534	33.59915
17	6.9654	5.7247	5.5362	11.018	12.53773	10.30443	9.965152	19.83251

Tabel Data ruangan II

RUANG	Luas Dinding				Berat		
	Utara	Selatan	Timur	Barat	Lantai	Partisi	Dinding
1	104,2		46,71		12930	14887	21127
2	104,20				12930	9240	14588
3	104,2,				12930	14887	14588
4	104,2				12930	9240	14588
5	104,20				12930	14887	14588
6	104,20				12930	9240	14588
7	104,2				12930	14887	14588
8	104,2				112930	9240	14588
9	104,2				12930	14887	14588
10	90,861				11310	29295	12636,5
11			90,261		12930	14887	12636,5
12			104,2		12930	9240	14588
13	104,2		233,7		13844	6417	47306
14	124,62		73,46		12548	25002	27731
15	275,14	46,71		300,31	32134	18994	87102,4
16				104,2	12930	9240	14588
17				104,2	12930	14887	14588
18		177,56		233,219	19763	15914	57481
19		104,2			12930	14887	14588
20		104,2			12930	9240	14588
21		104,2			12930	14887	14588
22		104,2			12930	9240	14588
23		104,2			12930	14887	14588
24		104,2			12930	8240	145888
25		104,2			12930	14887	14588
26		104,2			12930	9240	14588
27		104,2			12930	14887	14588
28		104,2			12930	9240	14588
29		104,2			12930	14887	14588
30		104,2	46,21		12930	9240	21127
koridor	100,104	180,18	480,93	333,614	73947	162750	142079
	1625,69	1654,96	1075,97	1075,97	486796	562783	749891,4

Tabel  $Q_{\text{dinding}}$  (Btu/hr)

JAM	Q dinding				Q dinding
	Selatan	Utara	Timur	Barat	TOTAL
8	6734.257	4773.247	9925.896	3159.191	24592.59
9	6814.879	4605.656	9874.312	3048.27	24343.12
10	6590.594	4512.326	7428.941	2986.499	21518.36
11	6384.196	4502.634	4383.118	2980.084	18250.03
12	6473.765	4680.648	3110.986	3097.903	17363.3
13	6885.094	4931	3104.232	6868.692	21789.02
14	7353.232	4941.492	3369.522	11026.05	26690.3
15	7900.689	5628.693	3654.605	13297.81	30481.79
16	8428.91	6143.834	3932.747	13231.51	31737.01
17	7594.297	6131.172	3924.327	7810.144	25459.94

Tabel Q<sub>KACA</sub> (Btu/hr)

JAM	Qr							Qu				Q total
	Terkena sinarlangsung			Terbayang								
	Selatan	Timur	Barat	Utara	Selatan	Timur	Barat	Utara	Selatan	Timur	Barat	
8	989.9192	1794.196	0	806.8904	231.3729	6.160718	97.53621	2305.846	2141.143	329.4066	329.4066	9031.878
9	1432.478	1951.656	0	1301.795	462.9088	11.62342	92.98537	3187.439	2959.765	455.3484	455.3484	12311.35
10	1919.347	1332.507	0	1929.371	722.7973	21.7686	98.43728	4520.014	4197.156	645.7163	645.7163	16032.83
11	2085.213	554.4856	0	2437.686	1043.156	41.70112	99.49738	5611.819	5210.974	801.6884	801.6884	18687.91
12	0	0	0	2989.783	2776.227	345.7572	101.6933	6769.372	6285.845	967.0531	967.0531	21202.78
13	2859.721	0	420.5009	3343.112	1430.614	298.4921	14.26617	7695.415	7145.742	1099.345	1099.345	25406.55
14	3495.953	0	1039.168	3514.211	1316.524	275.6244	10.34008	8621.457	8005.639	1231.637	1231.637	28742.19
15	3652.82	0	1805.388	3319.578	1180.418	241.762	8.046982	9084.479	8435.587	1297.783	1297.783	30323.64
16	3655.086	0	2257.316	2979.288	854.2999	203.9393	6.523114	8621.457	8005.639	1231.637	1231.637	29046.82
17	2021.101	0	1329.09	1685.231	404.6384	126.1057	2.123024	7575.029	7033.956	1082.147	1082.147	22341.57

Tabel hasil perhitungan beban pendinginan

JAM	sub RSH	RSH	sub RLH	RLH	RTH	OASH		OALH		OASH total	OALH total	OATH	GTH
						infiltrasi	ventilasi	infiltrasi	ventilasi				
8	111390.5	101078.3	15750	18112.5	119190.8	2704.591	16773.89	16413.4	101796	19478.48	118209.4	137687.9	256878.7
9	114420.5	104865.8	15750	18112.5	122978.3	3738.636	23187.03	16413.4	101796	26925.67	118209.4	145135.1	268113.3
10	115317.2	105986.7	15750	18112.5	124099.2	5301.65	32880.86	15729.51	97554.5	38182.51	113284	151466.5	275565.7
11	114703.9	105220.1	15750	18112.5	123332.6	6582.258	40823.19	16413.4	101796	47405.45	118209.4	165614.9	288947.5
12	116332.1	107255.3	15750	18112.5	125367.8	7939.985	49243.82	17097.3	106037.5	57183.8	123134.8	180318.6	305686.4
13	124961.6	118042.2	15750	18112.5	136154.7	9026.166	55980.32	18465.08	114520.5	65006.48	132985.6	197992.1	334146.7
14	133198.5	128338.3	15750	18112.5	146450.8	10112.35	62716.82	17097.3	106037.5	72829.16	123134.8	195964	342414.8
15	138571.4	135054.5	15750	18112.5	153167	10655.44	66085.07	16926.32	104977.1	76740.5	121903.4	198644	351810.9
16	138549.8	135027.5	15750	18112.5	153140	10112.35	62716.82	17097.3	106037.5	72829.16	123134.8	195964	349103.9
17	125567.5	118799.6	15750	18112.5	136912.1	8884.962	55104.57	18465.08	114520.5	63989.53	132985.6	196975.1	333887.2

Tabel A. 1  
Solar Constan Correction Factors

Month	Day of Month			
	1	8	15	22
January	1.0335	1.0325	1.0015	1.0300
February	1.0288	1.0263	1.0235	1.0207
March	1.0173	1.0141	1.0103	1.0057
April	1.0009	0.9963	0.9913	0.9875
May	0.9841	0.9792	0.9757	0.9727
June	0.9714	0.9692	0.9680	0.9670
July	0.9666	0.9670	0.9680	0.9692
August	0.9709	0.9726	0.9757	0.9785
September	0.9828	0.9862	0.9898	0.9945
October	0.9995	1.0062	1.0087	1.0133
November	1.0164	1.0207	1.0238	1.0267
December	1.0288	1.0305	1.0318	1.0327

Ballaney, 1992, hal 736

Tabel A. 2  
Conversion Table for Wall Coefficient U for Various Wind Velocities

U for 15 mph <sup>a</sup>	U for 0 to 30 mph Wind Velocities						U for 15 mph <sup>a</sup>	U for 0 to 30 mph Wind Velocities					
	0	5	10	20	25	30		0	5	10	20	25	30
0.050	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.290	0.257	0.278	0.286	0.293	0.295	0.296
0.060	0.059	0.059	0.060	0.060	0.060	0.060	0.310	0.273	0.296	0.305	0.313	0.315	0.317
0.070	0.068	0.069	0.070	0.070	0.070	0.070	0.330	0.288	0.314	0.324	0.333	0.336	0.338
0.080	0.078	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080	0.350	0.303	0.330	0.344	0.354	0.357	0.359
0.090	0.087	0.089	0.090	0.090	0.091	0.091	0.370	0.318	0.350	0.363	0.375	0.378	0.380
0.100	0.096	0.099	0.100	0.100	0.101	0.101	0.390	0.333	0.368	0.382	0.395	0.399	0.401
0.110	0.105	0.108	0.109	0.110	0.111	0.111	0.410	0.347	0.385	0.402	0.416	0.420	0.422
0.130	0.123	0.127	0.129	0.131	0.131	0.131	0.430	0.362	0.403	0.421	0.436	0.441	0.444
0.150	0.141	0.147	0.149	0.151	0.151	0.152	0.450	0.376	0.420	0.439	0.457	0.462	0.465
0.170	0.158	0.166	0.169	0.171	0.172	0.172	0.500	0.410	0.464	0.487	0.509	0.514	0.518
0.190	0.175	0.184	0.188	0.191	0.192	0.193	0.600	0.474	0.548	0.581	0.612	0.620	0.626
0.210	0.192	0.203	0.208	0.212	0.213	0.213	0.700	0.535	0.631	0.675	0.716	0.728	0.736
0.230	0.209	0.222	0.227	0.232	0.233	0.234	0.800	0.592	0.711	0.766	0.821	0.836	0.847
0.250	0.226	0.241	0.247	0.252	0.253	0.254	0.900	0.645	0.789	0.858	0.927	0.946	0.960
0.270	0.241	0.259	0.266	0.273	0.274	0.275	1.000	0.695	0.865	0.949	1.034	1.058	1.075

<sup>a</sup> U in first column is from previous tables or as calculated for 15 mph wind velocity.

Tabel A. 3  
Thermal Resistances R-Building and Insulating Materials  
(deg F per Btu) / (hr) (sq ft)

MATERIAL	DESCRIPTION	THICK- NESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R	
					Per Inch Thickness $\frac{1}{k}$	For Listed Thickness $\frac{1}{c}$
BUILDING MATERIALS						
BUILDING BOARD Boards, Panels, Sheathing, etc	Asbestos-Cement Board		120	—	0.25	—
	Asbestos-Cement Board	$\frac{1}{8}$	120	1.25	—	0.03
	Gypsum or Plaster Board	$\frac{3}{8}$	50	1.58	—	0.32
	Gypsum or Plaster Board	$\frac{1}{2}$	50	2.08	—	0.45
	Plywood		34	—	1.25	—
	Plywood	$\frac{3}{4}$	34	0.71	—	0.31
	Plywood	$\frac{3}{4}$	34	1.06	—	0.47
	Plywood	$\frac{1}{2}$	34	1.42	—	0.63
	Plywood or Wood Panels	$\frac{3}{4}$	34	2.13	—	0.94
	Wood Fiber Board, Laminated or Homogeneous		26	—	2.38	—
		31	—	2.00	—	
	Wood Fiber, Hardboard Type		65	—	0.72	—
	Wood Fiber, Hardboard Type	$\frac{1}{4}$	65	1.35	—	0.18
	Wood, Fir or Pine Sheathing	$\frac{3}{4}$	32	2.08	—	0.98
	Wood, Fir or Pine	$1\frac{1}{2}$	32	4.34	—	2.03
BUILDING PAPER	Vapor Permeable Felt		—	—	—	0.06
	Vapor Seal, 2 Layers of Mopped 15 lb felt		—	—	—	0.12
	Vapor Seal, Plastic Film		—	—	—	Negl
WOODS	Maple, Oak, and Similar Hardwoods		45	—	0.91	—
	Fir, Pine, and Similar Softwoods		32	—	1.25	—
MASONRY UNITS	Brick, Common	4	120	40	—	.80
	Brick, Face	4	130	43	—	.44
	Clay Tile, Hollow					
	1 Cell Deep	3	60	15	—	0.80
	1 Cell Deep	4	48	16	—	1.11
	2 Cells Deep	6	50	25	—	1.52
	2 Cells Deep	8	45	30	—	1.85
	2 Cells Deep	10	42	35	—	2.22
	3 Cells Deep	12	40	40	—	2.50
	Concrete Blocks, Three Oval Core Sand & Gravel Aggregate	3	76	19	—	0.40
		4	69	23	—	0.71
		6	64	32	—	0.91
		8	64	43	—	1.11
		12	63	63	—	1.28
	Cinder Aggregate	3	68	17	—	0.86
		4	60	20	—	1.11
		6	54	27	—	1.50
		8	56	37	—	1.72
		12	53	53	—	1.89
	Lightweight Aggregate (Expanded Shale, Clay, Slate or Slag, Pumice)	3	60	15	—	1.27
		4	52	17	—	1.50
		8	48	32	—	2.00
		12	43	43	—	2.27
	Gypsum Partition Tiles					
	3"x12"x30" solid	3	45	11	—	1.26
	3"x12"x30" 4-cell	3	35	9	—	1.35
4"x12"x30" 3-cell	4	38	13	—	1.67	
Stone, Lime or Sand			150	—	0.08	—



Tabel A. 3  
Thermal Resistances R-Building and Insulating Materials  
(deg F per Btu) / (hr) (sq ft)

MATERIAL	DESCRIPTION	THICK- NESS (In.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R		
					For Inch Thickness $\frac{1}{k}$	For Listed Thickness $\frac{1}{c}$	
BUILDING MATERIALS, (CONT.)							
MASONRY MATERIALS Concretes	Cement Mortar		116	—	0.20	—	
	Gypsum-Fiber Concrete 87½% gypsum, 12½% wood chips		51	—	0.60	—	
	Lightweight Aggregates Including Expanded Shale, Clay or Slate		120 100 80	— — —	0.19 0.28 0.40	— — —	
	Expanded Slag; Cinders		60	—	0.59	—	
	Pumice; Perlite; Vermiculite		40	—	0.86	—	
	Also, Cellular Concretes		30 20	— —	1.11 1.43	— —	
	Sand & Gravel or Stone Aggregate (Oven Dried) Sand & Gravel or Stone Aggregate (Not Dried) Stucco		140 140 116	— — —	0.11 0.08 0.20	— — —	
PLASTERING MATERIALS	Cement Plaster, Sand Aggregate		116	—	0.20	—	
	Sand Aggregate	½	116	4.8	—	0.10	
	Sand Aggregate	¾	116	7.2	—	0.15	
	Gypsum Plaster						
	Lightweight Aggregate	½	45	1.88	—	0.32	
	Lightweight Aggregate	¾	45	2.34	—	0.39	
	Lightweight Aggregate on Metal Lath	¾	45	2.80	—	0.47	
	Perlite Aggregate		45	—	0.67	—	
	Sand Aggregate		105	—	0.18	—	
	Sand Aggregate	½	105	4.4	—	0.09	
	Sand Aggregate	¾	105	5.5	—	0.11	
	Sand Aggregate on Metal Lath Sand Aggregate on Wood Lath Vermiculite Aggregate	¾ ¾ ¾	105 105 45	6.6 — —	— — 0.59	0.13 0.40 —	
ROOFING	Asbestos-Cement Shingles		120	—	—	0.21	
	Asphalt Roll Roofing		70	—	—	0.15	
	Asphalt Shingles		70	—	—	0.44	
	Built-up Roofing	¾	70	2.2	—	0.33	
	Slate	½	201	8.4	—	0.05	
	Sheet Metal		—	—	Negl	—	
	Wood Shingles		40	—	—	0.94	
SIDING MATERIALS (On Flat Surface)	Shingles						
	Wood, 16", 7½" exposure		—	—	—	0.87	
	Wood, Double, 16", 12" exposure		—	—	—	1.19	
	Wood, Plus Insul Backer Board, ¾"		—	—	—	1.40	
	Siding						
	Asbestos-Cement, ¼" lapped		—	—	—	0.21	
	Asphalt Roll Siding		—	—	—	0.15	
	Asphalt Insul Siding, ½" Board		—	—	—	1.45	
	Wood, Drop, 1" x 8"		—	—	—	0.79	
	Wood, Bevel, ½" x 8", lapped		—	—	—	0.81	
	Wood, Bevel, ¾" x 10", lapped		—	—	—	1.05	
	Wood, Plywood, ¾", lapped		—	—	—	0.59	
	Structural Glass		—	—	—	0.10	
	FLOORING MATERIALS	Asphalt Tile	¾	120	1.25	—	0.04
		Carpet and Fibrous Pad		—	—	—	2.08
Carpet and Rubber Pad			—	—	—	1.23	
Ceramic Tile		1	—	—	—	0.03	
Cork Tile			25	—	2.22	—	
Cork Tile		¾	25	0.26	—	0.28	
Felt, Flooring			—	—	—	0.06	
Floor Tile		¾	—	—	—	0.05	
Linoleum		¾	80	0.83	—	0.08	
Plywood Subfloor		¾	34	1.77	—	0.78	
Rubber or Plastic Tile		¾	110	1.15	—	0.02	
Terrazzo		1	140	11.7	—	0.08	
Wood Subfloor		¾	32	2.08	—	0.98	
Wood, Hardwood Finish		¾	45	2.81	—	0.68	

Tabel A.3  
Thermal Resistances R-Building and Insulating Materials  
(deg F per Btu) / (hr) (sq ft)

MATERIAL	DESCRIPTION	THICKNESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R	
					Per Inch Thickness $\frac{1}{k}$	For Listed Thickness $\frac{1}{c}$
<b>INSULATING MATERIALS</b>						
BLANKET AND BATT*	Cotton Fiber		0.8 - 2.0	—	3.85	—
	Mineral Wool, Fibrous Form Processed From Rock, Slag, or Glass		1.5 - 4.0	—	3.70	—
	Wood Fiber Wood Fiber, Multi-layer Stitched Expanded		3.2 - 3.6 1.5 - 2.0	— —	4.00 3.70	— —
BOARD AND SLABS	Glass Fiber		9.5	—	4.00	—
	Wood or Cane Fiber Acoustical Tile	1/2	22.4	.93	—	1.19
	Acoustical Tile	3/4	22.4	1.4	—	1.78
	Interior Finish (Tile, Lath, Plank)		15.0	—	2.86	—
	Interior Finish (Tile, Lath, Plank)	1/2	15.0	0.62	—	1.43
	Roof Deck Slab Sheathing (Impreg or Coated)		20.0	—	2.63	—
	Sheathing (Impreg or Coated)	1/2	20.0	0.83	—	1.32
	Sheathing (Impreg or Coated)	3/4	20.0	1.31	—	2.06
	Cellular Glass Cork Board (Without Added Binder)		9.0 6.5 - 8.0	— —	2.50 3.70	— —
	Hog Hair (With Asphalt Binder) Plastic (Foamed) Wood Shredded (Cemented in Preformed Slabs)		8.5 1.62 22.0	— — —	3.00 3.45 1.82	— — —
LOOSE FILL	Macerated Paper or Pulp Products		2.5 - 3.5	—	3.57	—
	Wood Fiber: Redwood, Hemlock, or Fir		2.0 - 3.5	—	3.33	—
	Mineral Wool (Glass, Slag, or Rock)		2.0 - 5.0	—	3.33	—
	Sawdust or Shavings		8.0 - 15.0	—	2.22	—
	Vermiculite (Expanded)		7.0	—	2.08	—
ROOF INSULATION	All Types Preformed, for use above deck					
	Approximately	1/2	15.6	.7	—	1.39
	Approximately	1	15.6	1.3	—	2.78
	Approximately	1 1/2	15.6	1.9	—	4.17
	Approximately	2	15.6	2.6	—	5.26
	Approximately	2 1/2	15.6	3.2	—	6.67
	Approximately	3	15.6	3.9	—	8.33
<b>AIR</b>						
AIR SPACES	POSITION	HEAT FLOW				
	Horizontal	Up (Winter)	3/4 - 4	—	—	0.85
	Horizontal	Up (Summer)	3/4 - 4	—	—	0.78
	Horizontal	Down (Winter)	3/4	—	—	1.02
	Horizontal	Down (Winter)	1 1/2	—	—	1.15
	Horizontal	Down (Winter)	4	—	—	1.23
	Horizontal	Down (Winter)	8	—	—	1.25
	Horizontal	Down (Summer)	3/4	—	—	0.85
	Horizontal	Down (Summer)	1 1/2	—	—	0.93
	Horizontal	Down (Summer)	4	—	—	0.99
	Sloping 45°	Up (Winter)	3/4 - 4	—	—	0.90
	Sloping 45°	Down (Summer)	3/4 - 4	—	—	0.89
	Vertical	Horiz. (Winter)	3/4 - 4	—	—	0.97
	Vertical	Horiz. (Summer)	3/4 - 4	—	—	0.86
AIR FILM	POSITION	HEAT FLOW				
	Horizontal	Up		—	—	0.61
	Sloping 45°	Up		—	—	0.62
	Vertical	Horizontal		—	—	0.68
	Sloping 45°	Down		—	—	0.76
	Horizontal	Down		—	—	0.92
	15 Mph Wind	Any Position (For Winter)	Any Direction		—	—
7 1/2 Mph Wind	Any Position (For Summer)	Any Direction		—	—	0.25

\*When paper backing and facing is any, in cases where the insulation forms a boundary (highly reflective) of an air space, refer to Table 31, page 73

Tabel A. 4  
 Corrections in Outdoor Design Temperatur For Time Of Day  
 (For Cooling Load Estimates)

DAILY RANGE OF TEMPERATURE* (F)	DRY-OR WET-BULB	SUN TIME									
		AM			PM						
		8	10	12	2	3	4	5	6	8	10
10	Dry-Bulb	-9	-7	-5	-1	0	-1	-2	-5	-8	-9
	Wet-Bulb	-2	-2	-1	0	0	0	-1	-1	-2	-2
15	Dry-Bulb	-12	-9	-5	-1	0	-1	-2	-6	-10	-14
	Wet-Bulb	-3	-2	-1	0	0	0	-1	-1	-3	-4
20	Dry-Bulb	-14	-10	-5	-1	0	-1	-3	-7	-11	-16
	Wet-Bulb	-4	-3	-1	0	0	0	-1	-2	-3	-4
25	Dry-Bulb	-16	-10	-5	-1	0	-1	-3	-8	-13	-18
	Wet-Bulb	-4	-3	-1	0	0	0	-1	-2	-3	-5
30	Dry-Bulb	-18	-12	-6	-1	0	-1	-4	-10	-15	-21
	Wet-Bulb	-5	-3	-1	0	0	0	-1	-3	-4	-6
35	Dry-Bulb	-21	-14	-7	-1	0	-1	-6	-12	-18	-24
	Wet-Bulb	-6	-4	-2	0	0	0	-1	-3	-5	-7
40	Dry-Bulb	-24	-16	-8	-1	0	-1	-7	-14	-21	-28
	Wet-Bulb	-7	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-6	-9
45	Dry-Bulb	-25	-17	-8	-2	0	-2	-8	-16	-24	-31
	Wet-Bulb	-7	-5	-2	0	0	-1	-2	-4	-6	-10

\*Daily range of dry-bulb temperature is the difference between the highest and lowest dry-bulb temperature during a 24-hour period on a typical day. (See Table 1 for the value of daily range for a particular city).  
 †Outdoor design temperature at any time = Outdoor design temperature from Table 1 + Correction from above table.

Carrier, 1965, hal 1 - 18

Tabel A. 5  
 Recommended Inside Design Conditions \*-Summer And Winter

TYPE OF APPLICATION	SUMMER					WINTER				
	Deluxe		Commercial Practice			With Humidification			Without Humidification	
	Dry-Bulb (F)	Rel. Hum. (%)	Dry-Bulb (F)	Rel. Hum. (%)	Temp. Swing † (F)	Dry-Bulb (F)	Rel. Hum. (%)	Temp. Swing † (F)	Dry-Bulb (F)	Temp. Swing † (F)
GENERAL COMFORT Apt., House, Hotel, Office Hospital, School, etc.	74-76	50-45	77-79	50-45	2 to 4	74-76	35-30	-3 to -4	75-77	-4
RETAIL SHOPS (Short term occupancy) Bank, Barber or Beauty Shop, Dept. Store, Supermarket, etc.	76-78	50-45	78-80	50-45	2 to 4	72-74	35-30**	-3 to -4	73-75	-4
LOW SENSIBLE HEAT FACTOR APPLICATIONS (High Latent Load) Auditorium, Church, Bar, Restaurant, Kitchen, etc.	76-78	55-50	78-80	60-50	1 to 2	72-74	40-35	-2 to -3	74-76	-4
FACTORY COMFORT Assembly Areas, Machining Rooms, etc.	77-80	55-45	80-85	60-50	3 to 6	68-72	35-30	-4 to -6	70-74	-6

\*The room design dry-bulb temperature should be reduced when hot radiant panels are adjacent to the occupant and increased when cold panels are adjacent, to compensate for the increase or decrease in radiant heat exchange from the body. A hot or cold panel may be unshaded glass or glass block windows (hot in summer, cold in winter) and thin partitions with hot or cold spaces adjacent. An unheated slab floor on the ground or walls below the ground level are cold panels during the winter and frequently during the summer also. Hot tanks, furnaces or machines are hot panels.  
 †Temperature swing is above the thermostat setting at peak summer load conditions.  
 ‡Temperature swing is below the thermostat setting at peak winter load conditions (no lights, people or solar heat gain).  
 \*\*Winter humidification in retail clothing shops is recommended to maintain the quality texture of goods.

Carrier, 1965, hal 1 - 20

Tabel A. 6  
Over-All Factors For Solar Heat Gain Thru Glass  
WITH AND WITHOUT SHADING DEVICES

TYPE OF GLASS	GLASS FACTOR NO SHADE	INSIDE VENETIAN BLIND* 45° horiz. or vertical or ROLLER SHADE			OUTSIDE VENETIAN BLIND 45° horiz. slats		OUTSIDE SHADING SCREEN 17° horiz. slats		OUTSIDE AWNING† vent. sides & top	
		Light Color	Medium Color	Dark Color	Light Color	Light on Outside Dark on Inside	Medium** Color	Dark Color	Light Color	Med. or Dark Color
ORDINARY GLASS	1.00	.56	.65	.75	.15	.13	.22	.15	.20	.25
REGULAR PLATE (1/4 inch)	.94	.56	.65	.74	.14	.12	.21	.14	.19	.24
HEAT ABSORBING GLASS††										
40 to 48% Absorbing	.80	.56	.62	.72	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing	.73	.53	.59	.62	.11	.10	.16	.11	.15	.18
56 to 70% Absorbing	.62	.51	.54	.56	.10	.10	.14	.10	.12	.16
DOUBLE PANE										
Ordinary Glass	.90	.54	.61	.67	.14	.12	.20	.14	.18	.22
Regular Plate	.80	.52	.59	.65	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing outside; Ordinary Glass inside.	.52	.36	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.13
48 to 56% Absorbing outside; Regular Plate inside.	.50	.36	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.12
TRIPLE PANE										
Ordinary Glass	.83	.48	.56	.64	.12	.11	.18	.12	.16	.20
Regular Plate	.69	.47	.52	.57	.10	.10	.15	.10	.14	.17
PAINTED GLASS										
Light Color	.28									
Medium Color	.39									
Dark Color	.50									
STAINED GLASS††										
Amber Color	.70									
Dark Red	.56									
Dark Blue	.60									
Dark Green	.32									
Greyed Green	.46									
Light Opalescent	.43									
Dark Opalescent	.37									

Footnotes for Table 16 appear on next page.

Carrier, 1965, hal 1 - 52

Tabel A. 7  
Storage Load Factors, Solar Heat Gain Thru Glass

WITH BARE GLASS OR WITH EXTERNAL SHADE†  
24 Hour Operation, Constant Space Temperature†

EXPOSURE (South Lot)	WEIGHT‡ (lb per sq ft of floor area)	SUN TIME																				EXPOSURE (South Lot)				
		AM										PM														
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1		2	3	4	5
Southeast	150 & over	.17	.27	.33	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.22	.20	.19	.17	.15	.14	.12	.11	.10	.09	.08	.07	.07	.06	.06	Southeast
	100	.19	.31	.38	.39	.36	.34	.27	.24	.22	.21	.19	.17	.16	.14	.12	.10	.07	.08	.07	.06	.05	.05	.04	.03	
East	150 & over	.16	.26	.34	.39	.40	.38	.34	.30	.28	.26	.23	.22	.20	.18	.16	.14	.13	.12	.10	.09	.08	.08	.07	.06	East
	100	.16	.29	.40	.46	.46	.42	.36	.31	.28	.25	.23	.20	.18	.15	.14	.12	.11	.09	.08	.08	.06	.06	.05	.04	
Northeast	150 & over	.08	.14	.22	.31	.38	.43	.44	.43	.39	.35	.32	.29	.26	.23	.21	.19	.16	.15	.13	.12	.11	.10	.09	.08	Northeast
	100	.05	.12	.23	.35	.44	.49	.51	.47	.41	.36	.31	.27	.24	.21	.18	.16	.14	.12	.10	.09	.08	.08	.06	.06	
North	150 & over	.10	.10	.13	.20	.28	.35	.42	.48	.51	.51	.48	.42	.37	.33	.29	.26	.23	.21	.19	.17	.15	.14	.13	.12	North
	100	.07	.06	.12	.20	.30	.39	.48	.54	.58	.57	.53	.45	.37	.31	.27	.23	.20	.18	.16	.14	.12	.11	.10	.08	
Northwest	150 & over	.11	.10	.10	.10	.14	.21	.29	.36	.43	.47	.46	.40	.34	.30	.27	.24	.22	.20	.18	.16	.14	.13	.12	.12	Northwest
	100	.09	.09	.08	.09	.14	.22	.31	.42	.50	.55	.51	.44	.35	.29	.26	.22	.19	.17	.15	.13	.12	.11	.09	.09	
West	150 & over	.12	.11	.11	.10	.10	.10	.13	.19	.27	.36	.42	.44	.38	.33	.29	.26	.23	.21	.18	.16	.15	.13	.12	.12	West
	100	.09	.09	.09	.09	.09	.10	.12	.19	.30	.40	.48	.51	.42	.35	.30	.25	.22	.19	.16	.14	.13	.11	.09	.09	
Southwest	150 & over	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.12	.17	.25	.34	.39	.34	.29	.26	.23	.20	.18	.16	.14	.13	.12	.10	.10	Southwest
	100	.08	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.11	.19	.29	.40	.46	.40	.32	.26	.22	.19	.16	.14	.13	.11	.10	.08	.08	
South and Shade	150 & over	.16	.23	.33	.41	.47	.52	.57	.61	.66	.69	.72	.74	.59	.52	.46	.42	.37	.34	.31	.27	.25	.23	.21	.17	South and Shade
	100	.11	.33	.44	.51	.57	.62	.66	.70	.74	.76	.79	.80	.60	.51	.44	.37	.32	.29	.27	.23	.21	.18	.16	.13	
South and Shade	30	0	.48	.66	.76	.82	.87	.91	.93	.95	.97	.98	.98	.82	.74	.66	.61	.57	.54	.51	.48	.45	.42	.40	.37	South and Shade
	30	0	.48	.66	.76	.82	.87	.91	.93	.95	.97	.98	.98	.82	.74	.66	.61	.57	.54	.51	.48	.45	.42	.40	.37	

Cooling Load, Btu/hr = [Peak solar heat gain, Btu/(hr) (sq ft), (Table 6)]  
 × [Window area, sq ft]  
 × [Shade factor, Haze factor, etc., (Chapter 4)]  
 × [Storage factor, (above Table at desired time)]

glass — Any window with no inside shading device. Windows with shading devices on the outside or shaded by external projections are not bare glass.

Factors apply when maintaining a CONSTANT TEMPERATURE in the space during the operating period. Where the temperature is to swing, additional storage will result during peak load periods. Refer to Table 13 for applicable storage factors.

- per sq ft. of floor—
- on Bldg Exterior (One or more outside walls) ...  $\frac{(Weight\ of\ Outside\ Walls,\ lb) + \frac{1}{2}(Weight\ of\ Partitions,\ Floor\ and\ Ceiling,\ lb)}{Floor\ Area\ in\ Room,\ sq\ ft}$
- in Bldg Interior (No outside walls) ...  $\frac{\frac{1}{2}(Weight\ of\ Partitions,\ Floor\ and\ Ceiling,\ lb)}{Floor\ Area\ in\ Room,\ sq\ ft}$
- Basement Room (Floor on ground) ...  $\frac{(Weight\ of\ Outside\ Walls,\ lb) + (Weight\ of\ Floor,\ lb) + \frac{1}{2}(Weight\ of\ Partitions\ and\ Ceiling,\ lb)}{Floor\ Area\ in\ Room,\ sq\ ft}$
- entire Building or Zone ...  $\frac{(Weight\ of\ Outside\ Wall,\ Partitions,\ Floors,\ Ceilings,\ Structural\ Members\ and\ Supports,\ lb)}{Air\ Conditioned\ Floor\ Area,\ sq\ ft}$

Rug on floor—Weight of floor should be multiplied by 0.50 to compensate for insulating effect of rug.  
 Weights per sq ft of common types of construction are contained in Tables 21 thru 33, pages 66 thru 76.

Tabel A. 8  
Transmission Coeffesien U - Windows, Skylight,  
Doors & Glass Block Walls  
Btu / (hr) (sq ft) (deg F temp diff)

GLASS											
Air Space Thickness (in.)	Vertical Glass							Horizontal Glass			
	Single	Double			Triple			Single		Double (1/4")	
		1/4	1/2	3/4-4	1/4	1/2	3/4-4	Summer	Winter	Summer	Winter
Without Storm Windows	1.13	0.61	0.55	0.53	0.41	0.36	0.34	0.86	1.40	0.50	0.70
With Storm Windows	0.54							0.43	0.64		

DOORS		
Nominal Thickness of Wood (Inches)	U Exposed Door	U With Storm Door
1	0.69	0.35
1 1/4	0.59	0.32
1 1/2	0.52	0.30
1 3/4	0.51	0.30
2	0.46	0.28
2 1/2	0.38	0.25
3	0.33	0.23
Glass (3/4" Herculite)	1.05	0.43

HOLLOW GLASS BLOCK WALLS	
Description*	U
5 1/4 x 5 3/4 x 3 3/4" Thick—Nominal Size 6x6x4 (14)	0.60
7 1/4 x 7 3/4 x 3 3/4" Thick—Nominal Size 8x8x4 (14)	0.56
11 1/4 x 11 3/4 x 3 3/4" Thick—Nominal Size 12x12x4 (16)	0.52
7 3/4 x 7 3/4 x 3 3/4" Thick with glass fiber screen dividing the cavity (14)	0.48
11 3/4 x 11 3/4 x 3 3/4" Thick with glass fiber screen dividing the cavity (16)	0.44

Equation: Heat Gain or Loss, Btu/hr = (Area, sq ft) X (U value) X (outdoor temp - inside temp)

Carrier, 1965, hal 1 - 76

\*Italicized numbers in parentheses indicate weight in lb per sq ft.

Tabel A. 9  
Tahanan Kalor dan Kapasitas kalor dari Bahan bangunan  
(Architectural Institute of Japan)

Nama	Tahanan konduksi kaor ( $m^2 \text{ jam/kcal}$ )		Tahanan konduktivitas kalor ( $m \text{ jam}^\circ\text{C/kcal}$ )	Kapasitas kalor ( $\text{kcal/m}^3\text{C}$ )
	Tebal	R		
Tembaga		—	0,0030	819
Aluminium		—	0,0049	567
Besi		—	0,0242	821
Marmer		—	0,741	561
Tanah		—	1,9	378
Air		—	1,92	997
Beton (biasa)		—	0,714	481
Beton (ringan)		—	2,22	447
Beton (sinder)		—	1,45	427
Adukan semen		—	1,07	551
Plester (adukan kapur)		—	1,9	485
Kayu		—	7,35	247
Papan plester		—	5,46	204
Papan parit		—	5,75	196
Papan asbestos semen	6 mm	0,0055	—	302
Papan flexibel		—	1,89	311
Papan semen serbuk kayu	25 mm	0,20	—	147
Genteng		—	0,91	624
Batu bata	210 mm	0,400	—	332
Kaca	3 mm	0,0045	—	483
Aspal		—	1,6	491
Papan serabut lunak		—	19,8	110
Papan serabut keras		—	6,80	476
Rock wool (67 $\text{kg/m}^3$ )		—	18,4	13,4
Wol gelas (20 $\text{kg/m}^3$ )		—	26,5	4,0
Busa polyethylene (31 $\text{kg/m}^3$ )		—	39,1	?
Busa polyurethane keras (29 $\text{kg/m}^3$ )		—	46,7	?
Gabus dengan karbon (165 $\text{kg/m}^3$ )		—	21,5	66
Batu apung (1,2–20 mm)		—	11	132
Wol		—	10	52
Udara (20°C)		—	45,5	0,289

Tabel A. 10  
Faktor Absorpsi Radiasi Matahari  $\epsilon$  dari Dinding

Warna	Contoh	$\epsilon$
Gelap	Hitam, aspal	0,9
Sedang	Hijau muda, biru muda, kelabu, permukaan beton	0,7
Terang	Putih, krem	0,5

\*Dari the Society of Heating, Air Conditioning & Sanitary Engineers of Japan.

Arismunandar, 1991, hal 58

Tabel A. 11  
Typical Diversity factors For Large Building  
( Apply to Refrigeration Capacity )

TYPE OF APPLICATION	DIVERSITY FACTOR	
	People	Lights
Office	.75 to .90	.70 to .85
Apartment, Hotel	.40 to .60	.30 to .50
Department Store	.80 to .90	.90 to 1.0
Industrial*	.85 to .95	.80 to .90

Equation:

$$\begin{aligned} &\text{Cooling Load (for people and lights), Btu/hr} \\ &= (\text{Heat Gain, Btu/hr, Chapter 7}) \\ &\quad \times (\text{Storage Factor, Table 12}) \times (\text{Diversity Factor, above table}) \end{aligned}$$

\*A diversity factor should also be applied to the machinery load. Refer to Chapter 7.

Carrier, 1965, hal 1 - 38



Tabel A. 12  
Heat Gain From People

DEGREE OF ACTIVITY	TYPICAL APPLICATION	Metabolic Rate (Adult Male) Btu/hr	Average Adjusted Metabolic Rate* Btu/hr	ROOM DRY-BULB TEMPERATURE									
				82 F		80 F		78 F		75 F		70 F	
				Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr	
				Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent
Seated at rest	Theater, Grade School	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Seated, very light work	High School	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Office worker	Offices, Hotels, Apts., College	475	450	180	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Standing, walking slowly	Dept., Retail, or Variety Store	550											
Walking, seated	Drug Store	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Standing, walking slowly	Bank	550											
Sedentary work	Restaurant†	500	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Light bench work	Factory, light work	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Moderate dancing	Dance Hall	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Walking, 3 mph	Factory, fairly heavy work	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Heavy work	Bowling Alley‡, Factory	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

\*Adjusted Metabolic Rate is the metabolic rate to be applied to a mixed group of people with a typical percent composition based on the following factors:  
 Metabolic rate, adult female = Metabolic rate, adult male x 0.85  
 Metabolic rate, children = Metabolic rate, adult male x 0.75

†Restaurant—Values for this application include 60 Btu per hr for food per individual (30 Btu sensible and 30 Btu latent heat per hr).

‡Bowling—Assume one person per alley actually bowling and all others sitting, metabolic rate 400 Btu per hr; or standing, 550 Btu per hr.

Tabel A. 13  
Infiltration Thru Windows And Doors-Crack Method-Summer-Winter

—DOUBLE HUNG WINDOWS—UNLOCKED ON WINDWARD SIDE

TYPE OF DOUBLE HUNG WINDOW	CFM PER LINEAR FOOT OF CRACK											
	Wind Velocity—Mph											
	5		10		15		20		25		30	
	No W-Strip	W-Strip	No W-Strip	W-Strip	No W-Strip	W-Strip	No W-Strip	W-Strip	No W-Strip	W-Strip	No W-Strip	W-Strip
Wood Sash												
Average Window	.12	.07	.35	.22	.65	.40	.98	.60	1.33	.82	1.73	1.05
Poorly Fitted Window	.45	.10	1.15	.32	1.85	.57	2.60	.85	3.30	1.18	4.20	1.53
Poorly Fitted—with Storm Sash	.23	.05	.57	.16	.93	.29	1.30	.43	1.60	.59	2.10	.76
Metal Sash	.33	.10	.78	.32	1.23	.53	1.73	.77	2.3	1.00	2.8	1.27

—CASEMENT TYPE WINDOWS ON WINDWARD SIDE

TYPE OF CASEMENT WINDOW AND TYPICAL CRACK SIZE	CFM PER LINEAR FOOT OF CRACK						
	Wind Velocity—Mph						
	5	10	15	20	25	30	
Rolled Section—Steel Sash							
Industrial Pivoted $\frac{1}{4}$ " crack		.87	1.80	2.9	4.1	5.1	6.2
Architectural Projected $\frac{1}{2}$ " crack		.25	.60	1.03	1.43	1.86	2.3
Architectural Projected $\frac{3}{4}$ " crack		.33	.87	1.47	1.93	2.5	3.0
Residential Casement $\frac{1}{4}$ " crack		.10	.30	.55	.78	1.00	1.23
Residential Casement $\frac{1}{2}$ " crack		.23	.53	.87	1.27	1.67	2.10
Heavy Casement Section Projected $\frac{1}{4}$ " crack		.05	.17	.30	.43	.58	.80
Heavy Casement Section Projected $\frac{1}{2}$ " crack		.13	.40	.63	.90	1.20	1.53
Hollow Metal—Vertically Pivoted		.50	1.46	2.40	3.10	3.70	4.00

Infiltration caused by stack effect must be calculated separately during the winter.  
No allowance has been made for usage. See Table 43 for infiltration due to usage.

Carrier, 1965, hal 1 - 95

—DOORS† ON WINDWARD SIDE

TYPE OF DOOR	CFM PER LINEAR FOOT OF CRACK						
	Wind Velocity—mph						
	5	10	15	20	25	30	
Glass Door—Herculite							
Good Installation $\frac{1}{4}$ " crack	3.2	6.4	9.6	13.0	16.0	19.0	
Average Installation $\frac{3}{8}$ " crack	4.8	10.0	14.0	20.0	24.0	29.0	
Poor Installation $\frac{1}{2}$ " crack	6.4	13.0	19.0	26.0	26.0	36.0	
Ordinary Wood or Metal							
Well Fitted—W-Strip	.45	.60	.90	1.3	1.7	2.1	
Well Fitted—No W-Strip	.90	1.2	1.8	2.6	3.3	4.2	
Poorly Fitted—No W-Strip	.90	2.3	3.7	5.2	6.6	8.4	
Factory Door $\frac{1}{4}$ " crack	3.2	6.4	9.6	13.0	16.0	19.0	

Tabel A. 14  
Ventilation Standards

APPLICATION	SMOKING	CFM PER PERSON		CFM PER
		Recommended	Minimum*	SQ FT OF FLOOR Minimum*
Apartment (Average De Luxe)	Some	20	15	—
	Some	30	25	.33
Banking Space	Occasional	10	7½	—
Barber Shops	Considerable	15	10	—
Beauty Parlors	Occasional	10	7½	—
Broker's Board Rooms	Very Heavy	50	30	—
Cocktail Bars	Heavy	30	25	—
Corridors (Supply or Exhaust)	—	—	—	.25
Department Stores	None	7½	5	.05
Directors Rooms	Extreme	50	30	—
Drug Stores †	Considerable	10	7½	—
Factories † ‡	None	10	7½	.10
Five and Ten Cent Stores	None	7½	5	—
Funeral Parlors	None	10	7½	—
Garage †	—	—	—	1.0
Hospitals (Operating Rooms † ** Private Rooms Wards)	None	—	—	2.0
	None	30	25	.33
	None	20	15	—
Hotel Rooms	Heavy	30	25	.33
Kitchen (Restaurant † Residence)	—	—	—	4.0
	—	—	—	2.0
Laboratories †	Some	20	15	—
Meeting Rooms	Very Heavy	50	30	1.25
Office (General Private Private)	Some	15	10	—
	None	25	15	.25
	Considerable	30	25	.25
Restaurant (Cafeteria † Dining Room †)	Considerable	12	10	—
	Considerable	15	12	—
School Rooms †	None	—	—	—
Shop Retail	None	10	7½	—
Theater †	None	7½	5	—
Theater	Some	15	10	—
Toilets † (Exhaust)	—	—	—	2.0

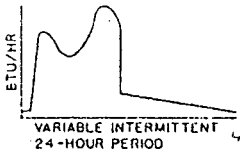
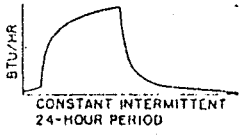
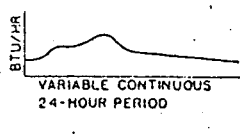
\* minimum is used, use the larger.  
† local codes which may govern.  
‡ to be governed by exhaust.

§ Use these values unless governed by other sources of contamination or by local codes.  
\*\* All outdoor air is recommended to overcome explosion hazard of anesthetics.

Tabel A. 15  
Storage Factors, Space Temperatur Swing

Btu/(hr) (deg F swing) (sq ft of floor area)

NOTE: This reduction is to be taken at the time of peak load only.

TYPE APPLICATION		WEIGHT (lb/sq ft floor area)	GLASS RATIO‡ (%)	HOURS OF OPERATION											
				24			16			12					
				Temperature Swing (F)											
Load Pattern	Bldg Type			1-2	3-4	5-6	1-2	3-4	5-6	1-2	3-4	5-6			
 VARIABLE INTERMITTENT 24-HOUR PERIOD	Office Bldg Periphery, Except North Side	150 and Over	75	1.90	1.80	1.65	1.80	1.70	1.55	1.60	1.50	1.40			
			50	1.70	1.60	1.45	1.60	1.50	1.35	1.50	1.35	1.25			
			25	1.50	1.40	—	1.40	1.30	—	1.30	1.20	1.10	—		
			75	1.70	1.60	1.45	1.50	1.45	1.35	1.40	1.35	1.30	1.20		
			100	50	1.50	1.40	1.30	1.35	1.30	1.20	1.30	1.25	1.10		
			25	1.35	1.25	1.20	1.25	1.00	.90	1.20	.95	.70			
 CONSTANT INTERMITTENT 24-HOUR PERIOD	Interior Zones† Department Stores, Factories	150 and Over	—	1.60	1.55	1.50	1.50	1.45	—	1.35	—	—			
			100	—	1.40	1.38	1.36	1.30	1.28	1.25	1.25	1.20	—		
			30	—	.95	.92	.90	.90	.88	.85	.85	.80	—		
		 VARIABLE CONTINUOUS 24-HOUR PERIOD	Apartment Houses, Hotels, Hospitals Residences	150 and Over	75	1.85	1.75	1.40	—	—	—	—	—	—	
					50	1.65	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—
					25	1.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	75			1.55	1.45	1.40	—	—	—	—	—	—	—		
	100			50	1.40	1.35	—	—	—	—	—	—	—		
	25			1.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	75	1.20	1.10	.95	—	—	—	—	—	—	—				
	50	1.10	.90	.80	—	—	—	—	—	—	—				
	25	.85	.70	—	—	—	—	—	—	—	—				

† Reduction in Peak Cooling Load, Btu/hr = (Floor Area, sq ft) × (Desired Temp Swing, Table 4, page 20) × (Storage Factor, above table)

‡ Weight per sq ft of floor may be obtained from equation on page 30.

§ 12-hour operation, use a 2 degree max temp swing.

¶ Ratio is the percent of glass area to the total wall area.

Tabel A. 16  
Typical Bypass Factors

(For Various Applications)

COIL BYPASS FACTOR	TYPE OF APPLICATION	EXAMPLE
0.30 to 0.50	A <i>small</i> total load or a load that is somewhat larger with a low sensible heat factor (high latent load).	Residence
0.20 to 0.30	Typical comfort application with a <i>relatively small</i> total load or a low sensible heat factor with a somewhat larger load.	Residence, Small Retail Shop, Factory
0.10 to 0.20	Typical comfort application.	Dept. Store, Bank, Factory
0.05 to 0.10	Applications with high internal sensible loads or requiring a large amount of outdoor air for ventilation.	Dept. Store, Restaurant, Factory
0 to 0.10	All outdoor air applications.	Hospital Operating Room, Factory

Carrier, 1965, hal 1 - 127

Tabel A. 17  
Apparatus Dew Point

90 - 80 F DB

ROOM CONDITIONS				EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*											
DB	RH	WB	W	ESHF	ADP										
(F)	(%)	(F)	(gr/lb)		1.00	.96	.92	.88	.84	.80	.76	.72	.68	.64	.60
20	62.7	42.0			43.5	41	39	37	35	32	29	24	22		
25	65.1	52.7			49.6	48	46	44	41	39	36	32	22		
30	67.3	63.6			54.5	52	50	48	46	42	38	34	24		
35	69.3	74.2			58.8	57	55	53	50	48	45	42	33		
40	71.2	84.8			62.4	61	59	57	55	52	48	44	40		
45	73.0	95.5			65.8	65	63	61	59	56	52	49	43		
50	74.9	106.4			68.9	68	66	63	61	58	56	53	47		
55	76.7	117.5			71.6	71	69	67	66	62	59	57	50		
60	78.4	128.4			74.2	73	71	69	67	64	62	59	50		
65	80.0	139.6			76.8	75	74	72	71	69	66	64	59		
70	81.6	151.0			79.0	78	77	76	74	72	69	66	58		

ROOM CONDITIONS				EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*											
DB	RH	WB	W	ESHF	ADP										
(F)	(%)	(F)	(gr/lb)		1.00	.91	.87	.80	.75	.72	.68	.65	.63	.60	
45	66.7	73.5			58.5	57	56	54	52	50	46	41	37		
50	68.2	81.9			61.3	60	58	56	54	50	47	42	37		
55	69.8	90.2			64.2	63	62	60	58	54	50	44	36		
60	71.3	98.5			66.7	66	64	62	60	58	55	52	44		
65	72.8	107.0			69.1	68	66	64	62	60	58	56	49		
70	74.2	115.5			71.2	70	69	68	67	65	63	60	56		

20	39.6	35.8			39.4	38	36	34	32	30	28	26	22	
25	61.7	44.8			45.2	44	42	40	37	35	32	28	20	
30	63.7	54.1			50.2	48	46	44	40	38	35	31	22	
35	65.5	62.9			54.1	52	50	48	45	41	38	32	27	
40	67.4	71.7			57.9	56	54	52	50	48	44	40	32	
45	69.1	81.1			61.2	60	58	56	54	51	46	41	36	
50	70.8	90.1			64.2	63	61	59	57	54	51	48	39	
55	72.3	99.4			66.9	66	65	63	61	57	54	52	47	
60	73.9	108.8			69.5	69	67	65	63	60	58	55	49	
65	75.5	118.2			71.9	71	69	67	65	63	61	58	54	
70	77.0	127.6			74.0	73	71	69	67	66	64	62	55	

35	63.3	57.0			51.6	49	48	46	43	39	36	31	27	
40	65.0	65.1			55.2	53	52	50	48	45	41	38	31	

35	62.5	59.2			50.8	49	47	45	43	39	36	32	21	
40	64.2	63.2			54.4	53	51	49	47	45	41	36	23	
45	65.9	71.2			57.6	57	56	54	52	50	47	43	26	
50	67.5	79.0			60.5	59	58	57	55	53	50	45	31	
55	69.0	87.4			63.2	62	60	58	56	53	51	47	35	
60	70.5	95.4			65.8	65	63	61	59	56	53	50	46	
65	71.9	103.7			68.2	67	66	65	64	62	60	57	52	
70	73.3	111.9			70.3	69	68	66	64	62	58	56	53	

20	56.4	30.4			35.4	34	32	30	28	26	24	22	20	
25	58.3	36.0			40.9	39	37	35	33	31	28	24	21	
30	60.0	42.6			45.7	44	42	40	38	36	32	28	21	
35	61.8	49.8			49.8	48	46	44	42	40	37	29	24	
40	63.5	61.2			53.5	52	51	49	47	44	41	36	28	
45	65.1	68.9			56.8	56	54	52	50	48	45	41	31	
50	66.7	74.7			59.7	58	56	54	52	49	46	42	39	
55	68.2	84.6			62.3	61	60	58	56	54	50	47	40	
60	69.6	92.3			64.8	64	63	61	59	57	53	50	47	
65	71.1	100.4			67.2	66	65	64	62	60	58	54	47	
70	72.4	108.3			69.4	68	67	66	65	63	61	58	53	

See page 147 for notes.

Tabel A. 17  
Apparatus Dew Point (continue)

79 - 72 F DB

DB (F)	ROOM CONDITIONS			EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*										
	RH (%)	WB (F)	W (gr/lb)											
				ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.83	.79	.75	.73	
79	35	61.0	51.5	ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.89	.85	.82	.78	.75	.73
	40	62.7	59.2	ESHF	ADP	1.00	.97	.90	.84	.80	.76	.74	.71	.69
	45	64.3	66.7	ESHF	ADP	1.00	.91	.83	.78	.75	.72	.70	.67	.65
	50	65.9	74.2	ESHF	ADP	1.00	.89	.80	.75	.71	.68	.66	.63	.61
	55	67.4	81.9	ESHF	ADP	1.00	.96	.82	.74	.69	.66	.63	.60	.58
	60	68.8	89.3	ESHF	ADP	1.00	.90	.76	.69	.64	.61	.57	.55	.54
	65	70.2	97.0	ESHF	ADP	1.00	.84	.71	.64	.59	.56	.54	.52	.51
70	71.6	104.8	ESHF	ADP	1.00	.81	.71	.65	.58	.54	.52	.50	.48	

DB (F)	ROOM CONDITIONS			EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*										
	RH (%)	WB (F)	W (gr/lb)											
				ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.84	.81	.79	.77	.74
76	35	58.9	46.7	ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.84	.81	.79	.77	.74
	40	60.4	53.7	ESHF	ADP	1.00	.96	.89	.84	.81	.78	.76	.72	.70
	45	61.9	60.4	ESHF	ADP	1.00	.94	.86	.81	.77	.74	.71	.69	.67
	50	63.4	67.4	ESHF	ADP	1.00	.93	.83	.77	.73	.69	.67	.65	.63
	55	64.9	74.0	ESHF	ADP	1.00	.94	.82	.75	.70	.67	.65	.62	.60
	60	66.2	80.9	ESHF	ADP	1.00	.90	.77	.70	.66	.62	.60	.58	.57
	65	67.6	87.6	ESHF	ADP	1.00	.84	.72	.65	.61	.58	.56	.54	.53
70	68.9	94.6	ESHF	ADP	1.00	.80	.67	.60	.56	.54	.52	.51	.50	

DB (F)	ROOM CONDITIONS			EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*										
	RH (%)	WB (F)	W (gr/lb)											
				ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.83	.79	.77	.75	.73
78	35	60.3	50.0	ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.83	.79	.77	.75	.73
	40	61.9	57.3	ESHF	ADP	1.00	.93	.87	.82	.79	.77	.73	.71	.69
	45	63.5	64.6	ESHF	ADP	1.00	.95	.86	.81	.76	.74	.70	.68	.66
	50	65.0	71.9	ESHF	ADP	1.00	.94	.83	.76	.73	.70	.67	.64	.62
	55	66.6	79.2	ESHF	ADP	1.00	.96	.83	.75	.70	.65	.62	.60	.59
	60	67.9	86.4	ESHF	ADP	1.00	.90	.82	.76	.69	.64	.60	.57	.55
	65	69.3	93.8	ESHF	ADP	1.00	.85	.77	.71	.67	.62	.58	.54	.52
70	70.6	101.2	ESHF	ADP	1.00	.71	.66	.62	.59	.55	.52	.50	.48	

DB (F)	ROOM CONDITIONS			EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*										
	RH (%)	WB (F)	W (gr/lb)											
				ESHF	ADP	1.00	.98	.94	.92	.89	.85	.82	.80	.79
75	20	53.2	25.7	ESHF	ADP	1.00	.98	.94	.92	.89 <td>.85</td> <td>.82</td> <td>.80</td> <td>.79</td>	.85	.82	.80	.79
	25	54.8	32.1	ESHF	ADP	1.00	.95	.92	.90	.88	.86	.84		
	30	56.5	38.5	ESHF	ADP	1.00	.97	.93	.90	.87	.85	.82	.80	.79
	35	58.1	45.2	ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.84	.80	.78	.76	.75
	40	59.6	51.8	ESHF	ADP	1.00	.96	.89	.84	.81	.79	.76	.73	.71
	45	61.1	58.2	ESHF	ADP	1.00	.94	.87	.81	.77	.75	.72	.69	.67
	50	62.6	65.0	ESHF	ADP	1.00	.92	.84	.78	.74	.71	.69	.66	.64
55	64.0	71.5	ESHF	ADP	1.00	.94	.87	.78	.73	.69	.65	.63	.61	
60	65.3	77.9	ESHF	ADP	1.00	.90	.77	.71	.66	.63	.61	.59	.58	
65	66.7	84.2	ESHF	ADP	1.00	.84	.72	.65	.61	.59	.57	.55	.54	
70	68.0	91.2	ESHF	ADP	1.00	.80	.73	.68	.61	.57	.54	.52	.51	

DB (F)	ROOM CONDITIONS			EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*										
	RH (%)	WB (F)	W (gr/lb)											
				ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.83	.79	.77	.75	.74
77	35	59.6	48.3	ESHF	ADP	1.00	.96	.91	.87	.83	.79	.77	.75	.74
	40	61.2	55.5	ESHF	ADP	1.00	.96	.89	.84	.81	.78	.76	.73	.70
	45	62.7	62.4	ESHF	ADP	1.00	.94	.86	.81	.77	.74	.72	.69	.66
	50	64.2	69.7	ESHF	ADP	1.00	.94	.84	.77	.73	.70	.68	.65	.63
	55	65.6	76.6	ESHF	ADP	1.00	.95	.83	.75	.70	.67	.63	.61	.59
	60	67.1	83.6	ESHF	ADP	1.00	.89	.82	.77	.73	.67	.62	.58	.56
	65	68.5	90.6	ESHF	ADP	1.00	.84	.72	.64	.60	.57	.54	.54	.53

DB (F)	ROOM CONDITIONS			EFFECTIVE SENSIBLE HEAT FACTOR AND APPARATUS DEWPOINT*										
	RH (%)	WB (F)	W (gr/lb)											
				ESHF	ADP	1.00	.98	.93	.89	.86	.83	.81	.79	.77
72	35	55.9	40.8	ESHF	ADP	1.00	.98	.93	.89	.86	.83	.81	.79	.77
	40	57.3	46.7	ESHF	ADP	1.00	.95	.92	.87	.84	.81	.77	.75	.73
	45	58.7	52.7	ESHF	ADP	1.00	.94	.87	.82	.79	.76	.74	.71	.69
	50	60.1	58.8	ESHF	ADP	1.00	.92	.84	.81	.77	.73	.70	.68	.66
	55	61.4	64.4	ESHF	ADP	1.00	.93	.83	.77	.73	.68	.66	.64	.63
	60	62.7	70.1	ESHF	ADP	1.00	.91	.81	.75	.71	.66	.64	.62	.60
	65	64.0	75.8	ESHF	ADP	1.00	.84	.74	.68	.64	.60	.58	.56	.55

See page 747 for notes.

# Specifications

## UAT Series

Model		UAT05J	UAT06J	UAT09J	UAT10J	UAT12J	UAT14J	UAT14JA
Cooling capacity (50/60Hz)	kcal/h	12,700/14,000	13,600/15,500	20,000/23,000	23,000/25,200	26,600/30,000	30,300/-	30,300/33,400
	Btu/h	50,300/55,500	53,900/61,500	79,300/91,200	91,200/100,000	105,500/119,100	120,300/-	120,300/132,500
	kW	14.7/16.2	15.8/18.0	23.2/26.7	26.7/29.3	30.9/34.8	35.2/-	35.2/38.8
Starting method		Direct on line						
Compressor		Hermetically sealed reciprocating type						
Refrigerant		R22						
Charge	kg	3.2	3.3	4.7	4.7	6.0	3.9 x 2	5.4 x 2
Air flow rate (50/60Hz)	m <sup>3</sup> /min.	55	63	85	90	95	113	113
	cfm	1,840	2,220	3,000	3,180	3,350	3,990	3,990
Casing color		Ivory white						
Dimensions (H x W x D)	mm	900 x 980 x 1,270	900 x 980 x 1,270	1,000 x 1,175 x 1,450	1,000 x 1,175 x 1,450	1,000 x 1,175 x 1,450	1,100 x 1,785 x 1,660	1,630 x 1,785 x 1,660
Machine weight (Approx.)	kg	240	255	300	330	340	530	510

Model		UAT16J	UAT16JA	UAT19J	UAT19JA	UAT22J	UAT22JA	UAT30H
Cooling capacity (50/60Hz)	kcal/h	36,500/-	38,500/43,100	42,800/-	42,800/46,500	51,000/-	51,000/56,500	83,500/92,600
	Btu/h	152,800/-	152,800/171,000	169,900/-	169,900/184,500	202,500/-	202,500/224,200	331,000/368,000
	kW	44.8/-	44.8/50.1	49.8/-	49.8/54.1	59.3/-	59.3/65.7	97.1/107.7
Starting method		Direct on line						
Compressor		Hermetically sealed reciprocating type						
Refrigerant		R22						
Charge	kg	3.7 x 2	5.2 x 2	5.0 x 2	6.5 x 2	5.0 x 2	6.5 x 2	13.5
Air flow rate (50/60Hz)	m <sup>3</sup> /min.	142	142	170	170	200	200	295
	cfm	5,010	5,010	6,000	6,000	7,060	7,060	10,410
Casing color		Ivory white						
Dimensions (H x W x D)	mm	1,100 x 1,785 x 1,660	1,630 x 1,785 x 1,660	1,300 x 1,965 x 1,760	1,635 x 1,965 x 1,760	1,300 x 1,965 x 1,760	1,635 x 1,965 x 1,760	1,755 x 2,860 x 1,340
Machine weight (Approx.)	kg	560	540	650	630	660	640	1,080

**NOTES**

- Cooling capacities are based on the following operating conditions:  
Indoor air temp. .... 27°C DB, 19.5°C WB  
Outdoor temp. .... 35°C DB
- Cooling capacities are gross capacities which do not include a deduction for evaporator fan motor heat.
- Cooling capacity for 50Hz only models are the same as that for 50Hz on the 50/60Hz models.
- The R718B100BB are precharged with refrigerant at the factory; the RU05J - 22JA must be charged on the site.  
Refrigerant charge listed on parentheses denote those to be charged on the site.
- Power supply:

**FD + RU Series**

Model	Power supply
FD0304M + R718B100BB	VI 1 phase, 220 - 240V, 50Hz Y1 3-phase, 380 - 415V, 50Hz VHL 1 phase, 200/220V, 50/60Hz
FD05J - 22J + RU05J - 22J	Y1 3-phase, 380 - 415V, 50Hz
FD05J - 11J + RU05J - 11J	YH 3-phase, 346 - 380/380 - 400V, 50/60Hz
FD16/22J + RU16JA/22JA	TH 3-phase, 220/220 - 240V, 50/60Hz

**UAT Series**

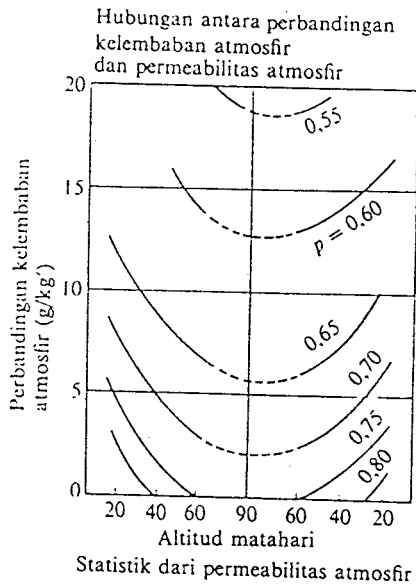
Model	Power supply
UAT05J - 22J, 30H	Y1 3-phase, 380 - 415V, 50Hz
UAT05J - 12J, 14JA - 22JA	YH 3-phase, 346 - 380/380 - 400V, 50/60Hz TH 3-phase, 220/220 - 240V, 50/60Hz
UAT30H	TO 3-phase, 200/200 - 220V, 50/60Hz

**6 Optional accessories for UAT Series**

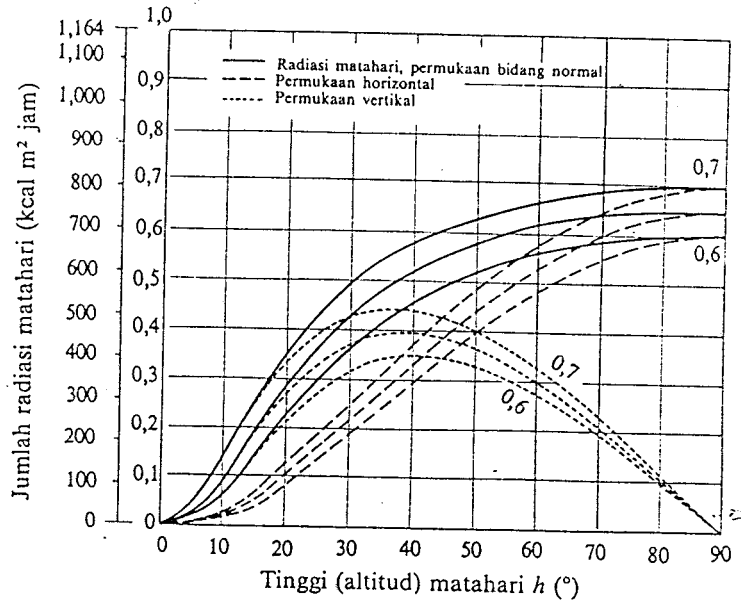
- Built in electric heater ..... UAT05J - 22J, 14JA - 22JA
- Remote controller
- Head pressure control system ..... For all models
- Condenser protection net
- Electric duct heater

\* 7 The condensing units; RU05J - 22JY1 and R718BVI Y1, 100 BY1 or UAT05J - 22JY1E Series with anti-corrosion treatment will be available as a series identified by the suffix "E"

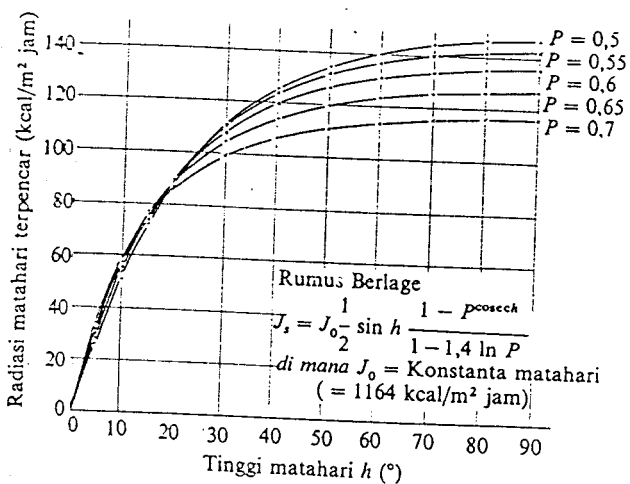




Gbr.A.1. Beberapa Contoh observasi terhadap permeabilitas atmosfer.  
Arismunandar, 1991, hal 39

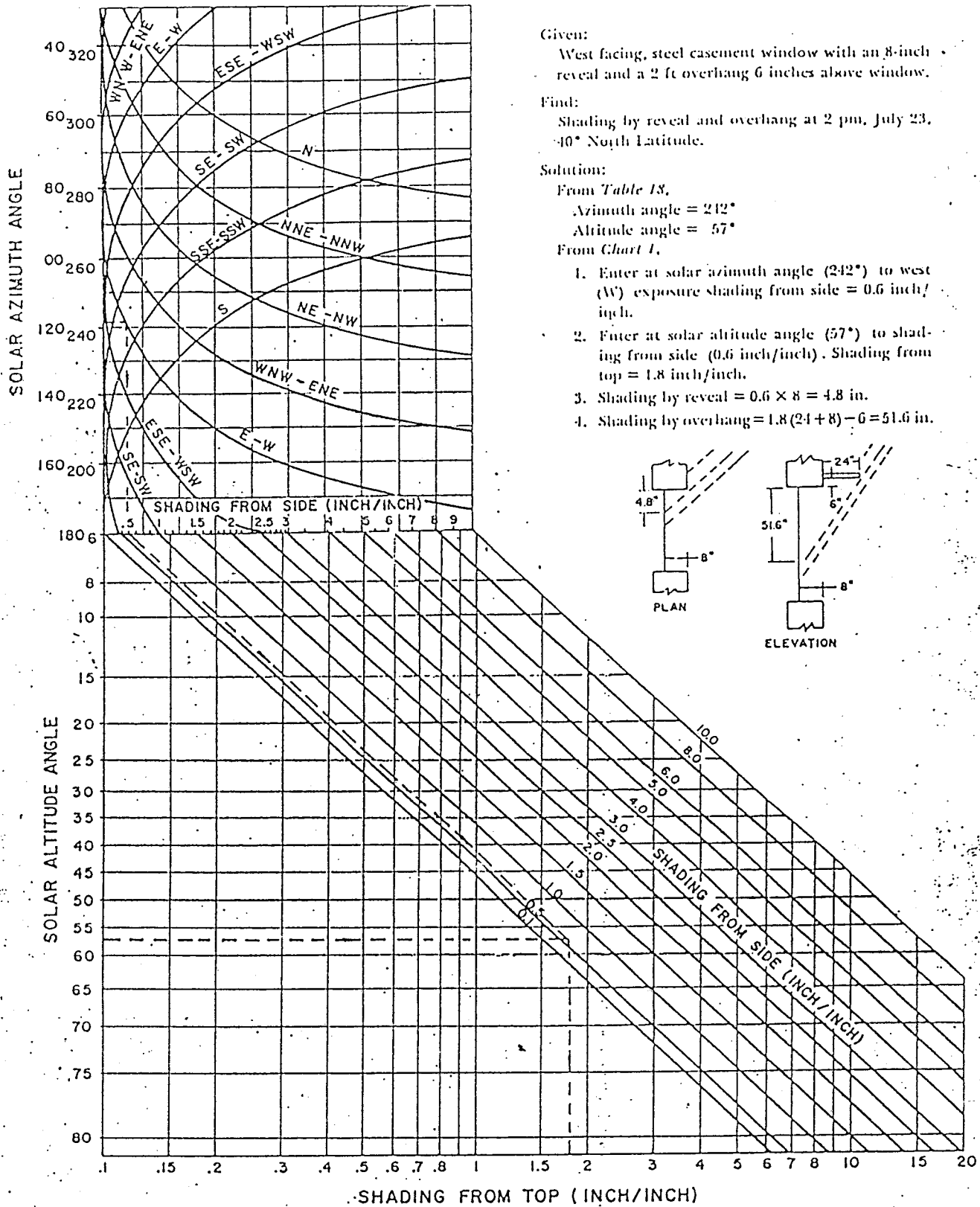


Gbr.A.2. Diagram Perhitungan dan persamaan  $J_n$ ,  $J_h$  dan  $J_v$   
Arismunandar, 1991, hal 38



Gbr. A.3. Radiasi matahari terpencar (menurut rumus Berlage)  
Arismunandar, 1991, hal 41

Gbr. A. 4. Shading From Reveals, Overhangs, Fins and Adjacent Building



Given:

West facing, steel casement window with an 8-inch reveal and a 2 ft overhang 6 inches above window.

Find:

Shading by reveal and overhang at 2 pm, July 23, 40° North Latitude.

Solution:

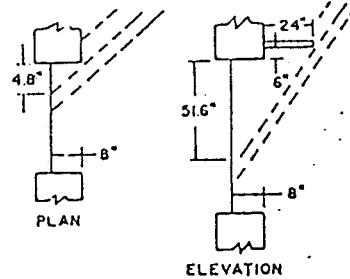
From Table 13,

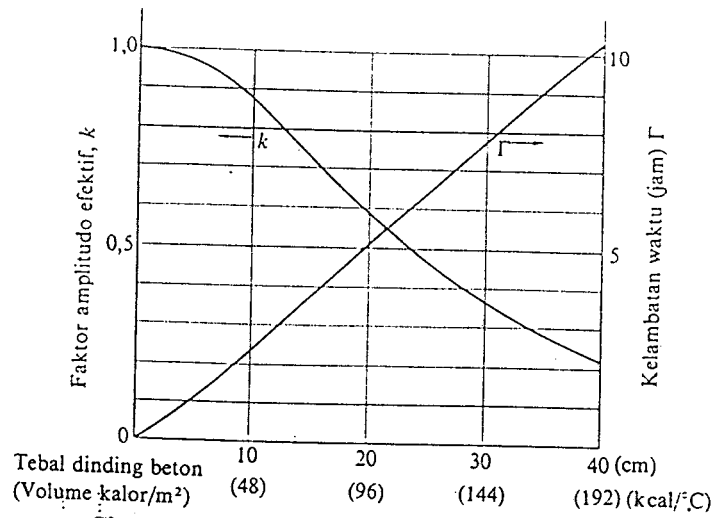
Azimuth angle = 212°

Altitude angle = 57°

From Chart 1,

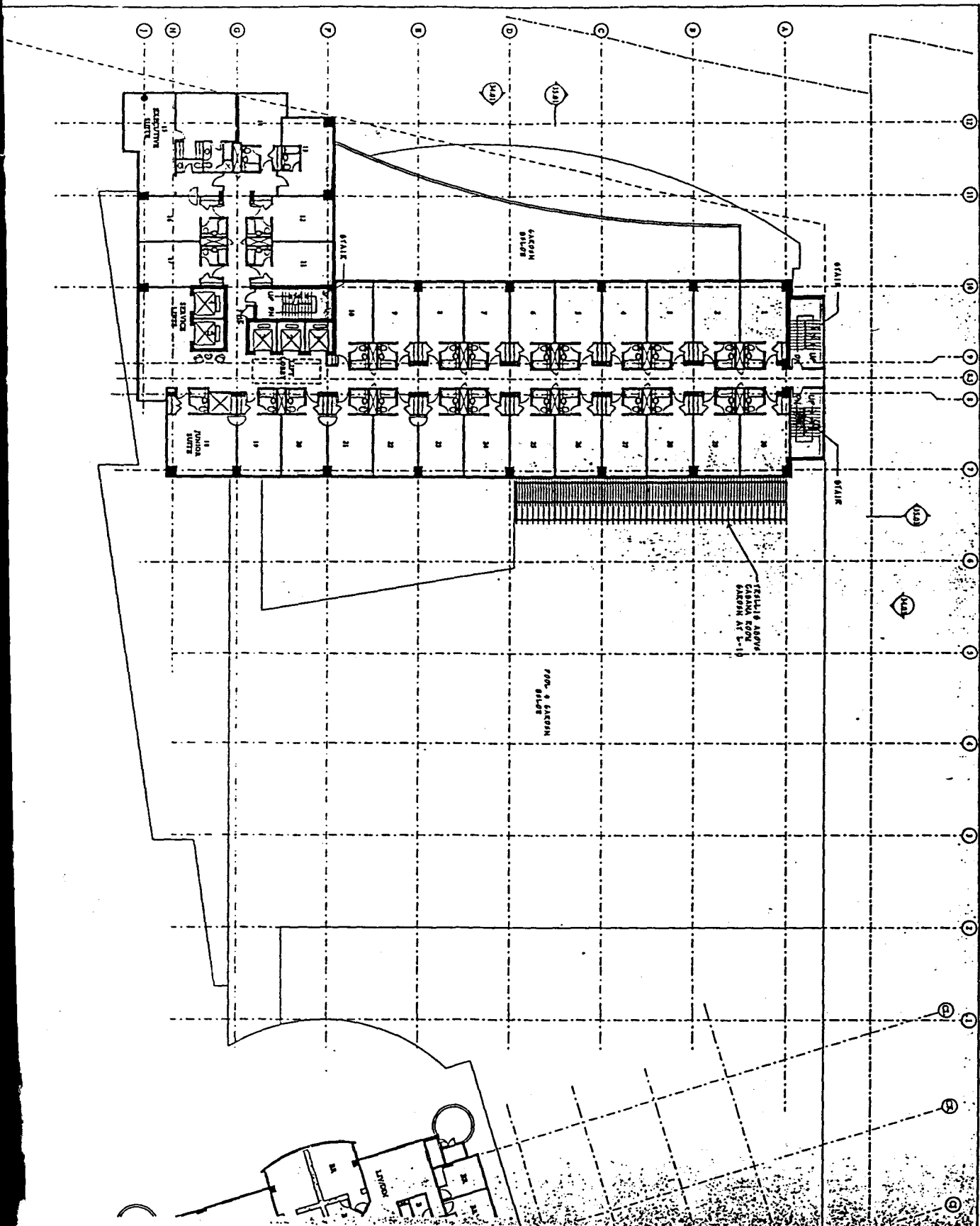
1. Enter at solar azimuth angle (212°) to west (W) exposure shading from side = 0.6 inch/inch.
2. Enter at solar altitude angle (57°) to shading from side (0.6 inch/inch). Shading from top = 1.8 inch/inch.
3. Shading by reveal =  $0.6 \times 8 = 4.8$  in.
4. Shading by overhang =  $1.8(2+8) - 6 = 51.6$  in.





Gbr. A.5. Cara menetapkan ETD udara selama satu hari dengan menggunakan K dan T

Arismunandar, 1991, hal 68



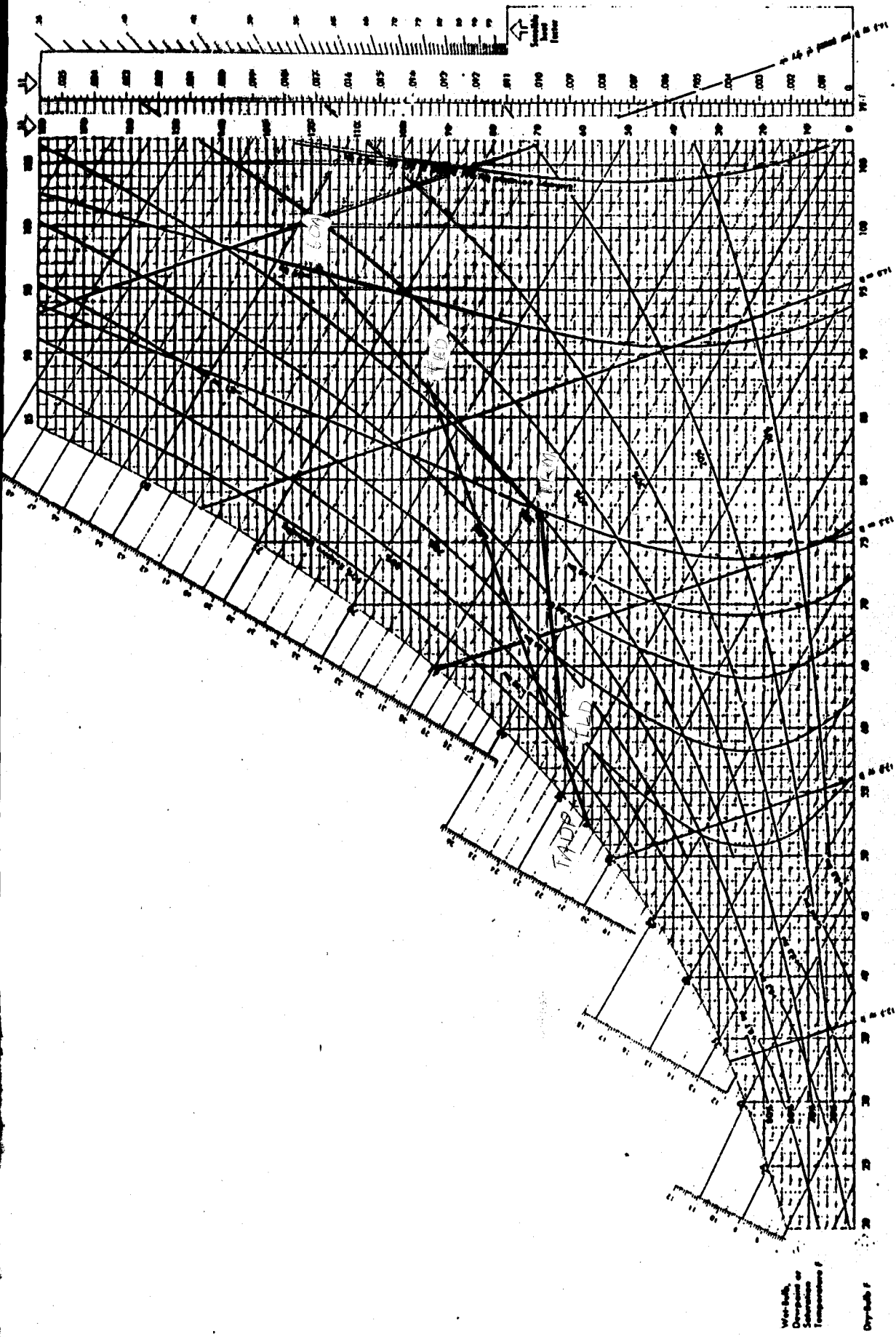
LEVEL 11-22

No.	Uraian	Luas (m <sup>2</sup> )	Total
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...
14	...	...	...
15	...	...	...
16	...	...	...
17	...	...	...
18	...	...	...
19	...	...	...
20	...	...	...
21	...	...	...
22	...	...	...
23	...	...	...
24	...	...	...
25	...	...	...
26	...	...	...
27	...	...	...
28	...	...	...
29	...	...	...
30	...	...	...
31	...	...	...
32	...	...	...
33	...	...	...
34	...	...	...
35	...	...	...
36	...	...	...
37	...	...	...
38	...	...	...
39	...	...	...
40	...	...	...
41	...	...	...
42	...	...	...
43	...	...	...
44	...	...	...
45	...	...	...
46	...	...	...
47	...	...	...
48	...	...	...
49	...	...	...
50	...	...	...
51	...	...	...
52	...	...	...
53	...	...	...
54	...	...	...
55	...	...	...
56	...	...	...
57	...	...	...
58	...	...	...
59	...	...	...
60	...	...	...

# TUNJUNGAN PLAZA IV

HOTEL • SHOPPING • SERVICE APARTMENTS

DESIGN GROUP



Copyright 1987 Carrier Corporation - Copyright 1989 Carrier Corporation - ACHS  
 Printed in U.S.A.  
 Code 881156

Figure 37-25A. Psychrometric chart. Reproduced courtesy of Carrier Corporation

**DATA CUACA DI KOTA SURABAYA**  
**STASIUN METTEOROLOGI JUANDDA SURABAYA**

Tahun : 1996

BULAN	Td max	Td rata*	Td min	Rh max	Rh rata*	Rh min	Va	keterangan
Januari	34,0	28,4	22,5	95	92	55	7,0	
Februari	33,7	27,6	23,4	97	93	56	6,9	
Maret	33,9	28,7	21,9	97	91	59	6,0	
April	34,0	28,9	22,3	96	89	54	6,0	
Mei	33,9	27,6	22,3	99	78	52	6,0	
Juni	33,5	28,6	20,6	98	80	55	7,0	
Juli	33,8	27,8	19,9	97	79	49	6,5	
Agustus	33,6	26,5	20,5	90	70	49	6,5	
September	34,2	27,9	21,9	88	72	40	6,0	
Oktober	35,9	29,1	22,7	91	65	38	5,77	
November	34,8	28,2	21,7	98	70	44	5,6	
Desember	34,1	27,8	22,3	99	80	48	6,2	

Td : Temperatur Dry Bulb ( C)

Rh : Relative Humiddity (%)

Va : Kecepatan Angin ( Knot)

1 Knot = 1,09 Mph