

# PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN SECARA UMUM DARI SUATU SISTEM PENYEGARAN UDARA

Marsudi

Rusdi Hatuwe

## Abstract

*Air Cooler is a process to cool air so that could be reached a temperature and relative humidity of air which is suitable with standard of air condition from one definite room . For getting a condition that is comfortable which is suitable with the standard of air condition , planning designer have to calculate in correctly and accurately cooling load that is happened so could be reached efficiency in optimally and economicly. In this planning will be caculatd heat loads which is happened in a room wich are datas as follows:*

- Name of place : Japanese Restourant
- Address : Jl. Sudirman no 1 A Centre Jakarta
- Floor area : 488 ft<sup>2</sup> for Capacity of 25 peoples
- Room Volume : 488 x 12,5 ft<sup>2</sup> = 6100 ft<sup>2</sup>
- Situation : North Latitude 40°

*The results of calculation from the ebove datas are as follows :*

- Sensible heat total of room = 30.000 BTU/hr
- Laten heat total of room = 17,100 BTU/hr

---

- Total amount of heat ( Sensible + Latent ) = 47.100 BTU/hr
- Out air sensible of heat total = 8.400 BTU/hr
- Out air latent of heat total = 15.700 BTU/hr

---

*Total amount of heat ( Sensible + Latent ) = 24.100 BTU/hr*

*The total capacity of cooling load amount of senible and latent heat plus total amount of air sensible and latent heat are ,  
47.200 BTU /hr + 24.100 BTU /hr = 71.200 BTU/hr.*

*Because of the total capacity of cooling load is 71.200 BTU / hr so that could be calculated the compressor or power of cooling machine are around 9 HP.*

## A. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Penyegaran udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat dicapai suatu temperatur dan kelembaban udara yang sesuai dengan

yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Untuk menciptakan suatu kondisi yang nyaman (comfortable) sesuai yang

dipersyaratkan terhadap kondisi udara, maka seorang designer atau konsultan perencanaan harus menghitung secara tepat dan akurat beban pendingin yang terjadi sehingga dapat dicapai efisiensi seoptimal mungkin dan ekonomis.

Suatu kenyataan yang tidak dapat disangkal lagi bahwa seorang designer atau konsultan perencanaan dalam menghitung "beban pendingin" harus berpegang pada 2 (dua) prinsip pertimbangan yaitu :

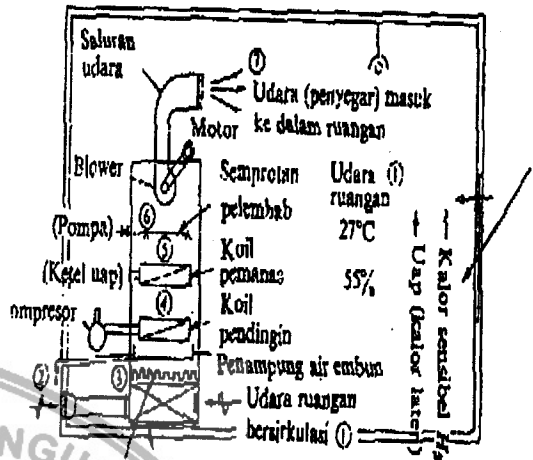
\* Prinsip yang pertama adalah secara teknis system pendingin dapat beroperasi sesuai dengan hasil perencanaan / perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.

\* Prinsip yang kedua adalah perhitungan biaya penggunaan alat yang dipakai, sumber energi / bahan bakar yang digunakan, biaya pemasangan alat dan biaya pemeliharaan alat agar dapat ditekan seminimal mungkin.

Agar supaya kedua prinsip / pertimbangan tersebut diatas dapat dilaksanakan dengan baik sesuai yang diharapkan maka "Perhitungan Beban Pendingin" / Cooling Load Calculation "mutlak" harus dilakukan.

## 2. Proses Kerja Mesin Penyegar Udara.

Gambar 1. menunjukkan suatu contoh instalasi pendingin ruangan yang mempergunakan alat penyegar udara ( air condition ).



GAMBAR 1

1. Ditulis untuk Jurnal EMAS FT. UKI Jakarta
2. Dosen Jurusan Teknik Mesin FT UKI Jakarta
3. Dosen Jurusan Teknik Mesin UPNV Jakarta

Udara dalam ruangan yang ada pada temperatur dan kelembaban (1) diisap masuk kedalam alat penyegar udara kemudian bercampur dengan udara luar (2) dan menghasilkan udara pada tingkat keadaan (3), selanjutnya udara (3) , didinginkan dengan jalan mengalirkan melalui koil pendingin, setelah terlebih dahulu dibersihkan melalui saringan udara. Apabila permukaan koil pendingin

bertemperatur lebih rendah dari pada titik embun dari udara (3) , maka uap air dalam udara akan mengembun pada permukaan koil pendingin. Air embun (kondensasi ) yang terjadi itu akan menetes dan akan dialirkan keluar, sehingga perbandingan kelembaban udara (4) akan berkurang. Apabila temperatur udara (4) terlampau rendah maka udara tersebut dapat dipanaskan dengan mengalirkannya melalui koil pemanas, sedemikian rupa sehingga diperoleh temperatur udara (4) sesuai dengan yang diminta. Temperatur udara (4) yang terlampau rendah itu dapat terjadi jika temperatur koil pendingin dibuat lebih rendah, untuk mengurangi kadar uap air dalam udara. Proses pemanasan udara dari tingkat keadaan (4) ke tingkat keadaan (5) dinamai "pemanasan ulang " (reheating).

Untuk pemanasan ruangan yang diperlukan untuk proses dalam industri atau jika udara terlampau dingin koil pendingin dapat pula dibuat tidak bekerja atau tidak dipergunakan. Dalam hal ini tersebut hanya koil pemanas saja yang bekerja.

Dalam operasi pemanasan, apabila udara panas menjadi terlampau

kering, maka perbandingan kelembaban udara dapat dinaikkan dengan jalan menyemprotkan air pelembab (humidifying spray). Udara (3) setelah melalui blower dan saluran udara akan berangsur - angsur menjadi lebih panas (7) dan akhirnya masuk ( blow -off ) ke dalam ruangan. Supaya dapat berfungsi mendinginkan, udara (7) haruslah masuk pada temperatur dan perbandingan kelembaban lebih rendah dari pada udara didalam ruangan (1). Apabila udara (7) bercampur dengan udara sehingga temperatur dan perbandingan kelembabannya naik menjadi sama dengan udara (1) , maka udara (7) menyerap kalor sensibel dan uap air (kalor laten ) yang terjadi dalam ruangan. Dalam hal tersebut, kalor sensibel dan kalor laten yang terjadi di dalam ruangan merupakan beban kalor ( head load ) dari ruangan yang bersangkutan. Beban kalor / beban pendingin terdiri dari beban kalor ruangan dan beban kalor alat penyegar udara yang ada di dalam ruangan .

### A. Beban Kalor Ruangan

Seperti terlihat pada gambar 1, beban kalor sensibel ( Hs ) dan beban kalor laten ( HL) merupakan beban kalor yang harus diatasi oleh udara yang keluar dari alat penyejuk udara, supaya kondisi udara didalam ruangan dapat dipertahankan pada kondisi ( temperatur dan kelembaban ) yang diinginkan.

Komponen beban – beban kalor didalam ruang pendingin terdiri dari :

a. Kalor sensibel yang masuk, dari luar ruangan ( external heat ) kedalam ruang pendingin adalah sebagai berikut :

1. sunlight gain / panas cahaya matahari
2. transmission gain / penyebaran udara panas dari luar ruangan
3. infiltration and outside air heat / udara luar masuk melalui celah – celah pintu
4. ventilation .
5. dehumidified air

b. Kalor sensibel dan laten yang berasal dari dalam ruang pendingin ( internal heat ) adalah sebagai berikut :

1. people / orang
2. lights / penerangan
3. cooking / alat – alat masak

4. supply duct heat gain ; supply duct leakage loss ; steam ; fan ; infiltration
5. storage room , dll.

### B. Beban Kalor Alat Penyejuk Udara.

Adalah beban –beban kalor yang berasal dari alat penyejuk udara itu sendiri, yang terdiri dari:

- a. beban kalor motor dan compressor
- b. beban kalor blower dan fan
- c. beban supply duct dan piping

Beban kalor ruangan dan beban alat penyejuk udara pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi dua macam :

Kalor sensibel ( sensibel heat ) : kalor / panas yang ditimbulkan oleh udara/ uap Kering.

Kalor laten ( laten heat ) : kalor / panas yang ditimbulkan oleh udara / uap basah.

### C. Perhitungan Beban Pendingin pada jam 12 siang ( beban puncak ) untuk rumah makan di Jl. Sudirman No 1 A. Jakarta dengan rincian data – data sebagai berikut

Jendela kaca bening dibagian selatan = 41 ft<sup>2</sup>

Jendela kaca gelap dibagian selatan = 22ft<sup>2</sup>

Jendela kaca bening dibagian barat = 99 ft<sup>2</sup>

Jumlah = 150ft<sup>2</sup>

Jendela kaca gelap dibagian barat = 54 f

Tebal dinding batu bata 8 '' yang

Jendela kaca bening dibagian tenggara = 10 ft<sup>2</sup>

diplester dengan semen

Jendela kaca gelap dibagian tenggara = 12 ft<sup>2</sup>

Dinding dibagian selatan =150 ft<sup>2</sup> ;

jumlah 4 buah

50%)Kondisi design temperatur dalam ruangan : 80 °F DB dan 67°F

Dinding dibagian tenggara =34 ft<sup>2</sup> ;

jumlah 6 buah

WB (26,7 °C DB dan 19,6 °C WB)

Dinding dibagian barat

= 222 ft<sup>2</sup> ; jumlah 6 buah

Pemasangan koil pada mesin pendingin 4 baris, dengan by-pass factor = 0,2

Luas partisi yang di pleser keramik pada

kedua sisinya = 525 ft<sup>2</sup> dengan ketebalan =

4''

Catatan : °C = 5/9 (°F - 32)

°F = 9/5 (°C + 32)

Ruangan dibawah langit-langit/atap

yang terbuat dari kayu temperatur 88 °F

dengan luas 488 ft<sup>2</sup> dikondisikan dalam

keadaan dingin dengan ketebalan 4''

Penerangan total = 600 watts

Kapasitas ruangan = 25 orang

Peralatan masak yang digunakan :

1. Kompor listrik untuk merebus air =

12''D x 14''/Fly kettle

2. Kompor listrik untuk menggoreng

makanan = 18'' x 14''/griddle, frying

3. 4 buah kompor listrik pemanas

makanan = 4 ft<sup>2</sup>

4. 2 buah kompor gas untuk merebus

kopi = 18''D x 37'' (digunakan 50

%)

5. 4 buah oven listrik/ pemanggang

roti/toaster

(digunakan

### 3. Contoh Perhitungan Beban

Pendingin dari Mesin Penyegar

Udara

Seperti terlihat pada tabel 3.1

dibawah ini adalah contoh lembar

perhitungan.

beban pendingin total dari mesin

penyegar udara adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Lembar perhitungan beban

penyegaran udara (1lembar untuk setiap

ruangan)

Nama Gedung :Japanese Restorant Jl. Sudirman No.1A Jakpus Luas Lantai : 488 Ft <sup>2</sup> Volume Ruangan : 488x12,5 = 6100 ft <sup>3</sup> Letak :Garis Lintang Utara 40° ( 40° North Latitude )					Estimates for 12 AM Peak AM To AM Day of Week					
					Condition	DB(F)	WB(F)	%RH	DP	GR/LB
					Outside	93	77,4	50	71,7	117,2
					Room	80	67	51	60.3	78,2
					Difference	13	Xxx	xxx	Xxx	39,0
					Selected Room Condition : 80 F PD; 67 F WB 51%RH					
No	Item	Quality	Factor (BTU/hrft <sup>2</sup> )	BTU/hr	No	Item	Quality	Factor (BTU/hr ft <sup>2</sup> )	BTU/hr	
1	<b>Sunlight Gain</b> Sunlight Gain = Itemx Luas x Factor S. Glas = 41 ft <sup>2</sup> x 103 W Glas = 99 ft <sup>2</sup> SWS kaylight Glasws =10 ft <sup>2</sup> S.Wall = 4x150 ft <sup>2</sup> x 0,46 W.Wall = 6 x 222 ft <sup>2</sup> x0,46 Sw Roof = 6x34 ft <sup>2</sup> x 0,46			4220 2670 680 280 610 90	7	<b>Outside Air Heat</b> Sensible = 750 CFMx13Fx(-02BF)x1,08 Latent = 39 GR/lb (1-0,2 BF) x 0,67  Grand Total Head Sub Total  [returnducheatgain] %+ [ReturnductleakageGain] %+ [PumHp] % Dehumifier & piping loses %...  Grand Total Head			8400. 15700  24.100,     71.200,	
2	<b>Transmisi Gain</b> S AllGlas = 22ft <sup>2</sup> x15 Partition =8x525ft <sup>2</sup> x0,38 Ceiling = 8x488ft <sup>2</sup> x0,24 W Glas = 54 ft <sup>2</sup> x12 SW Glas = 12ft <sup>2</sup> x 14			330 1600 940 650 170	8	<b>Ventilation</b> 12 people not smoking x 7½ CPM/person = 90 13 people smoking x 15 CFM / person = 195  CFM Ventilation = 285				
3	<b>Infiltration and Outside Air</b> Infiltration = CFM ... x 1,08 Out Air = 750 ft <sup>3</sup> /men x 13x0,2 x 1,08			2100	9	<b>Infiltration</b> Revolving Doors = People x ..CFM/people = Open Doors = ..Doors x ... CFM/Dr = Exhaust Fan = ..... = Crac = .....Feet x ....CFM/Ft CFM Filtration Outside Air Trough Apparatus			750	
4	<b>Internal Heat</b> People = 25 people x 200 Lights = 600 watts x 3,4 Cooking = .....x....x... Storage Sensible Heat Sub Total Sub Total After Storage [Suply ductHeat Gain] %+[Suply Duct leakage] %+Fan2,5%+Safty factor 5%			5000 2040 5900 27280 2720	10	<b>Dehumidified Air</b> Kenaikan temp penghilang lembab : (1,02) x ( 80 - 50 ) °F = 24 °F  Jumlah udara penghilang lembab : <u>30,000</u> = 1160 CFM 1,08x24			750	
5	<b>Room Total Sensible Heat</b> <b>Room Laten Heat</b> Infiltration= CFM x...Gb/lbx0,67 OutsideAir=750 CFM x 39 Gr/lb X 02 BF x 0,67 People = 25 people x 300 Steam = ...x... x St/hr 1000 Cooking =...x... Room Laten Heat Sub Total [supply Duct leakage Loss] %+[Safety Factor] %			30000 3920 7500 4900 16320 780						
6	<b>Room Total Laten Heat</b> <b>Room Total Heat ( Sensible + Latent )</b>			17100 47100						

#### 4. Transmisi Panas melalui Bangunan / Building Heat Transmission

Setelah kondisi desain yang sebenarnya / tepat ditentukan langkah berikutnya adalah menghitung beban

panas sensible , langkah pertama menghitung kalor yang masuk kedalam ruangan heat gain melalui keliling dinding bangunan , jendela pintu lantai atap.

Apabila temperature dibagian luar bangunan berbeda dengan temperature dibagian dalam gedung maka akan terjadi perpindahan panas dari bagian yang bertemperatur tinggi ke bagian yang bertemperatur rendah .

Seperti terlihat pada table 3.1, besar factor – factor yang perlu dihitung adalah :

\* Harga – harga factor / perpindahan panas untuk jendela kaca / gelas yang terang.

- S =  $98 + 19 - 2 = 115$ , loss 10%  
= 103 BTU/Ft<sup>2</sup> hr
- SW =  $64 + 18 - 2 = 80$ , loss 10%  
= 68 BTU/Ft<sup>2</sup> hr
- W =  $19 + 17 - 2 = 34$ , loss 10%  
= 27 BTU/Ft<sup>2</sup> hr

#### 4.1. SUNLIGHT GAIN / panas cahaya matahari

Penentuan besaran-besaran angka pada perhitungan tersebut diatas dapat diperoleh dari Tabel 10.10 dan Tabel 10.11 dibawah ini .

**TABEL 10.10**

INSTANTANEOUS RATES OF HEAT GAIN DUE TO TRANSMITTED DIRECT AND DIFFUSE OR SKY SOLAR RADIATION BY A SINGLE SHEET OF UNSHADED COMMON WINDOW GLASS.\*

*For Clear Atmospheres and 18 Daya Declination , North ( August 4 )*

*Note : For Total Instantaneous heat gain, add these values to the table 10.11*

LATITUDE	SUN TIME	INSTANTANEOUS HEAT GAIN IN BTU PER (HR) (Q FT)								
	AM → ↓	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HORIZONTAL
30 DEG NORTH	6AM. 6 PM	25	98	108	52	5	5	5	5	17
	7 5	23	155	100	110	10	10	10	10	71
	8 4	16	148	205	136	14	13	13	13	137
	9 3	16	106	180	136	21	15	15	15	195
	10 2	17	54	128	116	34	17	16	16	241
	11 1	18	20	59	78	45	19	18	18	267
	12	18	19	19	35	49	35	19	19	276
40 DEG NORTH	5AM. 7 PM	3	7	6	2	0	0	0	0	1
	7 5	26	116	131	67	7	6	6	6	25
	8 4	16	149	195	124	11	10	10	10	77
	9 3	14	129	205	156	18	12	12	12	137
	10 2	15	79	180	162	42	14	14	14	188
	11 1	16	81	127	148	69	16	16	16	229
	12	17	18	58	113	90	17	17	17	252
	17	17	19	64	98	19	19	17	259	

50 DEG NORTH	5AM. 7 PM	20	54	54	20	3	3	3	3	6	
	7 5	25	128	149	81	8	7	7	7	34	
	8 4	12	139	197	136	12	10	10	10	80	
	9 3	13	107	202	171	32	12	12	12	129	
	10 2	14	54	176	183	72	14	14	14	173	
	11 1	15	18	124	174	110	16	15	15	206	
	12	16	16	57	143	136	42	16	16	227	
		16	16	18	96	144	96	18	16	234	
	AM	↑	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	HORIZ
		→									

**TABEL 10.11**

INSTANTANEOUS RATES OF HEAT GAIN DUE TO BY CONVECTION AND FROM A SINGLE SHEET OF UNSHADED COMMON WINDOW GLASS.†

For Clear Atmospheres and 18 Daya Declination , North ( August 1 )For 76 F Indoor Temperature

Note : For Total Instantaneous heat gain, add these values to the table 10.10

SUN TIME	DRY BULB DEG F	NORTH LATITUDE DEGREES	INSTANTANEOUS HEAT GAIN IN BTU PER (HR) (Q FT)									
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HORIZONTAL	
5.AM	74	30,40,50	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
6	74		0	1	1	0	-1	-1	-1	-1	0	
7	75		0	3	3	2	0	0	0	0	2	
8	77		2	5	6	5	3	2	2	2	5	
9	80		5	7	9	8	6	5	5	5	8	
10	83		8	9	11	11	10	8	8	8	13	
11	87		13	13	15	16	15	14	13	13	18	
12	90		17	17	17	18	19	18	17	17	21	
1PM	93		20	20	20	21	22	22	22	20	25	
2	94		21	21	21	21	23	24	24	22	26	
3	95		22	22	22	22	24	26	26	24	26	
4	94		21	21	21	21	22	25	25	24	24	
5	93		20	20	20	20	20	23	24	23	22	
6	91		18	18	18	18	18	19	20	20	18	
7	87		13	13	13	13	13	13	13	13	13	
8	85		11	11	11	11	11	11	11	11	11	
9	83		8	8	8	8	8	8	8	8	8	

If outside design dry bulb differs from value this column add or subtract the difference from table value.

\* Harga-harga factor/perpindahan panas (0,46) dapat ditentukan dari Tabel 10.12 dibawah ini :



**TABLE 10.12**

APPLICATION FACTORS TO APPLY TO TABLES 10.10, 10.11, AND 10.13 TO OBTAIN INSTANTANEOUS RATES OF HEAT GAIN FOR VARIOUS TYPES OF SINGLE FLAT GLASS AND COMBINATIONS TWO SHEETS OF GLASS SPACED AT 1/4 IN §

GLASS	NORMAL INCIDENCE TRANSMITTANCE	FACTOR TO APPLY TO TABLE 10.10	FACTOR TO APPLY TO TABLE 10.11
Single Common Window	0,87	1.00	1.0(x)†+0,0(Y)‡
Single Regular Plate	0,77	0,87	1.0(X) + 0,25(Y)
Single heat Absorbing Plate	0,41	0,46*	1.0(x) + 00(Y)
Double Common Window	0,76	0,85	
Double regular plate			
Heat Absorbing Plate	0,60	0,66*	0.6 (X) + 0.10 (Y)
Outdoors Regular Plate	0,35	0,37*	0.6 (X) + 0.75(Y)
Indoors}			

For Better Precision, Increase factor 10 per cent when glass is in the shade

† X values are Table 10.11 values .

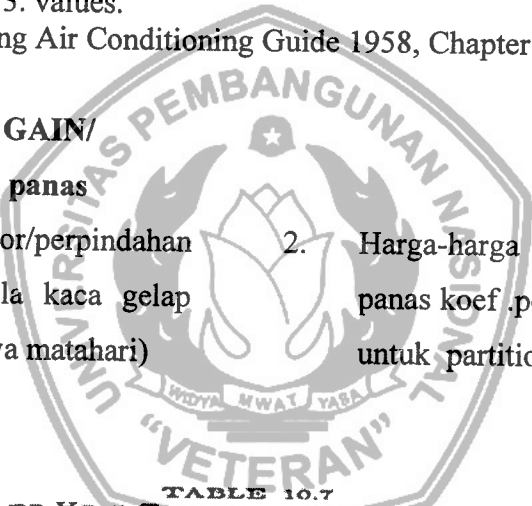
‡ Y values are Table 10.13. values.

§ From Heating Ventilating Air Conditioning Guide 1958, Chapter 13

**4.2. TRANSMISSION GAIN/**

**Penyebaran udara panas**

1. Harga-harga faktor/perpindahan panas untuk jendela kaca gelap (tidak terkena cahaya matahari)
2. Harga-harga factor /perpindahan panas koef .perpindahan panas / U untuk partition (0,38) dan ceiling



**TABLE 10.7**  
SUMMER COEFFICIENTS OF HEAT TRANSMISSION U OF FLAT ROOFS COVERED WITH BUILT-UP ROOFING\*  
Btu per (hour) (square foot) (F deg difference between the air on the two sides)

Type of Roof Deck (Detailing not shown)	Thickness of Roof Deck (Inches)	Insulation on Top of Deck (Covered with Built-Up Roofing)									
		No Ceiling Underneath of Roof Exposed					Turred Ceiling with Air Space, Airtight Lath and Plaster				
		No Insulation	Insulating Board Thickness, in.				No Insulation	Insulating Board Thickness, in.			
Flat Metal Roof Deck	4 Ply Felt Roof Deck + 1/2 in. Slag	0.72	0.35	0.23	0.17	0.13	0.40	0.25	0.15	0.14	0.12
		0.54	0.20	0.10	0.12	0.08	0.22	0.10	0.13	0.11	0.11
Froast Cement Tile	4 Ply Felt Roof Deck + 1/2 in. Slag	0.67	0.33	0.22	0.17	0.13	0.38	0.24	0.15	0.14	0.12
		0.50	0.28	0.15	0.12	0.09	0.21	0.17	0.13	0.11	0.11
Concrete	4 Ply Felt Roof Deck + 1/2 in. Slag	0.60	0.30	0.20	0.15	0.11	0.35	0.22	0.14	0.13	0.11
		0.45	0.25	0.12	0.10	0.07	0.18	0.12	0.10	0.11	0.10
Gypsum and Wood Fibert or Gypsum Board	4 Ply Felt Roof Deck + 1/2 in. Slag	0.60	0.30	0.20	0.15	0.11	0.35	0.22	0.14	0.13	0.11
		0.45	0.25	0.12	0.10	0.07	0.18	0.12	0.10	0.11	0.10

\*Atau U dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_o} + \frac{1}{C} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{1}{a} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{f_i}} \text{ BTU/ft}^2\text{hr...(1)}$$

Nilai-nilai : fo ; C ; x1 ; a ; x2 ; k2 dan fi dapat diperoleh dari buku Ref. 1 hal 516 s/d 51

### 4.3. INFILTRATION AND OUTSIDE AIR / rembesan udara luar

#### 1. INFILTRATION

Sensible heat udara luar yang masuk kedalam ruang pendingin melalui celah- celah pintu dan jendela dapat dihitung dengan menggunakan formula:

$$Q \text{ infiltration} = \text{CFM} \times 60 \times \rho \times C_p (t_o - t_i) \text{ BTU/hr....(2)}$$

Dimana :

$$\rho = \text{rapat jenis udara/density (lb/ft}^3\text{)} \\ = 0,075 \text{ lb/ft}^3 \text{ (udara standard)}$$

$$C_p = \text{Specific heat at constant pressure (BTU/lb}^\circ\text{F)}$$

$$C_p = 0,24 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F (specific heat standard)}$$

$$t_o = \text{temperature udara luar/outside (}^\circ\text{F)}$$

$$t_i = \text{temperature ruangan/ inside (}^\circ\text{F)}$$

CFM = 0,5 % - 1% dari (CFM infiltration) Harga Q infiltration = 0,0702 BTU/hr Oleh karena harga Q

infiltration dianggap kecil maka dapat diabaikan (tidak diperhitungkan).

#### 2. OUTSIDE AIR

Sensible heat udara luar yang masuk kedalam ruang pendingin melalui Revolving doors, Open doors and Exhaust Fan dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$Q \text{ outside Air} = \text{CFM} \times (t_o - t_i) \times \text{SF} \times 60 \times \rho \times C_p \text{ .....(3)}$$

$$= 750 \times 13 \times 0,2 \times 1,08 = 2100 \text{ BTU/hr}$$

Dimana :

$$\text{CFM} = \text{Outside Air Through Apparatus}$$

$$(t_o - t_i) = \text{Temperature difference (}^\circ\text{F)}$$

$$\text{SF} = \text{Safty factor}$$

$$60 \times \rho \times C_p = 1,08 \text{ (BTU/ft}^3 \text{ }^\circ\text{F hr)}$$

#### 3. STORAGE

Udara luar yang masuk kedalam ruang pendingin pada tempat penyimpanan/storage "tidak ada"

$$\text{Supply Duct Heat Gain (1,5\%)} + \\ \text{Supply Duct leakage loss (1\%)} + \text{Fan (2,5\%)} + \text{SF (5\%)} \text{Sub. Total after storage} = 10\% \times 27.280 \text{ BTU/hr} = 2720 \text{ BTU/hr}$$

#### 4.4. INTERNAL HEAT

Beban panas yang ditimbulkan dari dalam ruang pendingin adalah :

- a.  $Q$  people/orang = 25 people x 200 BTU.hr (lihat tabel 10.20) dibawah ini =5000 BTU/hr

**TABLE 10.20 HEAT LOSS FROM THE AVERAGE HUMAN BODY<sup>12</sup>**

Room Dry Bulb	Per Person at rest or moving slowly			Per Person Doing Light Work		
	Sensible Heat	Laten Heat	Total Heat	Sensible Heat	Laten Heat	Total Heat
86	160	240	400	110	550	660
84	180	220	400	150	510	660
82	200	200	400	180	480	660
80	220	180	400	210	450	660
78	240	160	400	240	420	660
76	260	140	400	270	390	660
74	280	120	400	300	360	660
72	290	110	400	330	330	660
70	300	100	400	350	310	660

- b.  $Q$  Lights/penerangan  
 = 600 watt x 3,4 BTU/hr.watt = 2040 BTU/hr
- c.  $Q$  Cooking equipment/peralatan memasak : Beban-beban panas sensible dan latent untuk peralatan memasak didapat dari Tabel 10.24 dibawah ini:

**TABLE 10.24 RATE OF HEAT GAIN FROM APPLIANCES WITHOUT HOODS \*†**

Appliance	Capacity	Over-all Dimension (Less Legs and Handles Last Dimension Is Height) Inches	Control A-Automatic M-Manual	Miscellaneous Data	Manufacturers Rating	Main Tain Ing BTU per Hour	Recommended Rate of Heat Gain BTU per Hour		
							Sensi ble	Late n	Total
<b>Restaurant Electrical Appliances</b>									
Coffee Brewer Warmer	½ gal		M		Brewer 600 w Warmer 90 w	600‡	900	220	1120
Coffee Brewer with Tank	½ gal	20x30x26	M		2000w watr heater 2960 w Brewer	90‡ 4960 ‡	306 4800	230 1200	290 6000
Coffee Urn	3 gal 5 gal	12x23x21 18(diam) x37	A A		Nickel plated Nickel plated	4500‡ 5000‡	2600 3600	2200 3400	1500 2300 3700
Waffle Machine		22x22x57	A		Exhaust System	4700‡		5000	0 5000
Tea Boiler	2 cups	10x13x25	M			1100‡		1200	800 2000
Warmer, alone			A		Insulated, separated heat unit for each pot, plate warmer in base	400‡	500	350	850 700
Warmer, alone	→		A			300‡	400	200	350 550

COOLING LOAD CALCULATIONS (\$ 10.1 \$10.11)

surface									
Fry kettle	11½lb fat	12(diam)x14	A		2600‡	1100	1600	2400	4000
Fry Kettle	25 lb fat	16x18x12	A	Area 12x14 in	7000‡	2000	3800	5700	9500
Griddle, Frying		18x18x8	A	Area 18x14 in	2350‡	2800	3100	1700	4800
Griddle Frying		24x20x10	A	Area 23x18 in.	4000‡	5000	5300	2900	8200
Grill, Meat, Grill Sandwich		14x14x10 13x14x10	A	Area 10x12 in. Area 12x12 in	300‡ 1650‡	1900	3900	2100	6000
Roll Warmer		23x23x29	A	Three Drawers	1000‡	900	2400	300	2700
Toaster, Continuous	360 slices/hr	15x15x28	A	2 slices wide	2200‡	5000	5100	1300	6400
Toaster Continuous	720 slices /hr	20x15x28	A	4 slices	3000‡	6000	6100	2600	8700
Toaster, pop-up	216 slices/hr	12x11x9	A	4 slices	2450‡	2000	4900	900	5800
Waffle Iron	20waffles/hr	12x13x10	A	7 in, diam, waffle	750‡	600	1100	750	1850

### Restaurant Gas – Burning Appliances

Coffee Brainer and warmer	½ gal		M	Brewer Warmer	3400 \$ 500 \$	500	1350	350	1700
Coffee Brewer Unit with Tank	4½ gal tank	19x30x26		4 Brewers and tank			7200	1800	9000
Coffee Urn	3 gal 5 gal	12x23x21 18(Diam)x37	A A	Nickel plated Nickel plated		3400 4700	2500 3900	2500 3900	5000 7800
Food Warmer, per sq ft of top surface			M	Water Bath	2000 \$	900	850	430	1280
Fry Kettle			A	Area 10x10	14250 \$				
Fry Kettle			A	Area 11x16	24000 \$				
Grill		22x14x17	M	Insulated grill surfaces of sq ft, Top burner 22000 Btu/hr, Bottom burner 15000 Btu/hr	37000 \$				

For restaurant appliance miscellaneous electrical and miscellaneous gas burning appliances. these appliance are hooded and provided with adequate exhaust, use 50 per cent of recommended rate of heat gain from unhooded appliances.  
 Manufacturers rating in watts  
 Manufacturers rating in Btu per hour.

### 4.5. ROOM LATENT HEAT

#### # INFILTRATION

Beban pemanas latent yang masuk kedalam ruang pendingin melalui celah-celah pintu dan jendela dapat dihitung dengan menggunakan formula :

#### Q Infiltration

$$= \text{CFM} \times 60 \times \rho \times (W_{ho} - W_{hi}) \frac{hfg}{7000} \text{ BTU/hr(4)}$$

Dimana :

CFM = 0,5 ÷ 1% dari CFM infiltration

P = rapat jenis udara/density (lb/ft<sup>3</sup>)

= 0,075 lb/ft<sup>3</sup> (udara standard)

W<sub>ho</sub> = humidity ratio udara luar (Gr/lb)

$W_{hi}$  = humidity ratio ruang pendingin (Gr/lb)

$h_{fg}$  = Specific heat at constant

$$\text{humidity} \left( \frac{BTU}{Gr \cdot ^\circ F} \right)$$

Q infiltration = 0,0531 BTU/h

Oleh karena harga Q infiltration sangat kecil dan tidak terlalu berpengaruh terhadap "heat gain" didalam ruang pendingin maka dapat diabaikan ( tidak diperhitungkan ) = 1555,6

#### # OUTSIDE AIR

Latent heat udara luar yang masuk kedalam ruang pendingin melalui revolving doors, Open doors dan Exhaust Fan dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$Q \text{ outside Air} = CFM \times (W_{ho} - W_{hi}) \times$$

$$SF \times 60 \times \rho \times \frac{hfg}{7000} \text{ BTU/hr .....(5)}$$

Dimana :

CFM = Outside Air Through Apparatus

$(W_{ho} - W_{hi})$  = humidity ratio difference (Gr/lb)

SF = Safety Factor

$$60 \times \rho \times \frac{hfg}{7000} = 0,67 \text{ BTU/hr}$$

#### # PEOPLE

Latent heat untuk kapasitas ruang pendingin / orang dapat dihitung dengan formula berikut ini:

$$Q \text{ people} = 25 \times 300 \text{ BTU/hr} = 7500 \text{ BTU/hr} ; \text{ Lihat Tabel 10.21 dibawah ini:}$$

**TABLE 10.21**  
**HEAT GAIN FROM OCCUPANTS**

Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adjusted BTU/hr	Total Heat Adjusted BTU/hr	Sensible Heat BTU/hr	Latent Heat BTU/hr
Sested at rest	Theatre- matinee	390	330	180	150
Sented very light work	Theatre - Evening	390	350	195	155
Moderately active office work	Offices, Hotels	450			
Standing light work; walking slowly	Apartemens		400	195	205
Walking sated; standing; walking slowly	Offices, Hotels	475			
Sedentary work	Apartemens		450	200	250
Light bench work	Dept. Store, Retail Store, 10 Store,	550	450	200	250
Moderate dancing	Drug store, bank,	550	500	200	300
Walking , 2 mph; moderately heavy work	Restorant,	490	550	220	330
Bowling ‡	Factory ,	800	750	220	530
Heavy work	Dance Hall,	900	850	245	605
	Factory,	1000	1000	300	700
	Bowling Alley	1500	1450	465	985
	Factory	1500	1450	265	985

#### 4.6. ROOM TOTAL HEAT

ROOM TOTAL SENSIBLE HEAT +  
ROOM TOTAL LATENT HEAT  
30.000 + 17.100 = 47.100 BTU/hr

#### 4.7. OUTSIDE AIR HEAT

1. Outside Air Sensible Heat :Panas sensible udara luar yang masuk kedalam ruang pendingin dapat dihitung dengan formula :

$$\text{Sensible Heat} = \text{CFM} \times (t_o - t_i) \times (1 - \text{BF}) \times 1,08 \dots (6)$$

$$= 8400 \text{ BTU/hr}$$

2. Our Air Latent Heat : Panas sensible udara luar yang masuk kedalam ruang pendingin dapat dihitung dengan formula :

$$\text{Latent Heat} = (W_{ho} - W_{hi}) \times (1 - \text{BF}) \times 0,67 \dots (7)$$

$$= 15.700 \text{ BTU/hr}$$

Dimana :

$$\text{BF} = \text{By Pass - Factor} = 0,2$$

Dari Ref. 1 halaman 248 :

$$\text{BF for 1 row} = 0,67$$

$$\text{BF for 2 rows} = 0,67^2 = 0,45$$

$$\text{BF for 4 rows} = 0,67^4 = 0,2$$

$$\text{BF for 8 rows} = 0,67^8 = 0,04$$

3. Oleh karena :

Return Duct Heat Gain

Return Duct Lakage Gain

Pump.HP + Dehumidifier Piping loss  
Room Total Sensible Heat                      Outside  
Air Sensible Heat

$$\begin{aligned} * \text{ Grand total Heat} &= (\text{Cooling Load Capacity}) + \text{Room Total Latent Heat} \\ &+ \text{Outside Air Latent Heat} \\ &= 47.100 + 24.100 \\ &= 71.200 \text{ BTU / hr} \end{aligned}$$

#### 4.8. VENTILATION / Ventilasi

Beban kalor "Laten" yang ditimbulkan dari dalam ruangan terhadap people/orang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &12 \text{ people not smoking} \times 7\frac{1}{2} \\ &\text{CFM/person} = 90 \text{ CFM} \\ &13 \text{ people smoking} \times 15 \text{ CFM/person} \\ &= 195 \text{ CFM} + \text{CFM Ventilation} \\ &= 285 \text{ CFM} \end{aligned}$$

Dapat menggunakan Tabel 10.25 seperti dibawah ini :

**TABLE 10. 25**

#### VENTILATION REQUIREMENTS

Smoking	No . of occupants	CPM	
None	..... X	7½	=
Light	..... X	15	=
Heavy	..... X	40	=

#### 4.9. INFILTRATION

Udara luar yang masuk melalui peralatan/alat-alat dan bukaan pintu seperti:

1. Exhaust Fan
2. Revolving doors
3. Open doors

Dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$CFM_{Exhaust\ Fan} = \frac{H \times (L \times W) \times G}{60} \quad \text{CFM..(8)}$$

Dimana :

H = 12,5" = tinggi

L = 24,4" = panjang

W = 20" = lebar

G = Wall faktor dapat dilihat pada table 10.18 dibawah ini, harga G diambil = 2

CFM = Exhaust Fan = 750 CFM

**TABEL 18<sup>3</sup>**

**OUTSIDE AIR INFILTRATION FOR AIR CONDITIONING\***

( H ) = Room Height	( L ) =
Length	( W ) = With; ( G ) = wall ;
factor	Room with one wall, ( G ) = 1
	Two outside walls , ( G ) = 1,5;
	Three or more outside walls, ( G ) = 2
CP =	$\frac{(H) \times (L) \times (W) \times (G)}{60}$

=

\*For rooms with weatherstripped windows or storm sash, use 50 % of this value

Note : for each person entering or leaving through a door which opens to the outside ( or unconditioned space ) the additional infiltration for a 36 – inch swinging door may be taken as 100 cubic feet and for a 72 – inch revolving door, the additional infiltration ( cubic feet per person per passage ) may be taken as :

Usage freely Revolving Door Equipped with Brake	
Infrequent	75
Average	60
Heavy	40

These figures are based on the assumption that there is no wind pressure and that swinging doors are in use in one wall nonly. Any swinging doors in other walls should be kept closed to insure air conditioning in accordance with these recommended standards

> Revolving doors dan Open doors

Udara luar yang masuk melalui bukaan pintu dari orang yang lau

lalang/buka tutup pintu harganya “kecil” dibandingkan dengan jumlah udara keseluruhan didalam ruang pendingin sehingga tidak mempengaruhi proses pendinginan, maka udara luar yang masuk melalui Revolving doors dan Open doors tidak diperhitungkan.

#### 4.10. Dehumidified Air

Adalah jumlah udara yang diperlukan sebagai penghilang udara lembab didalam ruang pendingin, sehingga dicapai % RH (Relative Humidity) yang diharapkan sesuai dengan RH ruang pendingin yang telah dipilih/ditentukan (Selected Room Condition)

Dehumidified Air dapat dihitung dengan menggunakan formula :  
CFM DA =

$$= \frac{30.000}{1,08 \times 24} = 1160 \text{ CFM} \dots \dots \dots (9)$$

#### 5. PENENTUAN DAYA (HP) KOMPRESOR

Penentuan besar daya (HP) kompresor mesin penyejara udara

dengan kapasitas beban pendinginan sebesar : 71.200 BTU/hr adalah sebagai berikut :

Daya kompresor 1 HP dapat menghasilkan kemampuan pendinginan sebesar :

8700 BTU/hr ÷ 9400 BTU/hr tergantung dari EER (Energi Efficiency Rate) dari masing-masing produk.

Apabila daya kompresor 1 HP diambil sebesar 9000 BTU/hr, maka untuk kapasitas beban pendinginan sebesar : 71.200 BTU/hr dengan SF sebesar 10 % maka :

Daya Kompresor Mesin Penyejara Udara

$$= \left( \frac{71.200}{9000} \right) \text{HP} + \left( \frac{71.200}{9000} \right) \times 10\% \text{ H}$$

$$= 7,9 + 0,79$$

$$= 8,69 \text{ HP} \approx 9 \text{ HP}$$

#### KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan daya kompresor sebesar 9 HP/PK dan volume ruang pendingin sebesar 6100 ft<sup>3</sup> beserta isi keseluruhan yang ada didalam ruang pendingin maka dapat dihasilkan kondisi ruang pendingin yang nyaman/comfotable.



2. Daya kompresor sebesar 9 HP/PK dapat dipasang AC split atau AC Window sebanyak 4 buah AC (setiap AC berkekuatan 2,5 HP/PK).

## DAFTAR PUSTAKA

- Aurora, 1990; "Refrigeran and Air Conditioning" (in SI Unit), Tata Mc Grow Hill, 8<sup>th</sup> Reprint New Delhi.
- Arismunamadar Heizo Saito, 1986. "Penyegaran Udara", The Association for International Technical Promotion, Tokyo, JAPAN, Cetakan ke 3 oleh PT.PERTIJA.
- Ashrae Handbook and Product Directory, 1978, "Application American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineer", Inc.
- Edward G..Pita 1981, "Air Conditinig Principles and Systems of Energy Aproach" Penerbit Airlangga Second Edition.
- Kardiyono, 2003, "Perbandingan Unjuk Kerja System Air Conditioning mempergunakan R-22 dengan R-290, "Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Institut Sain dan Teknologi AL-Kamal, Jakarta.
- Marsudi, Juli 1999. "Model Mesin Pendingin Sistem Foto Voltanic dengan Energi Surya untuk Mendinginkan Benih HTI UNTAR" POROS, No ISSN 1410-6841, Volume 2 nomor 2, Juli 1999, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tarumanegara. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Teknologi Manufaktur
- PT.Pertamina (Persero), 2002 ; "Aspek Teknis Refrigeran Hidrokarbon Musicool (MC) yang Hemat Energi dan Ramah Lingkungan"; Reseach and Laboratory Service; Jl. Raya Bekasi Km 20 Pulo Gadung.
- Sujirin, Januari 2000 "Heat Exchanger (APK) Bersirip Pada Proses Pemanasan dan Pendinginan Udara" POROS, No ISSN 1410-6841, Volume 3 nomor 1, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tarumanegara, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Teknologi Manufaktur.
- Sukarna I Wayan dan Bison, Juli 1999 "Perhitungan Beban Pendingin

(cooling load) Ruang Kuliah J  
508 FT Untar” POROS, No  
ISSN 1410-6841, Volume 2  
nomor 2, Juli 1999, Fakultas  
Teknik, Jurusan Teknik Mesin,  
Universitas Tarumanegara.  
Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan  
Teknologi Manufaktur.

Widodo ” *Tata Cara Retrofitting pada  
AC Split Panasonic Kapasitas 2  
PK*”. Tekno Sain, Volume 1, No  
1, Februari 2004, Jurnal Sekolah  
Tinggi Teknologi Bina Tunggal,  
Bekasi, ISSN : 1693 – 8089.

Richard. C. Jordan & Gayle B.  
“REFRIGERATION AND AIR  
CONDITIONING by Priester,  
second edition Prentice Hall of  
India Private Limited, New  
Delhi 110000 1985.

PENYEGARAN UDARA, Wiranto  
Arismunandar, guru besar  
ITB & Heizo Saito, guru besar  
Universitas Tokyo,”  
PENYEGARAN UDARA”  
cetakan kelima penerbit  
PT.Pradnya Paramita, Jakarta  
tahun 1995.