

## **MODUL PERKULIAHAN**

# **Fisika Bangunan**

## **Perhitungan beban kalor bangunan**

### **Abstract**

Mata kuliah ini membahas tentang keterlibatan kinerja lingkungan ruang dalam (indoor environment performance) dalam perancangan arsitektur sehingga akan tercapai produktivitas kerja yang dilakukan melalui kenyamanan termal, audio, kenyamanan dari kebisingan, penglihatan dan kebersihan udara ruangan

### **Kompetensi**

Setelah mengikuti mata kuliah ini diharapkan dapat menjelaskan prinsip-prinsip yang berkaitan dengan kenyamanan termal, audio, penganggulangan kebisingan, dan kenyamanan visual serta dapat menganalisis secara sederhana terhadap sebuah bangunan

## **7.1 DATA – DATA GEDUNG**

7.1.1 Orientasi Gedung

7.1.2 Waktu Operasi

7.1.3 Penerangan

7.1.3 Data Ruangan

## **7.2 PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN .....**

7.2.1 Kondisi Perencanaan

7.2.2 Perhitungan Beban Pendingin

7.2.3 Perhitungan Beban Luar

7.2.4 Perhitungan Beban Dalam

7.2.5 Ventilasi dan Infiltrasi

7.2.6 Hasil Total Perhitungan Beban

## Minggu 7

### PERHITUNGAN BEBAN KALOR BANGUNAN

#### 7.1 Orientasi Gedung

Dalam perencanaan perhitungan beban pendinginan pada cold storage room didalam suatu gedung yang akan dikondisikan oleh suatu mesin pendingin, didapat data-data sebagai berikut :

Tabel 3.1 Orientasi gedung

ORIENTASI GEDUNG	
Lokasi	Jakarta
Letak geografis	6° 11' LS – 106° 6' BT
Fungsi gedung	Catering
Fungsi ruangan	Penyimpanan makanan jadi atau bahan baku makanan
Letak ruangan	Lantai 2 (dua)

##### 7.1.1 Waktu Operasi

Pengoperasian  $\pm 24$  jam, sedangkan untuk perencanaan mesin pengkondisian udara ditentukan berdasarkan beban terbesar yang terjadi pada jam terpanas dari lokasi dimana gedung tersebut berada.

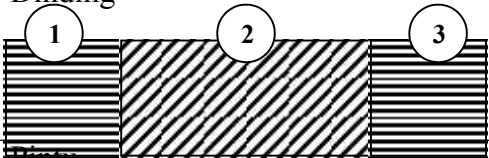
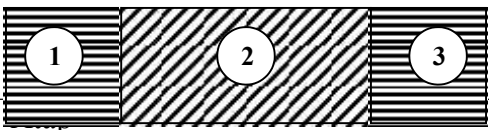
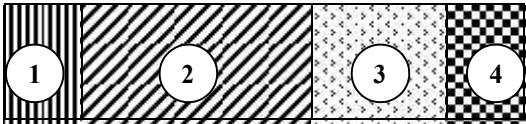
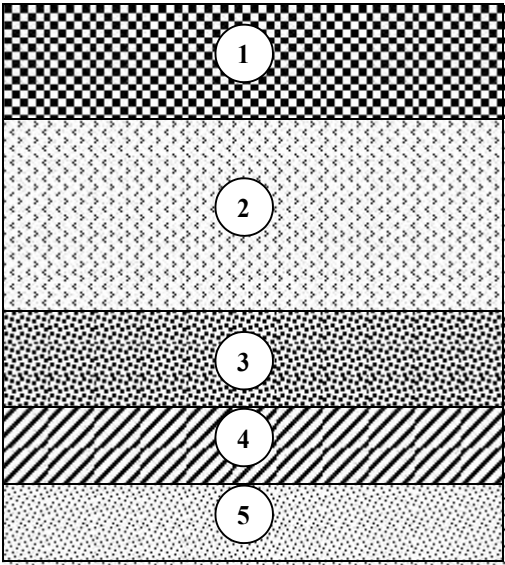
##### 7.1.2 Penerangan

Ruangan yang dikondisikan menggunakan penerangan jenis lampu pijar, digunakan  $\pm 24$  jam.

##### 7.1.3 Data ruangan

Dibawah ini adalah data-data dari ruangan yang dikondisikan. Letak kamar dingin yang akan dikondisikan berada di dalam kamar dingin.

Tabel 3.2 Data ruangan

DATA RUANGAN	
Luas lantai	11 m <sup>2</sup>
Tinggi ruangan	2,75 m
Dinding 	1. Stainless steel (tebal = 0,025 m) 2. Polyurethane (tebal = 1,495 m) 3. Stainless steel (tebal = 0,025 m)
Pintu 	1. Stainless steel (tebal = 0,025 m) 2. Polyurethane (tebal = 1,495 m) 3. Stainless steel (tebal = 0,025 m)
	1. Plat baja (tebal = 0,01 m) 2. Polyurethane (tebal = 0,1 m) 3. Concrete (adukan pasir dominan) (tebal = 0,05 m) 4. Plaster semen (tebal = 0,01)
Lantai 	Concrete (adukan semen dominan) (tebal = 0,05 m) Concrete (adukan pasir dominan) (tebal = 0,15 m) Sand agregate (pasir beton) (tebal = 0,02) Polyurethane (tebal = 0,01 m) Pasir beton (tebal = 0,01 m)

## B. PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN

### 7.2 Kondisi Perencanaan

#### 7.2.1 Kondisi Untuk Udara Luar Kota Jakarta

- Temperatur bola kering = 32 °C
- Temperatur bola basah = 27 °C
- Perubahan temperatur udara = 8 °C

Didapat dari tabel kondisi iklim negara-negara (lampiran 1)

Dari tabel psycometric diperoleh (lampiran 2)

- Rasio kelembaban = 0,0206 kg/ kg<sub>udara kering</sub>
- Entalpi = 85 kJ/kg<sub>udara kering</sub>
- Kelembaban = 70%

#### 7.2.2 Kondisi Untuk Udara Ruangan

Kondisi untuk udara ruang cold storage room (lampiran 3)

- Temperatur bola kering : 25 °C
- Kelembaban relatif : 50%

Dari tabel psycometric diperoleh (lampiran 4)

- Rasio kelembaban : 0,098 kg/kg<sub>udara kering</sub>
- Entalpy : 50 kJ/kg<sub>udara kering</sub>
- Temperatur bola basah : 17,8 °C

### 7.3 Perhitungan Beban Pendingin

Untuk mencari beban puncak harus dicari dahulu beban terbesar yang terjadi pada bulan panas. Beban puncak tersebut merupakan jumlah beban luar dan beban dalam pada bulan terpanas.

Untuk kota Jakarta bulan panas adalah September, pada perhitungan ini hanya dilakukan pada jam 12.00, 14.00, 16.00, 18.00 dan 20.00, untuk menentukan beban pendingin yang mana pada saat jam-jam tersebut pembebanan paling besar, kemudian dipilih saat beban maksimum.

Perhitungan dilakukan pada saat ruang dipakai pada jam operasinya yang terlama.

## 7.4 Perhitungan Beban Luar

### 7.4.1 Dinding

Cold storage room yang dikondisikan berada di lantai 2 (dua) yang letaknya didalam kamar dingin, yang dibatasi dinding-dinding pada sisi utara, selatan, barat dan timur.

Dari sisi dinding yang mengelilingi cold storage room tersebut, tidak ada yang berhubungan langsung dengan udara luar. Maka tidak ada beban konduksi dari matahari yang terjadi dan pada ruang pendingin tidak terdapat/menggunakan ventilasi dan kaca.

#### Perolehan kalor transmisi melalui dinding dalam

Beban pendingin akibat perolehan kalor melalui dinding dalam diketahui koefisien transmisi dinding U, I/R, dimana tahanan thermal dinding R terdiri dari :

- Tahanan thermal udara ruangan  $R_D = 0,68 \text{ (Btu/ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F)}$
- Lapisan pertama stainless steel dengan ketebalan = 0,98 in  
Tahanan thermal,  $R_1 = 2,45 \text{ (Btu/ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F)}$
- Lapisan kedua polyurethane ketebalan = 58,8 in  
Tahanan thermal,  $R_2 = 9,453 \text{ (Btu/ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F)}$
- Lapisan ketiga stainless steel dengan ketebalan = 0,98 in  
Tahanan thermal  $R_3 = 2,45 \text{ (Btu/ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F)}$
- Tahanan thermal udara luar  $R_L = 0,25 \text{ (ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F/Btu)}$

Tabel 8-8 (ASHRAE, 1997 : 199)

$$\begin{aligned} R &= R_D + R_1 + R_2 + R_3 + R_L \\ &= 0,68 + 2,45 + 9,453 + 2,45 + 0,25 \\ &= 15,283 \\ &= \frac{1}{152,83} \\ U &= 0,065 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas dinding} &= 4 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 11 \text{ m}^2 = 118,4 \text{ ft}^2 \text{ (dinding barat)} \\
&= 4 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 11 \text{ m}^2 = 118,4 \text{ ft}^2 \text{ (dinding timur)} \\
&= 4 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 11 \text{ m}^2 = 118,4 \text{ ft}^2 \text{ (dinding Utara)} \\
&= 4 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 11 \text{ m}^2 = 118,4 \text{ ft}^2 \text{ (dinding Selatan)}
\end{aligned}$$

$$\text{persamaannya : } Q_s = U \cdot A \cdot T_e$$

(ASHRAE, 1997 : 116)

Perolehan kalor transmisi melalui dinding dalam barat

$$\begin{aligned}
Q &= U \cdot A \cdot T_e \\
&= (0,065) \cdot (118) \cdot (6,2) \\
&= 47,554 \text{ Btu/h} \\
&= 13,93 \text{ W}
\end{aligned}$$

Perolehan kalor transmisi melalui dinding dalam timur

$$\begin{aligned}
Q &= U \cdot A \cdot T_e \\
&= (0,065) \cdot (118) \cdot (18,7) \\
&= 143,429 \text{ Btu/h} \\
&= 42,02 \text{ W}
\end{aligned}$$

Perolehan kalor transmisi melalui dinding dalam utara

$$\begin{aligned}
Q &= U \cdot A \cdot T_e \\
&= (0,065) \cdot (118) \cdot (2,8) \\
&= 21,476 \text{ Btu/h} \\
&= 6,29 \text{ W}
\end{aligned}$$

Perolehan kalor transmisi melalui dinding dalam selatan

$$\begin{aligned}
Q &= U \cdot A \cdot T_e \\
&= (0,065) \cdot (118) \cdot (9,2) \\
&= 70,564 \text{ Btu/h} \\
&= 20,67 \text{ W}
\end{aligned}$$

#### 7.4.2 Atap

Karena pada cold storage room akan dikondisikan berada pada lantai dua, yang letaknya berada di dalam kamar dingin maka tidak ada panas matahari yang terkonduksi melalui gedung atap

#### **Perolehan kalor transmisi melalui atap**

$$\text{Luas atap} = 11 \text{ m}^2 = 118,4 \text{ ft}^2$$

Persamaannya :

$$Q = U \cdot A \cdot T_e \quad (\text{ASHRAE, 1977 : 116})$$

Perolehan kalor transmisi dari atap

$$\begin{aligned} Q &= (0,065) \cdot (118) \cdot (7,5) \\ &= 57,525 \text{ Btu/h} \\ &= 16,85 \text{ W} \end{aligned}$$

### **7.5 Perhitungan Beban Dalam**

Perhitungan beban dalam dari dalam diestimasikan ruang digunakan selama jam operasi terlamanya, yang mana akan terjadi beban terbesar (dipengaruhi oleh lamanya beban berada di ruangan). Waktu yang dipilih pada jam 12.00, 14.00, 16.00, 18.00 dan 20.00 didasari perencanaan ruangan mendapatkan daya tampung maksimalnya dari jumlah makanan jadi atau bahan makanan dan juga oleh pengoperasian peralatan.

#### **7.5.1 Penerangan**

- Untuk penerangan digunakan lampu pijar dengan daya 40 watt ( $F_s = 1$  dan semua lampu dinyalakan ( $F_u = 1$ )).
- Penggunaan lampu pada cold storage room  $\pm 24$  jam.
- Kebutuhan rata-rata penerangan pad cold storage room adalah  $23,3 \text{ W/m}^2$  (lampiran 4).
- Daya yang digunakan ruangan dengan luas atap  $11 \text{ m}^2$ .
- $Q_i = 11 \times 23,3 = 256,3 \text{ W}$

Perhitungan pada jam 12.00

$$\text{CLF} = 0,82 \text{ (lampiran 15)}$$

$$Q_{\text{pijar}} = F_s \cdot F_u \cdot Q_i \cdot \text{CLF}$$



$$= 1 \times 1 \times 256,3 \times 0,82$$

$$= 210,1 \text{ W}$$

Tabel 4.1 Perhitungan beban pendinginan dari penerangan untuk lampu pijar

Jam	CLF	Q (W)
12.00	0,82	210,1
14.00	0,88	225,5
16.00	0,91	233,2
18.00	0,92	235,7
20.00	0,94	240,9

### 7.5.2 Orang

- Kebutuhan luas rata-rata bagi setiap pengunjung / penghuni pada cold storage room yang ideal adalah  $10 \text{ ft}^2$  / orang atau sama dengan  $0,9 \text{ m}^2/\text{orang}$  (lampiran)
- Untuk ruangan seluas  $11 \text{ m}^2$  maka kapasitas pengunjung yang dapat ditampung
- $N_o = \frac{11}{0,9} = 12 \text{ orang}$
- Sensibel heat gain, SHG = 70 W (lampiran 16)
- Latent heat gain, LHG = 45 W
- Pada cold storage room aktivitas yang dilakukan orang hanya aktivitas ringan saja seperti mengeluarkan atau memasukkan (menyimpan) barang/makanan.

#### 1. Beban sensibel

Perhitungan pada jam 12.00

CLF = 0,71 (lampiran 17)

$N_o = 12$

$Q_s = N_o \cdot \text{SHG} \cdot \text{CLF}$

$= 12 \times 70 \times 0,71$

$= 596,4 \text{ W}$

Tabel 4.2 Perhitungan beban pendinginan dari orang

<b>Jam</b>	<b>CLF</b>	<b>Q (W)</b>
12.00	0,71	596,4
14.00	0,79	663.6
16.00	0,84	705.6
18.00	0,88	739.2
20.00	0,91	764.4

2. Beban laten

$$Q_L = N_o. LHG$$

$$= 12 \times 45$$

$$= 540 \text{ W}$$

### 7.5.3 Peralatan

1. Beban sensibel

Tabel 4.3 Beban sensibel dari peralatan

<b>Peralatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>SHG (W)</b>	<b>Total</b>
Griddle/grill	2	1940	3880
Trolly	3	20	60
<b>Total SHG (W)</b>			<b>3940</b>

Total SHG tiap jam = total SHG x CLF (lampiran 17)

<b>Jam</b>	<b>CLF</b>	<b>SHG (W)</b>
12.00	0,71	2797,4
14.00	0,79	3112,6
16.00	0,84	3309,6
18.00	0,88	3467,2
20.00	0,91	3585,4

## 2. Beban laten

Tabel 4.4 Beban laten dari peralatan

<b>Peralatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>SHG (W)</b>	<b>Total</b>
Griddle/grill	2	1080	2160
Trolley	3	12	36
<b>Total SHG (W)</b>			<b>2196</b>

Beban laten peralatan sebesar **2196 Watt**.

## 7.6 Ventilasi dan Infiltrasi

### 7.6.1 Ventilasi

Pada coldstorage room *tidak terdapat ventilasi*.

### 7.6.2 Infiltrasi

Infiltrasi merupakan udara luar yang tidak dikondisikan yang dapat masuk ke dalam ruangan dengan melalui celah jendela, pintu dan sebagainya

- Kecepatan angin 5 mph

Infiltrasinya 0,9 CFM per liner food of crack =  $0,42 \frac{I}{s}$  /liter ft Crack (lampiran 21)

- Infiltrasi untuk satu buah pintu
- Keliling pintu adalah sebagai berikut :

Tinggi = 2,5 m

Lebar = 1 m

Keliling pintu =  $1[1 \times 2,5) + (1 \times 1)] = 3,5 \text{ m} \sim 11,5 \text{ ft}$

Infiltrasi

$$\begin{aligned} U_i &= 0,42 \frac{I}{s} \text{ /liter ft Crack} \times 11,5 \text{ ft} \\ &= 4,83 \text{ I/s} \end{aligned}$$

#### 1. Beban sensinbel infiltrasi

$$\begin{aligned} Q_s &= 1,232 \cdot U_i \cdot (T_2 - T_1) \\ &= 1,232 \times 4,83 \times 34,8 \end{aligned}$$

$$= 60,6 \text{ W}$$

## 2. Beban laten infiltrasi

$$\begin{aligned} Q_L &= 3012 \cdot U_i \cdot (W_2 - W_1) \\ &= 3012 \times 4,83 \times 0,0198 \\ &= 84,3 \text{ W} \end{aligned}$$

## 7.7 Hasil Total Perhitungan Beban

Dari hasil beban perhitungan yang berasal dari sumber-sumber beban yang ada maka diperoleh beban puncak dari cold storage room yang dikondisikan.

### Perhitungan Beban Luar

Tabel 4.5 Perhitungan beban luar melalui dinding dan atap

<b><i>Perolehan kalor transmisi melalui</i></b>	
<b>Dinding atap</b>	
Dinding utara	6,29 W
Dinding timur	42,02 W
Dinding barat	13,93 W
Dinding selatan	20,67 W
Atap	16,85 W
<b>Total</b>	<b>99,76 W</b>

### 7.7.1 Perhitungan Beban Sensibel

Tabel 4.6 Perhitungan beban pendinginan sensibel dari dalam

<b>Sensibel cooling load (W)</b>	<b>JAM</b>				
	<b>12.00</b>	<b>14.00</b>	<b>16.00</b>	<b>18.00</b>	<b>20.00</b>
1. Penerangan	210,1	225,5	233,2	235,7	240,9
2,. Penghuni	596,4	663,6	705,6	739,2	764,4
3. Peralatan	2797,4	3112,6	3309,6	3467,2	3585,4
<b>Total</b>	<b>3603,9</b>	<b>4001,7</b>	<b>4248,4</b>	<b>4442,1</b>	<b>4590,7</b>

Sensibel cooling load (beban sensible) terbesar terjadi pada jam 20.00 yaitu sebesar **4590,7 Watt**.

**Sensibel cooling load pada jam 20.00 = 4590,7**

$$\begin{aligned}\text{Infiltration sensible cooling load} &= \underline{60.6} + \\ \text{Total sensible cooling load} &= 4651,3 \text{ W}\end{aligned}$$

### 7.7.2 Perhitungan Beban Laten

Tabel 4.7 Perhitungan beban pendinginan laten dari dalam

Latent cooling load (W)	
1. Orang	540
2. Peralatan	2196
<b>Total</b>	<b>2736</b>

$$\begin{aligned}\text{Sensibel cooling load pada jam 20.00} &= 2736 \\ \text{Infiltration sensible cooling load} &= \underline{84.3} + \\ \text{Total latent cooling load} &= 2820,3 \text{ W}\end{aligned}$$

### 7.7.3 Kapasitas mesin pendingin

Kapasitas mesin pendingin, yang diperlukan sebesar :

$$= \frac{\text{Total Heat}}{3157,2}$$

$$= \frac{7471,6}{3157,2}$$

$$= 2,124 \text{ TR} \approx 2 \text{ TR}$$

refrigeran yang digunakan adalah R 12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) yang mempunyai *coefficient of performance* sebesar 5,5 (lampiran 21)

$$\text{COP} = \frac{TH}{\text{Kapasitas kompresor}}$$

$$5,5 = \frac{7471,6}{\text{Kapasitas pompa}}$$

$$\text{kapasitas kompresor} = \frac{7471,6}{5,5} = 1358,47 \text{ W}$$

atau