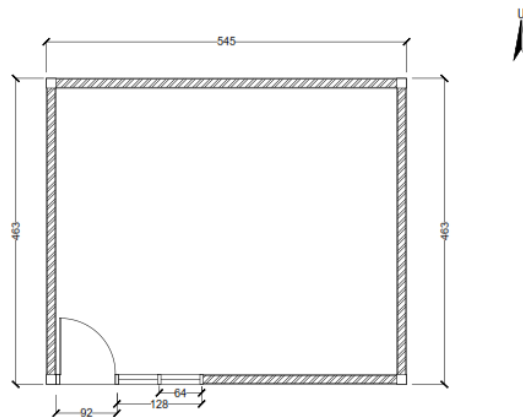


BAB III

PERENCANAAN, PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN, DAN PEMILIHAN UNIT AC

Dalam perancangan pemasangan AC pada Ruang Dosen dan Teknisi, data-data yang dibutuhkan diambil dari berbagai buku acuan. Data-data yang akan diterangkan disini antara lain lokasi ruangan yang dirancang, temperature udara rancangan, temperature udara pada bulan terpanas pada lokasi tersebut, dan dimensi dari ruangan yang akan dirancang.

3.1 Denah Ruangan



Gambar 3.1 Denah Ruangan

Data Ruangan:

1. Panjang : 5,45 m
2. Lebar : 4,63 m
3. Tinggi : 3,20 m
4. Dinding : Batu bata + plester semen
5. Lantai : Keramik

6. Plafon : Gypsum
7. Pintu : Bahan Triplex, L = 0,92 m , T = 2,08 m
8. Jendela : Kaca biasa, 2 Jendela ukuran 0,64 m x 1,14 m
9. Lampu : 1 buah @42 W
10. Penghuni : 6 orang
11. Laptop : 6 buah @60 W
12. Peralatan lain : Lemari 2, Meja 6, Kursi 6
13. Jenis Bangunan : Ruangan Kantor

Tabel 3.1 Dimensi Ruangan

Objek	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
Ruang Teknisi	5,45	4,63	3,20	25,23	80,75

Tabel 3.2 Luas Dinding

No.	Objek	Meter		Jumlah	Luas (m ²)	Keterangan
		Panjang	Tinggi			
1	D. Selatan	5,45	3,20	1	17,44	Pengurangan akibat adanya pintu dan jendela
	Jendela	0,64	1,14	2	1,46	
	Pintu	0,92	2,08	1	1,91	
Luas Dinding Selatan					14,07	
No.	Objek	Meter		Jumlah	Luas (m ²)	Keterangan
		Panjang	Tinggi			
2	D. Barat	4,63	3,20	1	14,82	-
3	D. Utara	5,45	3,20	1	17,44	-
4	D. Timur	4,63	3,20	1	14,82	-

3.2 Kondisi Rancangan

- a. Kondisi Udara Dalam Ruangan Rancangan

Lokasi ruangan yang akan dikondisikan berada di Semarang, Indonesia. (Wiranto A. & Heizo Saito “Penyegaran Udara” *Tabel 3.2, halaman 33*)

Temperatur bola kering (Tdb) untuk ruangan biasa adalah 24°C

Kelembaban relative (RH) rata-rata adalah 50%

Perbandingan kelembaban rata-rata adalah 0,0105 kg/kg’

b. Kondisi Udara Luar Ruangan Rancangan

Kondisi udara rancangan dapat di lihat pada tabel 3.3 (Wiranto A. & Heizo Saito “Penyegaran Udara”) didapat bahwa bulan terpanas adalah bulan Mei – September:

Temperatur bola kering (Tdb) rata-rata adalah 32°C

Perubahan temperatur harian adalah 8°C

Perbandingan kelembaban rata-rata adalah 0,020 kg/kg’

Volume spesifik udara luar adalah 0,892 m³/kg’

Tabel 3.3 Temperatur Rancangan

	Temperatur bola kering	Perubahan temperatur harian	Temperatur bola basah	Kelembaban relative	Perbandingan Kelembaban rata-rata sepanjang hari
Di dalam ruangan	24°C			50%	0,0105 kg/kg’
Di luar ruangan	32°C	8°C			0,020 kg/kg’

3.3 Perhitungan Beban Pendinginan

a. Temperatur Udara Luar

Temperatur udara pada suatu saat tertentu dapat diperkirakan dengan formula:

$$t_o = t_{o, \text{rancangan}} - \frac{\Delta t}{2} + \frac{\Delta t}{2} \cos 15 (\tau - \gamma)$$

Dimana :

t_o = Temperatur udara luar sesaat, ($^{\circ}\text{C}$)

$t_{o \text{ rancangan}}$ = Temperatur udara luar untuk perancangan, ($^{\circ}\text{C}$)

Δt = Perubahan temperature harian, ($^{\circ}\text{C}$)

15 = Perubahan waktu sudut ($\frac{360^{\circ}}{24 \text{ Jam}}$)

τ = waktu penyinaran matahari

(Dalam persamaan ini, pukul 12 siang adalah 0, pagi dari (A.M) adalah negative (-) dan siang hari (P.M) adalah positif (+), dengan besarnya dinyatakan sampai satu angka decimal, misalnya pukul setengah sepuluh pagi dinyatakan dengan -2.5)

γ = saat terjadinya temperature maksimum (+2)

Temperatur udara luar sesaat pada pukul 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, dan 15.00

$t_{o \text{ rancangan}} = 32^{\circ}\text{C}$ dan $\Delta t = 8^{\circ}\text{C}$. Maka persamaan:

$$t_o = 32 - 4 + 4 \cos 15 (\tau - 2) = 28 + 4 \cos 15 (\tau - 2)$$

pada waktu penyinaran matahari secara berturut-turut

$\tau = -1, \tau = 0, \tau = 1, \tau = 2, \text{ dan } \tau = 3$. Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Pukul 11, } t_o &= 28 + 4 \cos 15 (-1 - 2) \\ &= 28 + 4 \cos -45 \\ &= 28 + 2,8 \end{aligned}$$

$$= 30,8^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pukul 12, } to = 28 + 4 \cos 15 (0 - 2)$$

$$= 28 + 4 \cos -30$$

$$= 28 + 3,5$$

$$= 31,5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pukul 13, } to = 28 + 4 \cos 15 (1 - 2)$$

$$= 28 + 4 \cos -15$$

$$= 28 + 3,9$$

$$= 31,9^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pukul 14, } to = 28 + 4 \cos 15 (2 - 2)$$

$$= 28 + 4 \cos 0$$

$$= 28 + 4$$

$$= 32^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pukul 15, } to = 28 + 4 \cos 15 (3 - 2)$$

$$= 28 + 4 \cos 15$$

$$= 28 + 3,9$$

$$= 31,9^{\circ}\text{C}$$

Tabel 3.4 Temperatur Udara Luar

Waktu, Pukul	11	12	13	14	15
Temperatur Udara Luar ($^{\circ}\text{C}$)	30,8	31,5	31,9	32	31,9

3.3.1 Kalor Sensibel daerah perimeter (tepi)

1. Beban transmisi kalor melalui jendela

Luas jendela (m²) x koefisien transmisi kalor melalui jendela, K (kcal/ m²jam °C)

x Δt ruangan (°C)

a. Jendela bagian selatan

$$\text{Luas jendela} = 1,46 \text{ m}^2$$

$$\text{K transmisi kalor melalui jendela} = 5,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t \text{ ruangan} = 32^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 1,46 \text{ m}^2 \times 5,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 64,20 \text{ kcal/h}$$

2. Infiltrasi beban kalor sensibel

{(Volume ruangan (m³) x jumlah penggantian ventilasi alamiah, Nn) + jml udara

luar} x $\frac{0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}{\text{Volume Spesifik}}$ x Δt ruangan (°C)

$$\text{Volume ruangan} = 80,75 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah pergantian ventilasi alamiah} = 1$$

$$\text{Jumlah Orang} = 6 \text{ orang}$$

$$\text{Udara Luar Masuk} = 18 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Jumlah udara luar} = 18 \text{ m}^3/\text{h} \times 6 = 108 \text{ m}^3/\text{h}$$

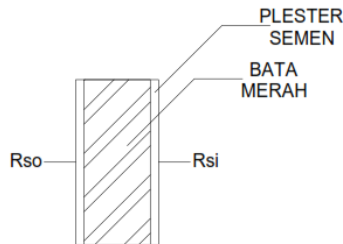
$$\Delta t \text{ ruangan} = 8^\circ\text{C}$$

$$Q = \{(80,75 \text{ m}^3 \times 1) + 108 \text{ m}^3/\text{h}\} \times \frac{0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}{0,892 \text{ m}^3/\text{kg}} \times 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 313,21 \text{ kcal/h}$$

3. Beban Kalor sensible melalui dinding

Beban kalor sensible melalui dinding (dengan lapisan plester 3mm dan bagian utama batu bata).



Gambar 3.2 Bagian dinding

Luas dinding (m^2) x koefisien transmisi kalor dari (dinding atau atap), K (kcal/ $m^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ C$) x (selisih temperatur ekivalen dari radiasi matahari $^\circ C$)

Dinding bagian selatan

$$\text{Luas dinding} = 14,07 \text{ m}^2$$

$$K_{\text{Batu Bata}} = 1,62 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$K_{\text{Adukan}} = 2,05 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$R_{SO} \text{ (udara luar)} = 0,05 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$R_{Si} \text{ (udara dalam)} = 0,125 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$R_t = 0,05 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal} + 0,125 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$R_t = 0,175 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$K_{Rt} = \frac{1}{R_t}$$

$$K_{Rt} = \frac{1}{0,175}$$

$$K_{Rt} = 5,71 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{Koefisien dinding} = 1,62 + 2,05 + 5,71 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$= 9,38 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t \text{ ekivalen radiasi matahari} = 2,4^\circ\text{C}$$

$$Q = 14,07 \text{ m}^2 \times 9,38 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 2,4^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 316,68 \text{ kcal/h}}$$

4. Perhitungan beban kalor tersimpan dari ruangan dengan penyegaran udara (pendinginan) terputus-putus.

(Beban transmisi kalor melalui jendela + Infiltrasi beban kalor sensible + Beban kalor sensible melalui dinding) x faktor beban kalor tersimpan

$$Q = (64,20 \text{ kcal/h} + 313,21 \text{ kcal/h} + 316,68 \text{ kcal/h}) \times 20\%$$

$$\mathbf{Q = 138,82 \text{ kcal/h}}$$

Q Total Kalor Sensibel daerah perimeter (tepi)

$$Q = 64,20 \text{ kcal/h} + 313,21 \text{ kcal/h} + 316,68 \text{ kcal/h} + 138,82 \text{ kcal/h}$$

$$\mathbf{Q \text{ total} = 832,92 \text{ kcal/h}}$$

3.3.2 Beban Kalor laten daerah perimeter

1. Beban kalor laten oleh infiltrasi

$$\text{Vol ruang (m}^3\text{)} \times \text{jml ventilasi alamiah, } Nn \times \frac{597,3 \text{ kcal/kg}}{0,892 \text{ m}^3/\text{kg}} \times \Delta w \text{ (kg/kg')}$$

$$Q = \{ 80,75 \text{ m}^3 \times 1 \times \frac{597,3 \text{ kcal/kg}}{0,892 \text{ m}^3/\text{kg}} \times (0,020 - 0,0105) \text{ kg/kg}' \} : 60$$

$$\mathbf{Q = 8,56 \text{ kcal/h}}$$

3.3.3 Beban kalor sensible daerah interior

1. Koefisien transmisi dari partisi langit-langit

$$L. \text{ kompartemen } m^2 \times k. \text{ kompartemen } \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times \Delta t \text{ ruangan}$$

Koefisien transmisi pada partisi langit-langit

$$\text{Luas langit-langit} = 25,23 \text{ m}^2$$

$$K \text{ langit-langit} = 2,86 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

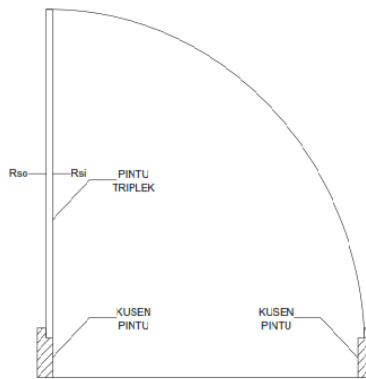
$$\Delta t \text{ ruangan} = 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 25,23 \text{ m}^2 \times 2,86 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 577,34 \text{ kcal/h}$$

2. Koefisien transmisi dari partisi pintu

L. kompartemen m² x k. kompartemen kcal/m²h^oC x Δt ruangan



Gambar 3.3 Pintu Triplek

$$\text{Tebal pintu} = 0,5 \text{ cm} \times 2 = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$R_{SO} \text{ (udara luar)} = 0,05 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$R_{Si} \text{ (udara dalam)} = 0,125 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$r = 7,35 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{pintu}} &= r \text{ pintu} \times \text{tebal pintu} \\ &= 7,35 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal} \times 0,01 \text{ m} \\ &= 0,0735 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal} \end{aligned}$$

$$R_t = R_{SO} + R_{\text{pintu}} + R_{Si}$$

$$= 0,05 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal} + 0,0735 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal} + 0,125 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$$
$$= 0,2485 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$$

$$K = \frac{1}{Rt}$$

$$K = \frac{1}{0,2485}$$

$$K = 4,02 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{Luas Pintu} = 1,91 \text{ m}^2$$

$$K \text{ Pintu} = 4,02 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t \text{ ruangan} = 32^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 1,91 \text{ m}^2 \times 4,02 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 61,43 \text{ kcal/h}}$$

3. Koefisien transmisi dari partisi dinding

L. kompartemen m² x k. kompartemen kcal/m²h^oC x Δt ruangan^oC

a. Dinding bagian selatan

$$\text{Luas dinding} = 14,07 \text{ m}^2$$

$$K \text{ dinding} = 1,62 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t \text{ ruangan} = 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 14,07 \text{ m}^2 \times 1,62 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 182,35 \text{ kcal/h}}$$

b. Dinding bagian timur

$$\text{Luas dinding} = 14,82 \text{ m}^2$$

$$K \text{ dinding} = 1,62 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t \text{ ruangan} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 14,82 \text{ m}^2 \times 1,62 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \times 2^{\circ}\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 48,02 \text{ kcal/h}}$$

c. Dinding bagian barat

$$\text{Luas dinding} = 14,82 \text{ m}^2$$

$$K \text{ dinding} = 1,62 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t \text{ ruangan} = 3^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 14,82 \text{ m}^2 \times 1,62 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \times 2^{\circ}\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 48,02 \text{ kcal/h}}$$

d. Dinding bagian utara

$$\text{Luas dinding} = 17,44 \text{ m}^2$$

$$K \text{ dinding} = 1,62 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t \text{ ruangan} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 17,44 \text{ m}^2 \times 1,62 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \times 2^{\circ}\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 56,51 \text{ kcal/h}}$$

Q koefisien transmisi dinding = Dinding selatan + Dinding timur + Dinding barat
+ Dinding utara

$$Q = 182,35 \text{ kcal/h} + 48,02 \text{ kcal/h} + 48,02 \text{ kcal/h} + 56,51 \text{ kcal/h}$$

$$\mathbf{Q = 334,89 \text{ kcal/h}}$$

4. Beban kalor sensible karena adanya sumber kalor interior

a. Jumlah Orang

Jml orang x kalor sensibel manusia (kcal/ jam.orang) x faktor kelompok

$$Q = 6 \text{ orang} \times 50 \text{ kcal/h orang} \times 0,897$$

$$Q = 269,10 \text{ kcal/h}$$

b. Lampu Neon

Jumlah x Peralatan, kW x kalor sensibel peralatan, kcal / kW x faktor penggunaan peralatan

$$Q = 1 \times 0,042 \text{ kW} \times 1000 \text{ kcal/kW} \times 1$$

$$Q = 42 \text{ kcal/h}$$

c. Laptop

Jumlah x Peralatan, kW x kalor sensibel peralatan, kcal / kW x faktor penggunaan peralatan

$$Q = 6 \times 0,06 \text{ kW} \times 0,860 \text{ kcal/kW} \times 1$$

$$Q = 0,31 \text{ kcal/h}$$

Q Beban sensible adanya sumber kalor interior = Orang + Neon + Laptop

$$Q = 269,10 \text{ kcal/h} + 42 \text{ kcal/h} + 0,31 \text{ kcal/h}$$

$$Q = 311,41 \text{ kcal/h}$$

Beban kalor sensible interior

Q = Koefisien transmisi dari partisi langit-langit + Koefisien transmisi dari partisi pintu + Koefisien transmisi dari partisi dinding + Beban kalor sensible karena adanya sumber kalor interior

$$Q = 577,34 \text{ kcal/h} + 61,43 \text{ kcal/h} + 334,89 \text{ kcal/h} + 311,41 \text{ kcal/h}$$

$$Q = 1.285,06 \text{ kcal/h}$$

3.3.4 Beban kalor laten daerah interior

1. Tambahan kalor laten oleh sumber penguapan interior

Jml orang x kalor sensibel manusia (kcal/ jam.orang) x faktor kelompok

$$Q = 6 \text{ orang} \times 28 \text{ kcal/h orang} \times 0,897$$

$$Q = 150,70 \text{ kcal/h}$$

3.3.5 Beban kalor sensible

1. Beban kalor sensibel ruangan total

$$Q = \text{Beban kalor sensibel tepi} + \text{Beban kalor sensibel interior}$$

$$Q = 832,92 \text{ kcal/h} + 1.285,06 \text{ kcal/h}$$

$$Q = 2.117,98 \text{ kcal/h}$$

2. Kenaikan beban oleh kebocoran saluran udara

$$Q = \text{beban kalor sensibel ruangan total} \times \text{faktor kebocoran saluran udara}$$

$$Q = 2.117,98 \text{ kcal/h} \times 0,2$$

$$Q = 423,60 \text{ kcal/h}$$

Q Beban kalor sensibel = Beban kalor sensibel ruangan total + Kenaikan beban oleh kebocoran saluran udara

$$Q_{\text{total}} = 2.117,98 \text{ kcal/h} + 423,60 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{total}} = 2.541,58 \text{ kcal/h}$$

3.3.6 Beban kalor laten

1. Beban kalor laten ruangan total

$$Q = \text{Beban kalor laten daerah tepi} + \text{Beban kalor laten daerah interior}$$

$$Q = 8.56 \text{ kcal/h} + 150,70 \text{ kcal/h}$$

$$Q = 159,26 \text{ kcal/h}$$

2. Kenaikan beban oleh kebocoran saluran

$Q = \text{Beban kalor laten ruangan total} \times \text{factor kebocoran}$

$Q = 159,26 \text{ kcal/h} \times 0,2$

$Q = 31,85 \text{ kcal/h}$

$Q \text{ Beban kalor laten} = \text{Beban kalor laten ruangan total} + \text{kenaikan oleh kebocoran}$

$Q_{\text{total}} = 159,26 \text{ kcal/h} + 31,85 \text{ kcal/h}$

$Q_{\text{total}} = 191,11 \text{ kcal/h}$

$\text{Beban pendinginan total} = \text{beban kalor sensibel total} + \text{beban kalor laten total}$

$= 2.541,58 \text{ kcal/h} + 191,11 \text{ kcal/h}$

$= 2.732,69 \text{ kcal/h}$

$= 10.844,19 \text{ Btu/h}$

3.4 Pemilihan Unit AC

Menurut letak dan posisi ruangan Dosen dan Teknisi yang berbatasan langsung dengan kondisi luar, maka untuk ruangan tersebut sebaiknya menggunakan jenis AC Split. Karena AC ini cocok untuk ruangan yang membutuhkan ketenangan serta suara didalam ruangan yang tidak berisik.

Berdasarkan hasil dari perhitungan beban pendinginan pada ruangan Dosen dan Teknisi dengan desain suhu dalam 24°C , $\text{RH} = 50\%$ didapat beban atau panas pendingin total sebesar $2.732,69 \text{ kcal/h}$ atau $10.844,19 \text{ Btu/h}$. Sehingga AC yang memenuhi beban pendingin dan dapat dipasang untuk rancangan ruang Dosen dan Teknisi adalah AC berukuran 1,5 PK sebanyak 1 buah.

3.5 Proses Psikometrik

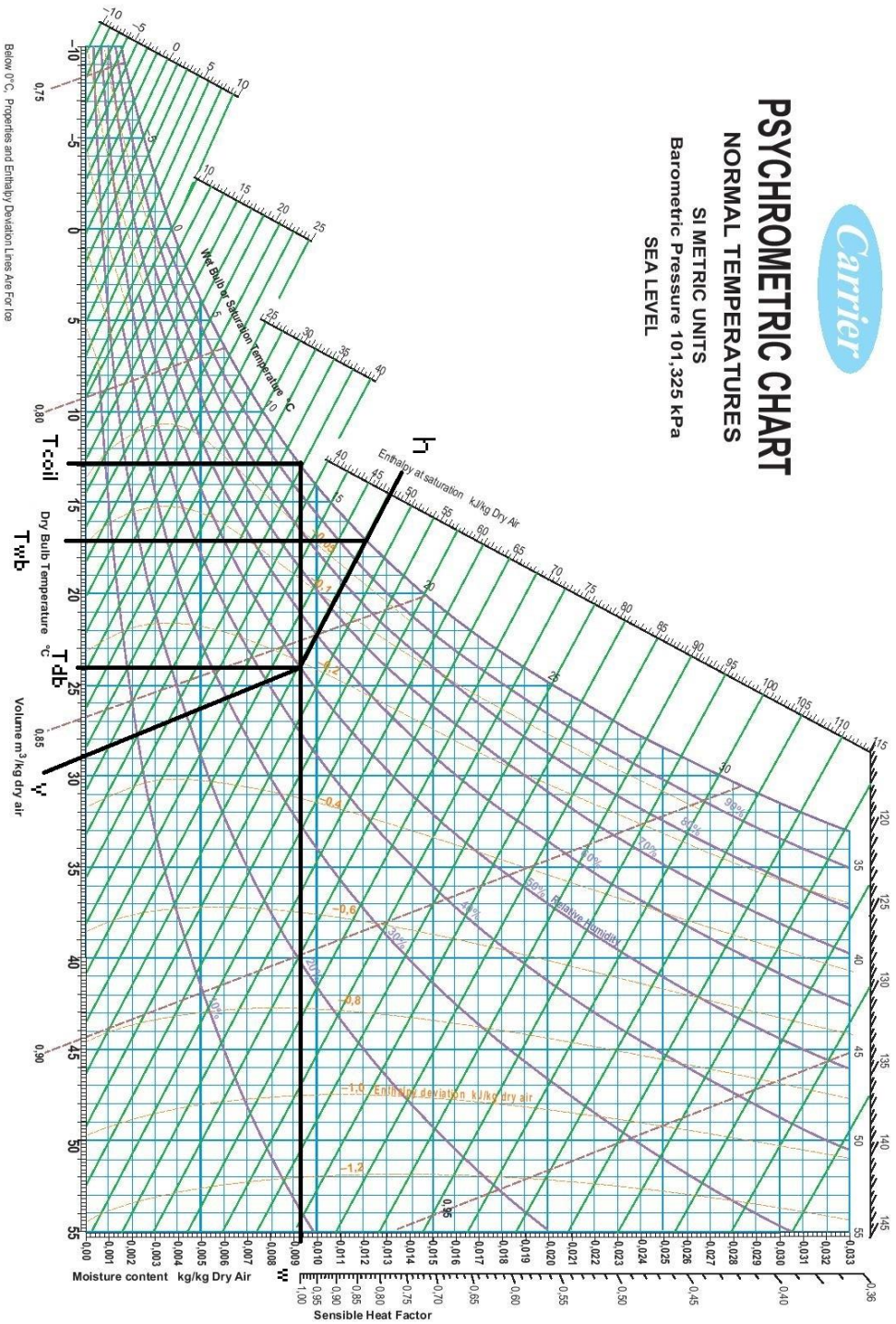
Jika besarnya beban pendingin sudah di ketahui, kita dapat menghitung jumlah udara yang diperlukan dan temperature udara pada setiap sisi dan menggambarkan proses pengkondisian udara pada grafik psikometrik.



PSYCHROMETRIC CHART

NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS
Barometric Pressure 101.325 kPa
SEA LEVEL



Below 0°C, Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice