

ANALISA PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN DI TOWER UNIVERSITAS MERCU BUANA LANTAI 5 DAN LANTAI 6

Anin Kurniawati, Gimbal Doloksaribu

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana

anin.kurniawati@yahoo.com, g.doloksaribu@yahoo.com

ABSTRAK

Penulisan Jurnal Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pendingin agar kebutuhan sistem udara dapat menghasilkan suhu udara yang sesuai dengan kapasitas ruangan tersebut, karena kebutuhan akan pendingin dalam suatu ruangan sangat dibutuhkan untuk menimbulkan rasa nyaman ketika sedang berada didalam ruangan tersebut. Kondisi didalam maupun luar ruangan sangat mempengaruhi kebutuhan mesin pendingin yang tersedia. Pada tower Universitas Mercu Buana pada lantai 5 dan 6 memiliki kapasitas mesin pendingin atau AC sebanyak 4 unit sebesar 8 PK, dimana mesin tersebut harus mencukupi kapasitas beban pendingin yang ditanggung dalam lantai tersebut. Maka dari itu, penulis ingin menganalisa dan menghitung beban-beban yang ditanggung pada lantai tersebut agar kebutuhan mesin pendingin atau AC dapat tercukupi. Dalam perhitungan beban pendingin ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain pengambilan data serta mengamati langsung tempat yang akan dijadikan objek penelitian, dan setelah itu dilakukan perhitungan-perhitungan dari data yang telah diketahui untuk mendapatkan suatu hasil.

Dari hasil perhitungan, maka diperoleh beban kalor yang ditanggung pada ruang lantai 5 adalah sebesar **1530,813 kW (pada kondisi maksimum)** dengan luas lantai sebesar 1125 m², tetapi kapasitas mesin pendingin yang tersedia masih kurang karena kapasitas mesin pendingin hanya 4 unit AC sebesar 8 PK (21,10 kW), sedangkan pada pada lantai 6 pun kapasitas mesin pendingin masih kurang, karena beban yang ditanggung pada ruang lantai 6 adalah sebesar **1535,587 kW (pada kondisi maksimum)** dengan luas lantai sebesar 1125 m² dan kapasitas mesin pendingin hanya 4 unit AC sebesar 8 PK (21,10 kW). Setelah melihat hasil perhitungan dan analisa tersebut maka disarankan untuk penambahan unit mesin pendingin agar ketika pada kondisi maksimum, pengunjung merasa nyaman ketika berada diruangan tersebut, tetapi jika pada kondisi minimum atau normal, dapat menggunakan mesin pendingin, peralatan, maupun penerangan dengan sebaik-baiknya.

Kata kunci : Beban pendingin, AC, Mesin Pendingin, Beban kalor

I. PENDAHULUAN

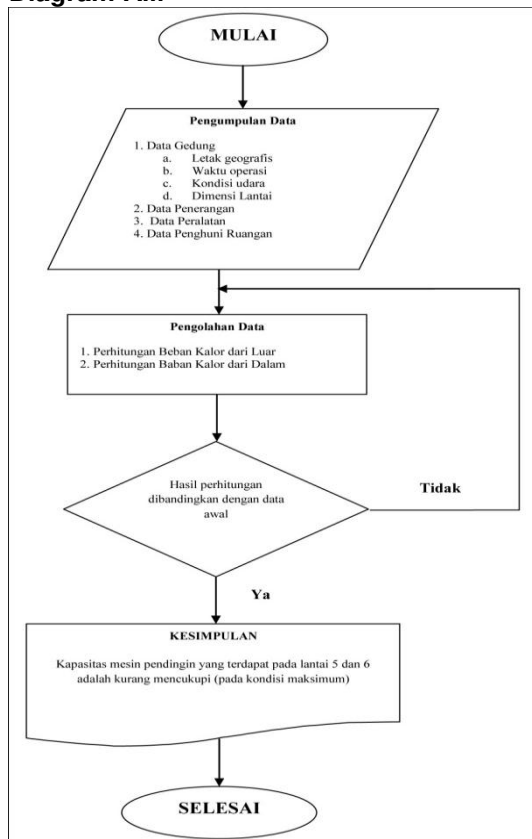
Pengkondisian udara merupakan salah satu aplikasi penting dari teknologi refrigerasi. Teknologi ini dapat menghasilkan dua hal yang diperlukan dalam pengkondisian udara, yaitu pendinginan dan pemanasan. Pengkondisian udara adalah usaha untuk mengatur temperatur dan kelembaban udara agar menghasilkan kenyamanan termal bagi manusia. Kebutuhan akan pendingin dalam suatu ruangan sangat dibutuhkan untuk menimbulkan rasa nyaman ketika sedang berada didalam ruangan tersebut. Kondisi didalam maupun luar ruangan sangat mempengaruhi

kebutuhan mesin pendingin yang tersedia. Pada tower Universitas Mercu Buana memiliki kapasitas unit pendingin atau AC sebanyak 4 unit, dimana mesin tersebut harus mencukupi kapasitas beban pendingin yang ditanggung dalam masing-masing lantai tersebut. Untuk mengetahui beban pendingin yang ditanggung pada lantai tersebut, maka dilakukan analisa perhitungan beban pendingin agar dapat diketahui jumlah unit pendingin yang diperlukan untuk mencukupi pendinginan pada lantai-lantai tersebut.

Metode Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari total beban pendingin yang dihasilkan dalam satu ruangan. Metode yang dipakai penulis adalah dengan cara perhitungan manual dengan rumus-rumus yang sudah tersedia, dengan membaca grafik maupun melihat atau membaca tabel yang ada didalam referensi dari buku-buku. Teknik pengumpulan data yang dipakai penulis adalah dengan menggunakan metode wawancara dengan bagian teknisi dan bagian gedung, mengamati langsung atau terjun langsung ke tempat yang akan diamati, asistensi dengan dosen pembimbing, dan studi pustaka untuk menambah referensi bahan-bahan teori yang mendukung atau yang dipakai penulis yang berkaitan dengan judul maupun bahan atau tema dari Jurnal Penelitian ini.

Diagram Alir



II. LANDASAN TEORI

Hukum-Hukum Termodinamika

1. Hukum Termodinamika ke Nol
Menyatakan bahwa dua sistem dalam keadaan setimbang dengan sistem ketiga, maka ketiga sistem tersebut saling setimbang satu sama lain

2. Hukum Termodinamika Pertama
Menyatakan bahwa perubahan energi dalam satu sistem termodinamika tertutup sama dengan total dari jumlah energi kalor yang disuplai kedalam sistem dan kerja.
3. Hukum Termodinamika Kedua
Menyatakan bahwa total entropi dari suatu sistem termodinamika terisolasi cenderung untuk meningkat atau mendekati nilai maksimum.
4. Hukum Termodinamika Ketiga
Menyatakan bahwa pada saat suatu sistem mencapai temperatur nol absolut, semua proses akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum.

Siklus Termodinamika

Siklus termodinamika adalah serangkaian proses termodinamika mentransfer panas dan kerja dalam berbagai keadaan tekanan, temperatur, dan keadaan lainnya. Hukum pertama termodinamika menyebutkan bahwa jumlah panas yang masuk setara dengan jumlah panas yang keluar. Jadi pada akhir siklus, semua sifat akan memiliki nilai yang sama dengan kondisi awal. Proses ini menjadi konsep yang penting karena prosesnya terjadi secara berulang-ulang dan berlanjut.

Dasar Pendinginan Ruangan

Proses pendinginan ruangan merupakan hasil dari efek pendinginan dari sistem refrigerasi. Dalam suatu siklus refrigerasi dapat menghasilkan efek pendinginan dan pemanasan. Efek pendinginan inilah yang kemudian dikembangkan dan dimanfaatkan untuk pendinginan ruangan. Suatu sistem refrigerasi terdiri dari 4 komponen utama, yaitu evaporator, kompresor, kondensor, dan katup ekspansi.

Pengkondisian Udara pada Bangunan

Kebanyakan unit pengkondisian udara digunakan untuk kenyamanan, yaitu untuk menciptakan suatu kondisi yang nyaman bagi penghuni ruangan. Ruangan yang dikondisikan menggunakan satu atau lebih sistem saluran udara segar dan udara balik, dapat juga dalam bentuk aliran air panas atau dingin melalui pipa penukar kalor (*heat exchanger*) yang terdapat didalam ruangan tersebut.

➤ Beban kalor melalui radiasi matahari
Untuk mencari radiasi matahari tidak langsung dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$J_n = 1164 P^{\text{cosec } h} \dots\dots\dots (2.4)^{[1]}$$

$$J_h = 1164 P^{\text{cosec } h} \sin h \dots\dots\dots (2.5)^{[1]}$$

$$J_v = 1164 P^{\text{cosec } h} \cos h \dots\dots\dots (2.6)^{[1]}$$

$$J_\beta = 1164 P^{\text{cosec } h} \cos h \cos \beta \dots\dots (2.7)^{[1]}$$

Dimana:

J_n = radiasi matahari langsung pada bidang tegak lurus arah datangnya radiasi

J_h = radiasi matahari langsung pada bidang horizontal

J_v = radiasi matahari langsung pada bidang vertikal

J_β = radiasi matahari langsung pada bidang vertikal, tetapi pada posisi membuat sudut

samping β dari arah datangnya radiasi
1164 = konstanta panas matahari (kcal/m² jam)

P = permeabilitas atmosfer (0,6 – 0,75 pada

hari yang cerah)

h = ketinggian matahari (dinyatakan dalam derajat dan angka desimal)

Untuk mencari ketinggian matahari dan azimuth dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sin h = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cos \delta \cos 15 \tau \dots\dots\dots (2.8)^{[2]}$$

$$\cos(A) = \frac{\sin h \cdot \sin \psi - \sin \delta}{\cos(h) \cdot \cos \psi} \dots\dots\dots (2.9)^{[2]}$$

Dimana :

A = azimuth matahari (tepat sebelah selatan adalah 0, kearah barat positif dan kearah

timur adalah negatif)

h = ketinggian matahari

ψ = kedudukan garis lintang (Lintang utara adalah positif dan lintang selatan adalah

negatif)

δ = deklinasi matahari

τ = saat penyinaran matahari

Untuk mencari nilai dari deklinasi matahari, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\delta = 23,45^0 \sin \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] \dots\dots (2.10)^{[2]}$$

Atau dengan rumus:

$$\delta = 23,45^0 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + N) \right] \dots (2.11)^{[2]}$$

Dimana :

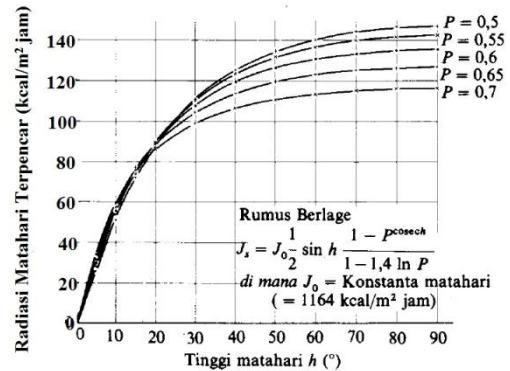
N= adalah bilangan dalam satu tahun, misalnya:

tanggal 1 januari, memiliki nilai N = 1

tanggal 2 januari, memiliki nilai N = 2

tanggal 26 juli, memiliki nilai N = 207
tanggal 31 desember, memiliki nilai N = 365

Untuk mencari nilai radiasi matahari tidak langsung dapat menggunakan grafik dibawah ini:



Grafik 2.1 Radiasi matahari terpancar
Sumber: Wiranto Arismunandar & Heizo Saito "Penyegaran Udara" (hal 41)

➤ Beban kalor oleh radiasi matahari melalui jendela

Dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$Q = \text{Luas Jendela} \times \text{jumlah radiasi matahari} \dots\dots\dots (2.12)^{[1]}$$

Dimana, untuk luas jendela menggunakan satuan (m²), dan untuk jumlah radiasi matahari (kcal/m² jam).

➤ Beban kalor dari udara infiltrasi dan ventilasi

Dapat menggunakan rumus berikut:

$$Q = \{(\text{volume ruangan} \times \text{jumlah penggantian ventilasi alamiah}) + \text{jumlah udara luar}\} \times \frac{0,24}{\text{volume spesifik}} \times \Delta t \text{ ruangan} \dots\dots\dots (2.13)^{[1]}$$

Untuk menentukan jumlah penggantian udara dalam ventilasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Jumlah penggantian ⑬.	
Rumah standar	1 kali
Rumah dengan banyak jendela	1,5-2 kali
Rumah, pintu dan jendela sering dibuka tutup	1,5-2 kali

Sumber: Wiranto Arismunandar & Heizo Saito "Penyegaran Udara" (hal 44)

Beban Kalor dari Dalam

➤ Beban kalor dari manusia

Besar panas yang dihasilkan manusia adalah sebagai berikut:

Beban Sensibel:

Beban pendingin sensibel penghuni (Watt) = perolehan per-orang x jumlah orang x CLF.....(2.14)^[1]

Dimana :

CLF = *Cooling Load Factor* (nilai CLF = 1,0)

Jika tidak diketahui jumlah penghuni dalam ruangan tersebut, dapat menggunakan tabel berikut:

Tabel 6. Ruang per-orang

Jenis Ruang	Penghuni
Rumah tinggal	2-6 penghuni
Kantor	10-15 m ² per-orang
Toko/warung	3-5 m ² per-orang
Sekolah	2,5 m ² per-orang
Ruang pertemuan	1,5 m ² per-orang

Sumber: Wilbert F. Stoecker, Jerold W. Jones, dan Supratman Hara. "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara" edisi kedua. (Hal. 68)

Untuk mengetahui beban-beban berdasarkan jenis kegiatannya, dapat menggunakan tabel berikut:

Tabel 5. Perolehan kalor dari penghuni

Kegiatan	Perolehan Kalor (W)	Perolehan Kalor Sensibel (%)
Tidur	70	75
Duduk, Tenang	100	60
Berdiri	150	50
Berjalan, 3 km/jam	305	35
Pekerjaan kantor	150	55
Mengajar	175	50
Warung/Toko pengecer	185	50
Industri	300-600	35

Sumber: Wilbert F. Stoecker, Jerold W. Jones, dan Supratman Hara. "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara" edisi kedua. (Hal. 68)

➤ Beban kalor dari penerangan
Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Untuk lampu neon:
Q = Total Watt x 1,25 (2.16)^[1]

Untuk lampu pijar:
Q = Total Watt (2.17)^[1]

Dimana:

Q = Jumlah panas (kW)

1,25 = Faktor beban dari ballast

➤ Beban kalor dari peralatan

Rumus yang digunakan adalah:

Q = Total Watt..... (2.18)^[1]

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Gedung

Gedung Tower Universitas Mercu Buana terletak di Jakarta Barat, daerah ini terletak di Jl. Meruya Selatan, Kebon Jeruk - Jakarta Barat 11650 yang terletak pada 6⁰ lintang selatan dan 106⁰ bujur timur. Tower Universitas Mercu Buana memiliki 8 lantai diantaranya, lantai *ground* merupakan tipe ruangan laboratorium komputer, lantai 1 merupakan *lobby* utama, lantai 2 sampai 4 merupakan ruang belajar, lantai 5 dan 6 merupakan ruang perpustakaan, dan pada lantai 7 merupakan ruang auditorium.

Dimensi Lantai

Luas lantai : 1125 m²

Panjang : 4500 cm : 45 m

Lebar : 2500 cm : 25 m

Tinggi Tembok : 360 cm : 3,6 m

Tinggi Ruangan : 283 cm : 2,83 m

Volume ruangan : 4050 m³

Jumlah Penerangan

Tabel 3.1 Data Lampu

DATA LAMPU					
No.	Lantai	Jenis Lampu		Total (Watt)	
		Lampu TL (@40 Watt)	Lampu SL (@23 Watt)	Lampu TL (@40 Watt)	Lampu SL (@23 Watt)
1.	5	36 unit	71 unit	1440	1633
2.	6	18 unit	90 unit	720	2070
Total		54 unit	161 unit		

Jumlah dan Jenis Peralatan

Tabel 3.2 Data Peralatan

DATA PERALATAN					
No.	Lantai	Jenis Peralatan			
		LCD (@200 Watt)	PC (@450 Watt)	Mesin Printer (@638 Watt)	Dispenser (@528 Watt)
1.	5	9		7	
2.	6		9	1	1
Total		9	9	8	1

Data Penghuni Ruangan

Dalam setiap aktifitas manusia tentunya mengeluarkan kalor dari dalam tubuhnya yang harus diperhitungkan dalam menghitung beban pendingin didalam ruangan. Rata-rata jumlah manusia yang mengunjungi perpustakaan lantai 5 dan lantai 6 berkisar antara 250-500 pengunjung dalam hitungan bulan, akan tetapi diasumsikan rata-rata pengunjung perpustakaan kurang lebih sekitar 350 orang perhari. Pada lantai 5 terdapat 10 karyawan, sedangkan pada lantai 6 terdapat 3 karyawan dan sisanya adalah jumlah terbanyak dalam satu hari.

Pembatas Ruangan

Sebagai pembatas ruangan, pada lantai 5 dan lantai 6 dibatasi oleh kaca yang mempunyai ketebalan yang sama yaitu 12 mm.

Perhitungan pada Lantai 5 dan Lantai 6

➤ Perhitungan beban kalor dari luar

- Melalui dinding

Dapat menggunakan rumus (2.1):

$$Q = 16200 \times 2,05 \times 27,22$$

$$Q = 903976,2 \text{ kcal/jam}$$

$$Q = 1051,32 \text{ kW}$$

Karena lantai 5 dan 6 memiliki struktur dinding dan dimensi yang sama, maka besar beban kalornya adalah sama, yaitu 1051,32 kW.

- Melalui radiasi matahari

Sebelum mencari radiasi matahari, terlebih dahulu mencari nilai deklinasi matahari pada tanggal 30 Juni 2013, yaitu memiliki nilai $N=181$, karena pada tanggal tersebut dianggap memiliki suhu yang tertinggi pada siang hari hingga mencapai 34°C , sedangkan untuk mencari nilai τ diambil jam yang memiliki panas maksimum, yaitu pada jam 11.00, 12.00, 12.30, 13.00, dan 13.30.

Mencari nilai seklisasi matahari digunakan rumus (2.10):

$$\delta = 23,45^{\circ} \sin\left[\frac{360}{365}(181 - 81)\right]$$

$$\delta = 23,45^{\circ} \sin[0,9863(100)]$$

$$\delta = 23,45^{\circ} \sin[98,630] \delta = 23,18^{\circ}$$

Untuk mencari nilai ketinggian matahari dan nilai azimuth matahari dapat digunakan rumus (2.8), (2.9), sedangkan radiasi matahari langsung dapat digunakan rumus (2.4), (2.5), (2.6), dan (2,7):

✓ Pada pukul 11.00

Untuk nilai: $\psi = -6$, $\tau = -1$ (pada pukul 11.00), $N = 181$

$$\sin h = [\sin(-6) \sin 23,18] + [\cos(-6) \cos 23,18 \cos 15 \cdot (-1)]$$

$$= -0,0411 + 0,8830$$

$$= 0,8419$$

$$h = 57,34^{\circ}$$

$\cos(A)$

$$= \frac{[\sin 57,34 \cdot \sin(-6)] - [\sin 23,18]}{\cos(57,34) \cdot \cos(-6)}$$

$$= \frac{-0,0880 - 0,3936}{0,5366}$$

$$\cos(A) = -0,8975$$

$$A = 153,83^{\circ}$$

$$J_n = 1164 (0,6)^{\text{cosech } 57,34}$$

$$J_n = 1164 (0,6)^{\frac{1}{\sin 57,34}}$$

$$J_n = 1164 (0,6)^{1,18}$$

$$J_n = 637,04 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam} \quad J_h =$$

$$1164 (0,6)^{\frac{1}{\sin 57,34}} \sin 57,34$$

$$J_h = 1164 (0,6)^{1,18} \cdot 0,8418$$

$$J_h = 536,26 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam} \quad J_v =$$

$$= 1164 (0,6)^{\frac{1}{57,34}} \cos 57,34$$

$$J_v = 1164 (0,6)^{0,017} \cdot 0,5396$$

$$J_v = 622,66 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam}$$

$$J\beta = 1164 P^{\text{cosec } h} \cos h \cos \beta$$

$$\beta = A - 90$$

$$= 153,83 - 90$$

$$= 63,83^{\circ}$$

$J\beta$

$$= 1164 (0,6)^{\frac{1}{\sin 57,34}} \cos 57,34 \cos 63,83$$

$$J\beta = 1164 (0,6)^{1,18} \cdot 0,5396 \cdot 0,4410$$

$$J\beta = 151,593 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam}$$

Untuk radiasi matahari langsung pada pukul 11.00 adalah:

$$= J_n + J_h + J_v + J\beta$$

$$= 1947,553 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam}$$

Untuk radiasi matahari tidak langsung menurut grafik adalah: 128 kcal/m²/jam

Untuk radiasi matahari total pada pukul 11.00 adalah: = 2075,553 kcal/m²/jam

Untuk hasil seluruh perhitungan pada pukul 11.00, 12.00, 12.30, 13.00, dan 13.30 ada pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.3 Hasil Perolehan Perhitungan Radiasi Matahari

Pukul	9	11	12	12.30	13	13.30
T	-3	-1	0	0,5	1	1,5
h (°)	37,25 ⁰	57,34 ⁰	60,82 ⁰	59,91 ⁰	57,34 ⁰	53,40 ⁰
A (°)	125,24 ⁰	153,83 ⁰	180 ⁰	166,09 ⁰	153,83 ⁰	143,75 ⁰
β (°)	35,74 ⁰	63,83 ⁰	90 ⁰	76,09 ⁰	63,83 ⁰	53,75 ⁰
Jn (kcal/m ² jam)	501,07	637,04	650,19	646,88	637,04	617,81
Jh (kcal/m ² jam)	303,25	536,27	567,62	564,73	536,27	496,97
Jv (kcal/m ² jam)	398,85	622,66	322,30	320,66	622,66	367,78
Jβ (kcal/m ² jam)	325,74	151,59	0	77,05	151,59	217,47
Radiasi Matahari Langsung (kcal/m ² jam)	1428,91	1947,55	1540,11	1609,32	1947,55	1700,03
Radiasi Matahari Tidak langsung (kcal/m ² jam)	115	128	130	129	128	127
Radiasi Matahari Total (kcal/m ² jam)	1543,91	2075,55	1670,11	1738,32	2075,55	1827,03

Menurut perhitungan diatas, maka didapat nilai radiasi matahari total yang memiliki ketinggian matahari yang paling tinggi dan beban puncak yaitu, pada pukul 12.00 dengan ketinggian matahari hingga mencapai 180⁰ adalah 1670,11 kcal/m² jam.

- Melalui jendela
 - Dapat menggunakan rumus (2.12):
 $Q = 162 \times 1670,11$
 $Q = 314,65 \text{ kW}$

Karena lantai 5 dan lantai 6 memiliki struktur jendela dan ukuran lantai yang sama maka besar beban kalor oleh radiasi matahari melalui jendela adalah sama, yaitu 314,65 kW.
 - Melalui udara infiltrasi
 - ✓ Pada lantai 5:
 Menggunakan rumus (2.13):
 Jumlah penghuni didalam ruangan adalah 360 orang, sehingga nilai jumlah udara luar adalah sebagai berikut:
 - ❖ $18 \text{ m}^3/\text{jam} \times 360 \text{ orang} = 6480 \text{ m}^3/\text{jam}$
 - ❖ Luas volume ruangan = 4050 m³
- $$Q = \{(4050 \times 1,5) + 6480 \times \frac{0,24}{0,893} \times 26\}$$
- $$= (6075 + 6480) \times 6,98$$
- $$Q = 101,91 \text{ kW}$$
- ✓ Pada lantai 6: rumus (2.13)

Jumlah penghuni didalam ruangan adalah 353 orang, sehingga nilai jumlah udara luar adalah sebagai berikut:

- ❖ $18 \text{ m}^3/\text{jam} \times 353 \text{ orang} = 6354 \text{ m}^3/\text{jam}$

- ❖ Luas volume ruangan = 4050 m³

$$Q = \{(4050 \times 1,5) + 6354\} \times \frac{0,24}{0,893} \times 26$$

$$= (6075 + 6354) \times 6,98$$

$$Q = 100,89 \text{ kW}$$

- Perhitungan beban kalor dari dalam
 - Melalui manusia
 - ✓ Pada lantai 5: rumus (2.14)

Beban sensibel
 $= 100 \times 360 \times 0,60$
 $= 21,6 \text{ kW}$

Beban Laten
 $= \text{perolehan per-orang} \times \text{jumlah orang}$
 $= 100 \times 360$
 $= 36 \text{ kW}$

- ✓ Pada lantai 6: (rumus (2.14))

Beban Sensibel
 $= 100 \times 353 \times 0,60$
 $= 21,18 \text{ kW}$

Beban Laten
 $= \text{perolehan per-orang} \times \text{jumlah orang}$
 $= 100 \times 353$
 $= 35,3 \text{ kW}$

- Melalui penerangan
 - ✓ Pada lantai 5: rumus (2.16)
 Untuk lampu SL yang memiliki daya @23 Watt pada lantai 5 terdapat 71 unit.
 $Q_{(5,23)} = 71 \times 23 \times 1,25$
 $Q_{(5,23)} = 2,041 \text{ kW}$

Untuk lampu TL yang memiliki daya @40 Watt pada lantai 5 terdapat 36 unit.
 $Q_{(5,40)} = 36 \times 40 \times 1,25$
 $Q_{(5,40)} = 1,8 \text{ kW}$

Jadi, total panas lampu yang dihasilkan pada lantai 5 dengan daya 23 Watt dan 40 Watt adalah:
 $Q_{\text{Total lantai 5}} = 2,041 + 1,8$
 $Q_{\text{Total lantai 5}} = 3,841 \text{ kW}$
 - ✓ Pada Lantai 6: rumus (2.16)
 Untuk lampu SL yang memiliki daya @23 Watt pada lantai 5 terdapat 71 unit.
 $Q_{(5,23)} = 71 \times 23 \times 1,25$

$$Q_{(5,23)} = 2,041 \text{ kW}$$

Untuk lampu TL yang memiliki daya @40 Watt pada lantai 5 terdapat 36 unit.

$$Q_{(5,40)} = 36 \times 40 \times 1,25$$

$$Q_{(5,40)} = 1,8 \text{ kW}$$

Jadi, total panas lampu yang dihasilkan pada lantai 5 dengan daya 23 Watt dan 40 Watt adalah:

$$Q_{\text{Total lantai 5}} = 2,041 + 1,8$$

$$Q_{\text{Total lantai 5}} = 3,841 \text{ kW}$$

- Melalui peralatan
 - ✓ Pada lantai 5: rumus (2.18)
LCD berjumlah 9 unit @200 Watt = 1800 Watt
 $Q_{\text{LCD}} = 1,8 \text{ kW}$
Mesin printer berjumlah 7 unit @638 Watt = 4466 Watt
 $Q_{\text{Mesin Printer}} = 4,466 \text{ kW}$
Total daya peralatan pada lantai 5
 $Q_{\text{Total}} = Q_{\text{LCD}} + Q_{\text{Mesin Printer}}$
 $Q_{\text{Total}} = 1,8 + 4,466$
 $Q_{\text{Total}} = 6,266 \text{ kW}$
 - ✓ Pada Lantai 6: rumus (2.18)
PC berjumlah 9 unit @450 Watt = 1800 Watt
 $Q_{\text{PC}} = 1,8 \text{ kW}$
Mesin printer berjumlah 1 unit @638 Watt = 638 Watt
 $Q_{\text{Mesin Printer}} = 0,638 \text{ kW}$
Dispenser berjumlah 1 unit @528 Watt
 $Q_{\text{Dispenser}} = 0,528 \text{ kW}$
Total daya peralatan pada lantai 6
 $Q_{\text{Total}} = Q_{\text{PC}} + Q_{\text{Mesin Printer}} + Q_{\text{Dispenser}}$
 $Q_{\text{Total}} = 1,8 + 0,638 + 0,528$
 $Q_{\text{Total}} = 2,966 \text{ kW}$

Jumlah Total Beban Ruangan Lantai 5

Tabel 3.4 Total Keseluruhan Beban Ruangan Lantai 5

No.	Keterangan	Jumlah Beban Kalor (kW)
1.	Beban kalor melalui dinding pada lantai 5	1051,32 kW
2.	Beban kalor radiasi matahari melalui jendela pada lantai 5	314,65 kW
3.	Beban kalor melalui infiltrasi/ventilasi pada lantai 5	101,91 kW
Beban kalor dari manusia pada lantai 5:		
4.	• Beban sensibel	21,6 kW
	• Beban laten	36 kW
5.	Beban kalor dari penerangan pada lantai 5	3,841 kW
6.	Beban kalor dari peralatan pada lantai 5	6,266 kW
TOTAL BEBAN KESELURUHAN LANTAI 5		1535,587 kW

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka kapasitas mesin pendingin yang terdapat di Tower Universitas Lantai 5 adalah kurang, karena total beban pendingin yang ditanggung pada lantai 5 adalah sebesar 1535,587 kW pada kondisi maksimum, sedangkan kapasitas pendingin pada lantai tersebut hanya memiliki 4 unit AC Sentral sebesar 8 PK (21,10 kW).

Jumlah Total Beban Ruangan Lantai 5

Tabel 3.5 Total Keseluruhan Beban Ruangan Lantai 6

No.	Keterangan	Jumlah Beban Kalor (kW)
1.	Beban kalor melalui dinding pada lantai 6	1051,32 kW
2.	Beban kalor radiasi matahari melalui jendela pada lantai 6	314,65 kW
3.	Beban kalor melalui infiltrasi/ventilasi pada lantai 6	101,91 kW
Beban kalor dari manusia pada lantai 6:		
4.	• Beban sensibel	21,18 kW
	• Beban laten	35,3 kW
5.	Beban kalor dari penerangan pada lantai 6	3,487 kW
6.	Beban kalor dari peralatan pada lantai 6	2,966 kW
TOTAL BEBAN KESELURUHAN LANTAI 6		1530,813 kW

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka kapasitas mesin pendingin yang terdapat di Tower Universitas Lantai 6 adalah kurang, karena total beban pendingin yang ditanggung pada lantai 6 adalah sebesar 1530,813 kW pada kondisi maksimum, sedangkan kapasitas pendingin pada lantai tersebut hanya memiliki 4 unit AC Sentral sebesar 8 PK (21,10 kW).

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulannya, yaitu kapasitas mesin pendingin yang terdapat di Tower Universitas Mercu Buana masih kurang mencukupi, karena pada lantai 5 dan lantai 6 hanya memiliki mesin pendingin atau AC sebnyak 4 unit sebesar 8 PK (21,10 kW), sedangkan beban pendingin yang ditanggung pada lantai 5 (pada kondisi maksimum) adalah sebesar 1535,587 kW dan pada lantai 6 (pada kondisi maksimum) adalah sebesar 1530,813 kW.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASHRAE Research. 2006. *ASHRAE Handbook: Refrigeration*. Inch Pound Edition.
2. Astu Pudjanarso, dan Jati Nursuhud. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Edisi Revisi. Yogyakarta: CV Andi Offset.
3. Bell, Arthur A. 2008. *HVAC Equation, Data, And Rules of Thumb*. Second Edition. United States of America: The McGraw-Hill Companies
4. Jordan, Richard C.,. 1964. *Refrigeration and Air Conditioning*. New Jersey: Prentice-Hall.
5. Kreider, Jan F.,. 1994. *Heating and Cooling of Buildings*. Singapore: McGraw Hill Book Co.
6. Sapto Widodo dan Syamsuri Hasan. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara*. Jilid 2. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
7. Stoecker, Wilbert F., Jones, Jerold W., dan Supratman Hara. 1994. *Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara*. Edisi kedua. Jakarta: PT. Erlangga.
8. Quiston, Mc., Parker., and Spitler. 2005. *Heating, Ventilating, And Air Conditioning, Analysis and Design*. Sixth Edition. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
9. Wang, Shan K. 1993. *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. New York: Mc-Graw Hill.
10. Wiranto Arismunandar, and Heizo Saito. 1995. *Penyegaran Udara*. Cetakan keempat. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

DAFTAR ACUAN

1. Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB - Utilitas – Dr. Ir. M. Syarif Hidayat M. Arch
2. <http://soal-olimpi-astro.blogspot.com/2013/06/mencari-deklinasi-matahari.html>