

BAB VI
ESTIMASI BEBAN PENDINGIN

Pemakaian energi suatu gedung, khususnya yang bersangkutan dengan sistem penyejuk udara dalam gedung tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor.

Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Tempat gedung itu berada, beserta keadaan lingkungannya.
2. Iklim ditempat gedung berada.
3. Jenis pemakaian (penghunian, pemakaian alat bantu, lampu dan sebagainya).
4. Jenis konstruksi bangunan yang dipakai.
5. Orientasi gedung yaitu arah sumbu bangunan.
6. Dan lain-lain.

Perhitungan pembebanan energi suatu gedung berdasarkan sumber-sumber kalor dari luar gedung maupun kalor yang bersumber dari dalam gedung itu sendiri.

□ ***Kalor yang berasal dari luar gedung antara lain:***

1. Konduksi melalui dinding, pintu, atap, dan lantai
2. Efek rumah kaca (green house effect) karena adanya jendela kaca
3. Panas radiasi
4. Infiltrasi dan ventilasi udara luar

□ ***Kalor yang bersumber dari dalam gedung antara lain:***

- a. Panas yang dihasilkan oleh penghuni
- b. Panas yang dikeluarkan lampu
- c. Panas yang dibangkitkan oleh alat-alat lain

Sumber panas lainnya berupa kerugian pada ducting (saluran udara), fan, pompa, bocoran udara, dan lain-lain.

Teknik Pendingin

Pembebanan tersebut biasanya dihitung pada pembebanan maksimum yang terjadi pada waktu tertentu dalam satu tahun. Namun demikian, pembebanan energi tadi perlu dihitung setiap bulan rata-ratanya dan dihitung sepanjang tahun.

Sebelum tahun 1960 rancangan sistem pengaturan udara dalam gedung atau bangunan didasarkan pada kalor/panas yang hilang atau masuk bangunan. Perhitungannya menggunakan perhitungan keadaan tunak yang disederhanakan.

Perhitungan beban pendingin dapat diperoleh dari ASHRAE Handbook of Fundamentals. Tata cara perhitungan ini dapat menghasilkan sistem pengaturan udara yang terlalu besar yang mengakibatkan kurang efisien dalam pemakaian.

Dengan makin besarnya biaya-biaya pemakaian energi maka makin dirasa perlu mengadakan optimasi sistem pengaturan udara suatu gedung atau bangunan yang harus dihitung dari waktu ke waktu secara dinamis.

Didalam kenyataannya kalor yang masuk kedalam gedung tidak tetap, karena faktor-faktor yang mempengaruhi kalor tersebut juga berubah-ubah. Sebagai contoh temperatur udara luar (lingkungan) nilainya merupakan fungsi waktu, yaitu maksimum disiang hari rendah dipagi dan sore hari, sedang minimumnya di malam hari. Demikian pula kelengasan udara luar maupun radiasi surya yang mengenai dinding bangunan nilainya berubah terhadap waktu.

Untuk memperhitungkan pengaruh dari perubahan tersebut sangatlah sulit, bahkan mungkin tidak praktis untuk dihitung. Oleh karena itu untuk menentukan keadaan tak lunak (transien) akan dipilih faktor-faktor yang dominan. Disamping itu akan diperhatikan adanya absorpsi oleh struktur bangunan.

Data meteorologi yang diambil dari stasiun cuaca dan geofisika Padang. Contoh data dilihat pada lampiran. Data meteorologi tersebut menampilkan beberapa besaran seperti :

- a. Temperatur udara minimal, maksimal dan rata-ratanya setiap hari dalam derajat Celcius.
- b. Kelengasan/kelembaban Nisbi (Relative Humadity) setiap harinya dalam %.
- c. Radiasi surya setiap harinya dalam cal/cm^2

Teknik Pendingin

Dari keterangan-keterangan ini dapat diperoleh nilai-nilai standar perharinya (values of standar days). Disamping itu variasi temperatur udara luar terhadap waktu dari matahari terbit sampai terbenam (disiang hari) menunjukkan perubahan nilai yang parabolis. Selanjutnya data meteorologi tersebut dapat dikembangkan atau dilengkapi untuk tempat-tempat lain sesuai keperluan.

Keadaan udara didalam ruangan dari bangunan yang direncanakan nilainya tergantung pada pemakaian ruangan tersebut. Dari standar ASHRAE dapat diperoleh informasi mengenai temperatur, kelembaban nisbi yang diisyaratkan untuk masing-masing pemakaian. Bila keadaan pemakaian tidak tercantum dalam standar tadi dapat dicari padanannya pada standar tersebut. Yang penting keadaan udara dalam gedung yang direncanakan harus memberikan kenyamanan pada penghuni yang ada didalamnya.

Untuk memperhitungkan panas yang masuk bangunan lewat dinding-dindingnya metoda yang diusulkan Balcom dan Hedstrom dapat dipakai untuk analisa. Pada dasarnya dalam metode ini dinding tebal dibagi-bagi dalam lapisan-lapisan (stab) yang lebih kecil dan menganggap perpindahan kalor oleh dinding juga diperhitungkan. Persamaan yang diperoleh kemudian dituliskan dalam bentuk matrix. Untuk menyelesaikan persoalan tak tunak (transien) dapat dilakukan dengan menyelesaikannya secara matrix. Metoda ini dapat dipakai untuk keperluan lain seperti mencari difusi kalor dinding atau fluk kalor pada dinding. Metoda lain seperti yang disampaikan oleh Carter pada dasarnya hampir sama dengan metoda diatas yang menggunakan metoda selisih terhingga (finite difference).

Penyelesaian rangkaian termal (thermal network) untuk dinding dapat dilakukan dengan metoda :

- a). Metoda eksplisit, yang biasanya memerlukan time step yang kecil untuk mencapai kestabilan perhitungan, makin banyak titik (node) yang diproses diperlukan time step yang lebih kecil untuk menyelesaikan perhitungan.
- b). Metoda implisit, untuk menyelesaikan setiap time step perlu menyelesaikan sejumlah persamaan. Metode ini memerlukan banyak hitungan dari pada metode explicit yang ordernya sama, tetapi memberikan kestabilan

Teknik Pendingin

perhitungan sehingga dapat dipakai time step yang lebih besar. Penyelesaian implisit lebih efisien dan langsung untuk rangkaian yang linear tetapi untuk rangkaian yang tak linear dapat menjadi sulit.

Energi dalam suatu gedung diperlukan antara lain untuk penerangan ruangan, peralatan kerja, kenyamanan penghuni dan lain-lain. Kebutuhan energi tersebut dapat dipenuhi dengan memanfaatkan energi surya dan energi listrik.

Perencanaan atau perancangan bentuk arsitektur gedung sangat mempengaruhi efektifitas pemanfaatan energi surya dan penghematan penggunaan energi listrik. Untuk memprediksi jumlah kebutuhan energi yang mengakibatkan terjadinya perpindahan panas didalam gedung. Jumlah energi yang harus dipindahkan kedalam atau keluar gedung ditentukan oleh perbedaan temperatur luar gedung. Untuk memperoleh dan mempertahankan keadaan yang diinginkan tersebut diperlukan perpindahan energi dari temperatur rendah ke temperatur yang lebih tinggi.

Agar proses tersebut tidak menyimpang dari hukum termodinamika II maka diperlukan suatu siklus pendingin untuk sistem pengkondisian udara didalam ruangan. Jumlah energi yang harus dipindahkan melalui sistem pengkondisian udara disebut dengan beban pendingin.

Beban pendingin sebagian besar berasal dari sumber panas yang bervariasi terhadap waktu. Jika sumber-sumber panas ini dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu atau dikalikan dengan faktor yang fungsi waktu maka variasi beban pendingin tiap jam data dihitung sehingga dapat diketahui saat dan besarnya beban maksimum tiap hari. Program komputer yang dihasilkan diharapkan juga dapat digunakan untuk memprediksi variasi beban pendingin dalam waktu satu tahun.

Beberapa data yang digunakan dalam perhitungan diubah dalam persamaan matematik dengan metode regresi dan diharapkan memberikan penyimpangan yang cukup besar.

6.1. Menentukan Beban Pendingin

Tujuan utama sistem pengkondisian udara adalah mempertahankan keadaan udara didalam ruangan dan meliputi pengaturan temperatur, kelembaban relatif,

Teknik Pendingin

kecepatan sirkulasi udara maupun kualitas udara. Sistem pengkondisian udara yang dipasang harus mempunyai kapasitas pendinginan yang tepat dan dapat dikendalikan sepanjang tahun. Kapasitas peralatan yang dapat diperhitungkan berdasarkan beban pendinginan setiap saat yang sebenarnya. Alat pengatur ditentukan berdasarkan kondisi yang diinginkan untuk mempertahankan selama beban puncak maupun sebagian. Beban puncak maupun sebagian tidak mungkin dapat diukur sehingga diperlukan prediksi melalui perhitungan yang mendekati keadaan yang sebenarnya.

Untuk maksud perkiraan tersebut diperlukan survei secara mendalam agar dapat dilakukan analisis yang teliti terhadap sumber-sumber beban pendinginan. Pemilihan peralatan yang ekonomis dan perancangan sistem yang tepat dapat dilakukan juga beban pendinginan sesaat yang sebenarnya dapat dihitung secara teliti.

Beban pendinginan sebenarnya adalah jumlah panas yang dipindahkan oleh sistem pengkondisian udara setiap hari. Beban pendinginan terdiri atas panas yang berasal dari ruang dan tambahan panas. Tambahan panas adalah jumlah panas setiap saat yang masuk kedalam ruang melalui kaca secara radiasi maupun melalui dinding akibat perbedaan temperatur. Pengaruh penyimpanan energi pada struktur bangunan perlu dipertimbangkan dalam perhitungan tambahan panas.

Aspek-aspek fisik yang harus diperhatikan dalam perhitungan beban pendingin antara lain :

1. Orientasi gedung dengan mempertimbangkan pencahayaan dan pengaruh angin
2. Pengaruh emperan atau tirai jendela dan pantulan oleh tanah
3. Penggunaan ruang
4. Jumlah dan ukuran ruang
5. Beban dan ukuran semua bagian pembatas dinding
6. Jumlah dan aktivitas penghuni
7. Jumlah dan jenis lampu
8. Jumlah dan spesifikasi peralatan kerja
9. Udara infiltrasi dan ventilasi

Teknik Pendingin

Beban pendinginan suatu ruang berasal dari dua sumber, yaitu melalui sumber eksternal dan sumber internal.

1. Sumber panas eksternal antara lain :
 - a) Radiasi surya yang ditransmisikan melalui kaca
 - b) Radiasi surya yang mengenai dinding dan atap, dikonduksikan kedalam ruang dengan memperhitungkan efek penyimpanan melalui dinding.
 - c) Panas Konduksi dan konveksi melalui pintu dan kaca jendela akibat perbedaan temperatur.
 - d) Panas karena infiltrasi oleh udara akibat pembukaan pintu dan melalui celah-celah jendela.
 - e) Panas karena ventilasi.
2. Sumber panas internal antara lain :
 - a) Panas karena penghuni
 - b) Panas karena lampu dan peralatan listrik
 - c) Panas yang ditimbulkan oleh peralatan lain

Sumber-sumber Panas

Beban pendinginan total merupakan jumlah beban pendinginan tiap ruang. Beban ruang tiap jam dipengaruhi oleh perubahan temperatur udara luar, perubahan intensitas radiasi, surya dan efek penyimpanan panas pada struktur/dinding bagian luar bangunan gedung.

Data yang berupa tabel analisis regresi. Intensitas radiasi surya di hitung menggunakan persamaan-persamaan yang relevan

6.2. Jenis Beban

Dalam sistem pendingin dikenal dua macam panas atau kalor yaitu panas sensible (panas yang menyebabkan perubahan temperatur tanpa perubahan fase). Setiap sumber panas yang dapat menaikkan suhu ruangan ditandai dengan naiknya temperatur bola kering (T_{db}) akan menambah beban panas sensible.

Teknik Pendingin

Panas laten yaitu : panas yang menyebabkan perubahan fase tanpa menyebabkan perubahan temperatur misalnya : kalor penguapan. Setiap sumber panas yang dapat menambah beban laten.

Udara yang dimasukkan kedalam ruangan harus mempunyai kelembaban rendah agar dapat menyerap uap air (panas laten) dan temperatur yang rendah agar dapat menyerap panas dari berbagai sumber panas dalam ruangan (panas sensible), agar kondisi ruangan yang diinginkan dapat dipercepat.

Beban ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Penambahan beban sensible
 - ❑ Transmisi panas melalui bahan bangunan, melewati atap, dinding, kaca,
 - ❑ partisi, langit-langit dan lantai
 - ❑ Radiasi sinar matahari
 - ❑ Panas dari penerangan atau lampu-lampu
 - ❑ Pancaran panas dari penghuni ruangan
 - ❑ Panas dari peralatan tambahan dari ruangan
 - ❑ Panas dari elektromotor
2. Penambahan panas laten
 - ❑ Panas dari penghuni ruangan
 - ❑ Panas dari peralatan ruangan
3. Ventilasi dan infiltrasi
 - ❑ Penambahan panas sensible akibat perbedaan temperatur udara dalam dan luar.
 - ❑ Penambahan panas laten akibat kelembaban udara dalam dan luar.

Untuk menentukan beban tersebut diatas dapat di perhatikan persamaan-persamaan berikut :

1. Transimisi panas melalui bahan bangunan

❑ Atap

Persamaan yang digunakan:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{corr} \dots\dots\dots(6.1)$$

Teknik Pendingin

dengan :

- U : koefisien perpindahan panas = $1/RT$
RT : resistansi termal , dapat dilihat pada tabel 3.4.5 hal 23. ASHRAE Fundamental Handbook
A : luas atap (berdasarkan gambar bangunan)
CLTD : Cooling load Temperatur Differential (Diferensial temperatur beban pendingin), dapat dilihat pada tabel 5. hal 26 ASHRAE Fundamental Handbook, dapat diperoleh dengan persamaan :
$$CLTD_{corr} = [(CLTD + M) \cdot K + (25,5 - TR) + (T_o - 29,4)]^0 F$$

LM : Lattitude Month Corection (koreksi terhadap garis lintang dan bulan) untuk permukaan datar dapat dilihat pada tabel 9. hal 26. ASHRAE Fundamental Handbook
K : koreksi terhadap warna, 1 untuk warna gelap dan 0,5 untuk warna terang.
TR : Temperatur dalam ruangan
T_o : Temperatur rata-rata diluar ruangan ,temperatur design outside $\frac{1}{2}$ X daily range dari tabel 3. hal 24. ASHRAE Fundamental Handbook
F : Faktor untuk aktif fan/saluran
= 1 (tanpa aktif fan atau saluran)
= 0,75 (untuk positif ventilasi)
= 0,75 (untuk langit-langit diisolasi dan digunakan fan diantara langit-langit dan atap)

□ Dinding

Persamaan yang digunakan :

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{corr} \dots\dots\dots (6.2)$$

$$CLTD_{corr} = ((CLTD + M) \cdot K + (25,5 - TR) + (to - 29,4))$$

dimana :

- U : tabel 6, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook
CLTD : tabel 6, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook

□ Kaca

Persamaan yang digunakan :

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{corr} \dots\dots\dots(6.3)$$

dimana :

- U : tabel 13, hal 27, ASHRAE Fundamental Handbook
CLTD : tabel 10, hal 29, ASHRAE Fundamental Handbook
$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM) + (25,5 - TR) + (T_o - 29,4)$$

LM : tabel 26 , ASHRAE Fundamental Handbook

Teknik Pendingin

□ Partisi, Ceiling, Floor (Partisi dasar dan langit-langit)

Persamaan yang digunakan :

$$Q = U \cdot A \cdot TD \quad \dots\dots\dots (6.4)$$

dimana :

- U : tabel 3.4 , hal 23, ASHRAE Fundamental Handbook
- A : luas dari partisi, ceiling, floor
- Td : design temperatur differensial (T2 – T1)
- T1 : temperatur udara rata-rata diluar ruangan
- T2 : temperatur udara rata-rata didalam ruangan yang dikondisikan.

2. Radiasi Matahari

Untuk ruangan yang banyak menggunakan kaca, radiasi sinar matahari merupakan beban panas sensible yang cukup besar. Besar kecilnya panas akibat radiasi dipengaruhi oleh :

- ✓ Letak gedung terhadap mata angin
- ✓ Keadaan disekitar gedung
- ✓ Sudut datang sinar matahari dan lamanya penyinaran

Persamaan yang digunakan :

$$Q = A \cdot Sc \cdot SHGF \cdot CLF \quad \dots\dots\dots (6.5)$$

dimana :

- A : luas kaca
- Sc : Shading Coefisien (Koefisien bayangan) dari tabel 26, 33,36,hal 27, ASHRAE Fundamental Handbook
- SHGF : Solar Heat Gain Factor (faktor tambahan radiasi panas maksimum) tabel 11, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook
- CLF : Cooling Load Factor (Faktor beban pendingin)dari tabel 13,hal 26 ASHRAE Fundamental Handbook)
 - : untuk CLF tanpa interior shading (tabel 14, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)
 - : untuk CLF dengan interior shading (tabel 14, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

3. Panas dari penerangan/lampu-lampu

Persamaan yang digunakan :

$$Q = input \cdot CLF$$

Teknik Pendingin

$$Q = Q_i \cdot F_u \cdot F_s \cdot CLF \quad \dots\dots\dots (6.6)$$

dimana :

- Input : Total dari watt lampu X factor penggunaan X Faktor kelonggaran spesial
- Q_i : jumlah total watt lampu
- F_u : faktor penggunaan
- F_s : faktor kelonggaran spesial
 - : untuk lampu pijar, F_s = 1,0
 - : untuk lampu neon / TL, F_s = 1,25
- CLF : faktor beban pendingin dari tabel 17, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook

4. Pancaran panas dari penghuni ruangan

Panas yang dihasilkan tubuh manusia disebabkan karena proses oksidasi didalam tubuh ini dikeluarkan secara :

- ✓ Radiasi dari permukaan tubuh kepermukaan sekitar
- ✓ Konveksi dari pernapasan keudara sekitarnya

Penambahan panas yang diakibatkan oleh penghuni ruangan ada 2 :

- Penambahan panas sensible

Persamaan yang digunakan :

$$Q_s = N_o \cdot SHG \cdot CLF \quad \dots\dots\dots (6.7)$$

Dimana :

- N_o : jumlah orang dalam ruangan
- SHG : Sensible Heat Gain (dari tabel 38, hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)

- Penambahan panas laten

Persamaan yang digunakan :

$$G_l = N_o \cdot LHG \quad \dots\dots\dots (6.8)$$

Dimana :

- LHG : Laten Heat Gain (penambahan panas laten dari penghuni).

Teknik Pendingin

5. Panas dari peralatan tambahan dalam ruangan

- Penambahan panas sensible

Persamaan yang digunakan

$$Q_s = SHG \cdot CLF \dots\dots\dots (6.9)$$

Dimana :

SHG : Solar Heat Gain (tabel 20 dan 21 , hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

CLF : Cooling Loat Factor(tabel 22 dan 23, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

- Penambahan panas laten pada peralatan dalam ruangan

Persamaan yang digunakan :

$$Q_i = 0,32 \times Q_r \dots\dots\dots (6.10)$$

Dimana :

Q_r : Daya peralatan (watt)

6. Panas dari electromotor

Persamaan yang digunakan ;

$$Q = (A, B, C) CLF \cdot LF \dots\dots\dots(6.11)$$

Dimana :

A, B, C : penambahan panas elektromotor (dari tabel 23, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

A : untuk motor dan penggerak berada dalam ruangan

B : motor diluar dan penggerak dalam ruangan

C : motor didalam dan penggerak diluar

LF : Load Factor (tabel 25, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

CLF : Cooling Load Factor (tabel 25, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

7. Ventilasi dan infiltrasi

Ventilasi adalah aliran udara luar yang disengaja dimasukkan kedalam ruangan dengan tujuan memenuhi kebutuhan udara segar untuk penghuni ruangan dan untuk menghilangkan bau-bau yang terdapat dalam ruangan.

Teknik Pendingin

Infiltrasi adalah : aliran udara yang tidak dikehendaki masuk kedalam ruangan yang dikondisikan. Infiltrasi dapat terjadi :

- ✓ Melalui celah-celah pintu jendela
- ✓ Melalui pintu dan jendela yang sering dibuka
- ✓ Penambahan panas sensible

Persamaan yang digunakan :

$$Q_s = 1,232 (L/S) \Delta t \dots\dots\dots (6.12)$$

Dimana :

L/S : Jumlah udara ventilsil dan infiltrasi

Δt : Perbedaan temperatur

- Penambahan panas laten

Persamaan yang digunakan :

$$Q_l = 3012 (L/S) \Delta w \dots\dots\dots (6.13)$$

Dimana :

Δw : Perbedaan kelembaban luar/dalam

- Total penambahan panas

Persamaan yang digunakan :

$$Q = 4,334 (L/S) \Delta h \dots\dots\dots (6.14)$$

Dimana :

Δh : Perbedaan entalpi udara luar dan dalam

- Jumlah udara ventilasi

Persamaan yang digunakan :

$$L/S = Q/\text{person No} \dots\dots\dots (6.15)$$

Dimana :

Q/person : ventilasi yang dibutuhkan perorangn untuk kegiatan pada lokasi yang berbeda.

No : jumlah orang/penghuni

Teknik Pendingin

□ Jumlah udara infiltrasi

Persamaan yang digunakan:

$$LS = P \cdot Q/p \dots\dots\dots (6.16)$$

Dimana :

- P : keliling dari pintu
- Q/p : infiltrasi karena perbedaan tekanan

□ Koreksi terhadap CLTD

- Warna gelap pada permukaan datar (temperatur ruangan 24 ° C)
- Temperatur udara luar max 35 ° dengan temperatur udara luar rata-rata 28 ° C dan selisih temperatur udara harian = 8 ° C
- Radiasi matahari pada 40° LU pada tanggal 23 bulan April
- Resistansi permukaan sisi luar R = 0,059 m²/w
- Tanpa suspended ceiling dan dengan suspended ceiling tapi tanpa alfic fan atau return air duct suspended ceiling space
- Resistansi permukaan sisi dalam R1 = 0,121 m² ° C/W

Koreksi yang harus dilakukan :

✓ LM (Latitude and Month)

Karena tabel yang ada dibuat disuatu tempat yang terletak dilintang Utara sehingga bila digunakan untuk daerah Lintang Selatan harus dikoreksi. Demikian pula dengan bulan, harus disesuaikan dimana perbedaannya sekitar 6 bulan. Jadi bulan Januari sampai Desember pada Lintang Utara harus diubah menjadi Juli sampai pada Lintang Selatan.

✓ Koreksi terhadap warna

Koreksi tabel yang ada tabel yang ada sehingga hasil pengukuran pada udara gelap dan terhadap temperatur udara ruangan yang dikondisikan dan terhadap temperatur udara luar.

✓ Koreksi terhadap temperatur udara yang dikondisikan dan terhadap temperatur udara luar.

✓ Mata Angin

Teknik Pendingin

Tabel dibuat pada daerah Lintang Utara untuk dipakai pada Lintang Selatan. Arah mata angin perlu disesuaikan :

Lintang Utara : N – NE – E – SE – S – SW – W – NW

Lintang Selatan : S- SE – E – NE – N – NW – W – SW

6.3. Contoh Perancangan Beban Pendingin

□ *Orientasi Gedung*

Gedung yang dikondisikan berlokasi dikota madya Padang yang terletak pada $0^{\circ} - 53^{\circ}$ LS dan $100^{\circ} - 21^{\circ}$ BT. Dengan ketinggian 2 meter dari permukaan laut. Gedung yang dikondisikan adalah pada hotel Bumi Minang, yang bertingkat 6 dengan 26 kamar setiap lantainya. Secara keseluruhan pengoperasian gedung yang berupa hotel atau aula adalah 24 jam.

□ *Dimensi Ruangan*

✓ Tinggi ruangan

Untuk kamar hotel mempunyai tinggi 2,4 m

✓ Luas lantai

$$\begin{array}{rcl} \text{Kamar standar (7 X 4) m}^2 \text{ X 24} & = & 673 \text{ m}^2 \\ \text{Kamar deluxe (7 X 6) m}^2 \text{ X 2} & = & 84 \text{ m}^2 \\ \text{Koridor} & = & \frac{139,2 \text{ m}^2}{896,2 \text{ m}^2} (+) \end{array}$$

✓ Luas dinding dan kaca yang berhubungan dengan udara luar

a. Timur

$$\text{Luas kaca (0,9 X 1,8) m}^2 \text{ X 15} = 23,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding (58 X 3) - 24,3} = 149,7 \text{ m}^2$$

b. Barat

$$\text{Luas kaca (0,9 X 1,8) m}^2 \text{ X 15} = 23,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding (58 X 3) - 24,3} = 149,7 \text{ m}^2$$

c. Utara

$$\text{Luas kaca (0,9 X 1,8) m}^2 = 1,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding (16,4 X 3) - 1,62} = 47,58 \text{ m}^2$$

d. Selatan

$$\text{Luas kaca (0,9 X 1,8) m}^2 = 1,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding (16,4 X 3) - 1,62} = 47,58 \text{ m}^2$$

Teknik Pendingin

✓ Penerangan lampu

Untuk penerangan didalam gedung digunakan lampu TL dan TLS.

✓ Data Beban Luar

• Atap

Bahan yang digunakan adalah genteng metal dan atap tidak beton

• Dinding

Bahan yang digunakan adalah bata biasa (101,6) mm + plester semen (50,8 mm), timbal balik.

• Kaca

Bahan yang digunakan adalah lembaran kaca tunggal (dengan ketebalan 5 – 12 mm) dipermukaan diberi frame dan bahan metal (aluminium).

✓ Data Beban Dalam

• Lampu

Jenis lampu yang digunakan : lampu pijar + lampu TL – daya yang dibutuhkan tiap kamar 358 watt.

5 x 60 watt lampu utama

2 x 20 watt lampu mejarias

2 x 9 watt lampu tidur selama 24 jam

• Orang

Dalam kamar untuk dihuni 2 orang

• Peralatan

1. Televisi warna 20 “ Q = 78 w, operasi 6 jam/hari

2. Lemari Es Q = 50 w, operasi 24 jam

3. Komputer Q = 150 w, operasi 6 jam/hari

6.3.1. Perhitungan Beban Pendingin

📁 Kondisi Perencanaan

✓ Kondisi udara luar ruangan pada bulan terpanas (Diperkirakan bulan April)

◆ $T_{db} = 32^{\circ}\text{C}$

◆ $T_{wb} = 29^{\circ}\text{C}$

◆ Outdoor Daily Range = 8°C

Berdasarkan kondisi diatas dari Psychometric Chart diperoleh :

◆ Relative humidity = 75%

◆ Entalpi = 95 kl/kg

◆ Alumidity ratio = 0,024

◆ Dew Point Temperature = $27,9^{\circ}\text{C}$

Teknik Pendingin

✓ Kondisi udara didalam ruangan

- ◆ $T_{db} = 24^{\circ}\text{C}$
- ◆ $T_{wb} = 18^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan kondisi diatas dari Psychometric Chart diperoleh :

- ◆ Dew Point Temperatur = $14,2^{\circ}\text{C}$
- ◆ Entalpi = 50 kJ/kg

Penentuan Jam Puncak

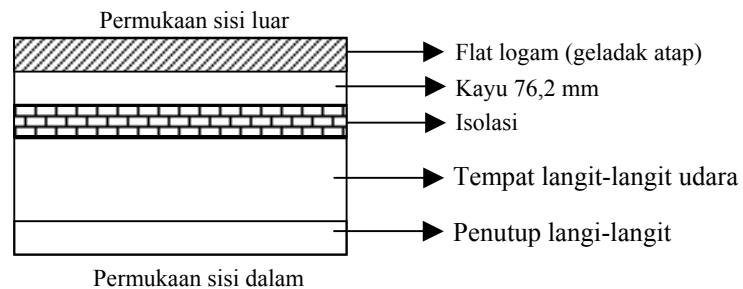
Untuk mengambil jam puncak (Peak hour) diambil dari beban luar terbesar pada bulan terpanas, pada jam 12.00, 13.00, 14.00, 15.00, 16.00

Perhitungan Beban

□ Perhitungan beban luar

✓ Atap

Bahan yang digunakan adalah genteng metal :



➤ Permukaan sisi luar (lapisan udara luar)	$R = 0,059$
➤ Geladak atap flat logam	$R = 1,314$
➤ Kayu, 76,2 mm	$R = 0,631$
➤ Isolasi, 101,6 mm	$R = 2,346$
➤ Penutup langit-langit 19 mm plaster, 19 mm gypsum atau lapisan finishing yang serupa	$R = 0,026$
➤ Tempat langit-langit udara (celah udara)	$R = 0,176$
➤ Permukaan sisi dalam	$R = 0,121$ (+)
	$R_{tot} = 4,673 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}$

Teknik Pendingin

Koefisien perpindahan panas untuk bahan atap tersebut adalah :

$$\begin{aligned} \text{Untuk} &= 1/R_{\text{total}} \\ &= 1/4,673 = 0,214 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{°C/W} \end{aligned}$$

Luas atap sama dengan luas lantai :

$$(14,4 \times 11) \text{ m}^2 = 158,4 \text{ m}^2 \times 2 = 316,8 \text{ m}^2$$

- Pada pukul 12.00

Dari jenis atap yang dipilih didapat harga CLTD = 35 °C

Dimana :

- ❖ LM (Latitude – Mont Corection)
-1,1 posisi 0° Lintang Selatan, bulan April
- ❖ K (Corection for color exterior surface)
1,0 untuk warna terang dan gelap pada daerah industri
- ❖ Tr (Indoor design dry bulb temperature) = 24° C
- ❖ To (Average outside temperature), temperatur rata-rata diluar ruangan
- ❖ Design outside dry bulb temperature - 1/2
- ❖ Daily range = 32 – (1/2 . 8)° C = 28° C
- ❖ F (Faktor untuk attic dan duct diatas langit-langit) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{Jadi CLTD}_{\text{corr}} &= [(35 + (-1,1) \cdot 1,0(25,5 - 24) + (28 - 29,4))].0,75 \\ &= [33,5 + 11,5 - 1,4].0,75 \\ &= 25,5 \text{ °C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{corr}} \\ &= 0,214 \cdot 316,8 \cdot 25,5 \\ &= 1728,77 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel 3.1 Beban pendingin pada atap :

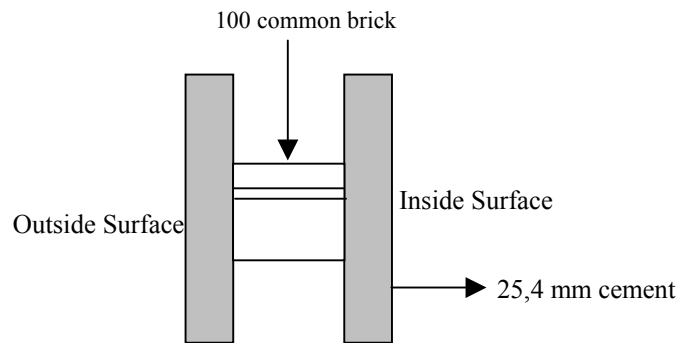
PUKUL	CLTD(°C)	CLTD _{CORR}	Q (WATT)
12.00	35	25,5	1728,77
13.00	40	29,25	1983
14.00	43	31,5	2135,5
15.00	43	31,5	2135,5
16.00	41	30	2033,856

✓ Dinding (Wall)

Persamaan yang digunakan :

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{CORR}$$

Bahan yang digunakan untuk dinding adalah 101,6 mm common brick (bata biasa) + 50,8 mm cement plaster (tabel 8, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).



❖ Permukaan sisi luar	$R = 0,059$ (tabel 8, hal 26, ASHRAE)
❖ 50,8 mm isolasi + 101,6 mm Bata biasa	$R = 1,587$ (tabel 8, hal 26, ASHRAE)
❖ Permukaan sisi dalam	$R = 0,121$ (tabel 8, hal 26, ASHRAE)
	$R_{total} = 1,767 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

Koefisien perpaduan panas untuk dinding tersebut adalah:

$$\begin{aligned} U &= 1/R_{total} \\ &= 1/1,767 \\ &= 0,5659 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \end{aligned}$$

- Pada pukul 12.00 :

Berdasarkan tabel 6, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook, dari jenis dinding yang dipakai, ternyata ini termasuk dalam group B:

❖ Utara/North

$$\begin{aligned} CLTD &= 6 ^\circ\text{C} \text{ (tabel 7, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)} \\ LM &= -1,1 \text{ (tabel 9, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)} \end{aligned}$$

Teknik Pendingin

Dimana untuk 0° LS = -1,1. Kota Padang terletak pada 0° 53' LS maka diambil pada 0° LS.

$K = 10$ (jika warna gelap atau pada daerah industri)

$T_R = 24^{\circ}\text{C}$

$T_0 = 28^{\circ}\text{C}$

$A_N = 45,96 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}\text{CLTD}_{\text{CORR}} &= (\text{CLTD} + \text{LM}) \cdot K + (25,5 - T_R) + (T_0 - 29,9) \\ &= (6 + (-1,1)) \cdot 10 + (25,5 - 24) + (28 - 29,9) \\ &= 5^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_N &= 0,5659 \cdot 47,58 \cdot 5 \\ &= 141,787 \text{ W}\end{aligned}$$

Tabel 3.2 Beban pendingin pada dinding sebelah utara :

PUKUL	CLTD($^{\circ}\text{C}$)	CLTD _{CORR}	Q (WATT)
12.00	6	5	141,78
13.00	6	5	141,78
14.00	7	6	170,1
15.00	8	7	198,49
16.00	9	8	226,86

❖ Timur/East

CLTD = 10°C (tabel 7, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

LM = -1,1 (tabel 9, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

$$\begin{aligned}\text{CLTD}_{\text{CORR}} &= (\text{CLTD} + \text{LM}) \cdot K + (25,5 - T_R) + (T_0 - 29,9) \\ &= (10 + (-1,1)) \cdot 10 + (25,5 - 24) + (28 - 29,9) \\ &= 9^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_E &= 0,5659 \cdot 149,7 \cdot 9 \\ &= 762,43 \text{ W}\end{aligned}$$

Tabel 3.3 Beban pendingin pada dinding sebelah timur :

PUKUL	CLTD($^{\circ}\text{C}$)	CLTD _{CORR}	Q (WATT)
12.00	10	9	762,43
13.00	12	11	931,86
14.00	13	12	1016,6
15.00	13	12	1016,6
16.00	14	13	1101,3

❖ Barat/West

CLTD = 8 °C (tabel 7, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

LM = -1,1 (tabel 9, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_{\text{CORR}} &= (\text{CLTD} + \text{LM}) \cdot K + (25,5 - T_R) + (T_0 - 29,9) \\ &= (8 + (-1,1)) \cdot 10 + (25,5 - 24) + (28 - 29,9) \\ &= 7^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_E &= 0,5659 \cdot 149,7 \cdot 7 \\ &= 593 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel 3.4 Beban pendingin pada dinding sebelah barat :

PUKUL	CLTD(°C)	CLTD _{CORR}	Q (WATT)
12.00	8	7	593
13.00	8	7	593
14.00	8	7	593
15.00	8	7	593
16.00	8	7	593

❖ Selatan/South

Karena pada sisi selatan, dinding tidak langsung terkena sinar matahari, maka dinding dianggap partisi.

Jadi beban total untuk dinding :

$$Q_{\text{tot}} = Q_N + Q_E + Q_S$$

Tabel 3.5 Beban pendingin total dinding :

PUKUL	Q _{TOTAL} (WATT)
12.00	1497,2
13.00	1666,65
14.00	1779,74
15.00	1868,09
16.00	1921,16

Teknik Pendingin

✓ Kaca/Glass

Bahan yang digunakan untuk kaca adalah “Single flat glass heat absorbing pattern with indoor shading by vetition blinds”, dengan ketebalan 5 – 12 mm. Karena pada kaca diberi frame ddari metal (aluminium) maka U harus dikalikan dengan suatu faktor yang besarnya 1,0 – 1,10.

- Secara Konduksi

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{CORR}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A &= A_N + A_W + A_E + A_S \\ &= 0 + 24,3 + 24,3 + 0 \\ &= 48,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pada pukul 12 :

$$T_R = 24^{\circ}\text{C}$$

$$T_0 = 28^{\circ}\text{C}$$

$$CLTD = 5^{\circ}\text{C} \text{ (tabel 7, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)}$$

$$\begin{aligned} CLTD_{CORR} &= (CLTD + LM) \cdot K + (25,5 - T_R) + (T_0 - 29,9) \\ &= (5 + (-1,1)) \cdot 10 + (25,5 - 24) + (28 - 29,9) \\ &= 5,1^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 3,08 \cdot 48,6 \cdot 5,1 \\ &= 763,4 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel 3.6 Beban pendingin pada kaca secara radiasi :

PUKUL	CLTD($^{\circ}\text{C}$)	CLTD _{CORR}	Q (WATT)
12.00	5	5,1	763,4
13.00	7	7,1	1062,78
14.00	7	7,1	1062,78
15.00	8	8,1	1212,47
16.00	8	8,1	1212,47

- Secara Radiasi

$$Q = A \cdot Sc \cdot SHGF \cdot CLF$$

Dimana :

Sc : Shading Coeficient (tabel 35, hal 27, ASHRAE Fundamental Handbook)

SHG : Max Solar Heat Gain (tabel 35, hal 27, idem)

CLf : Cooling Load Factor (tabel 14, hal 26, idem)

Teknik Pendingin

◆ Timur/East

$$\begin{aligned}A_E &= 24,3 \text{ m}^2 \\Sc &= 0,59 \text{ (tabel 35, hal 27, ASHRAE Fundamental Handbook)} \\SHG &= 697 \text{ W/m}^2 \\CLF &= 0,27 \\Q_E &= 24,3 \cdot 0,59 \cdot 6,97 \cdot 0,27 \\&= 2698,08 \text{ W}\end{aligned}$$

Tabel 3.7 Beban pendingin pada kaca secara konduksi sebelah timur :

PUKUL	CLTD(°C)	CLTD _{CORR}	Q (WATT)
12.00	0,27	697	2698,08
13.00	0,24	697	2398,3
14.00	0,22	697	2198,43
15.00	0,2	697	1998,57
16.00	0,17	697	1698,8

◆ Barat/West

$$\begin{aligned}A_w &= 24,3 \text{ m}^2 \\Sc &= 0,59 \text{ (tabel 35, hal 27, ASHRAE Fundamental Handbook)} \\SHG &= 697 \text{ W/m}^2 \\CLF &= 0,17 \\Q_w &= 24,3 \cdot 0,59 \cdot 6,97 \cdot 0,17 \\&= 1698,8 \text{ W}\end{aligned}$$

Tabel 3.8 Beban pendingin pada kaca secara konduksi sebelah barat :

PUKUL	CLTD(°C)	CLTD _{CORR}	Q (WATT)
12.00	0,17	697	1698,88
13.00	0,31	697	3097,8
14.00	0,31	697	5296,23
15.00	0,72	697	7194,87
16.00	0,82	697	8194,17

Jadi beban pendingin untuk kaca :

$$Q = Q_E + Q_w$$

Teknik Pendingin

Tabel 3.9 Beban pendingin pada kaca total secara konduksi :

PUKUL	Q (WATT)
12.00	4396,88
13.00	5496,13
14.00	7494,63
15.00	9193,37
16.00	9892,97

Jumlah beban untuk kaca :

$$Q_{total} = Q_{konduksi} + Q_{radiasi}$$

Tabel 3.10 Beban pendingin pada kaca total $Q_{konduksi} + Q_{radiasi}$:

PUKUL	KONDUKSI (W)	RADIASI (W)	QTOTAL (W)
12.00	763,4	4396,88	5160,28
13.00	1062,78	5496,1	6558,88
14.00	1062,78	7494,63	8557,41
15.00	1212,47	9193,37	10405,84
16.00	1212,47	9892,97	11105,44

✓ Partisi

Partisi merupakan merupakan pembatas antar ruangan yang dikondisikan dengan ruangan yang tidak dikondisikan:

○ Partisi dinding selatan	: 47,58 m ²
○ Kamar mandi	: 104 m ²
○ Gudang	: 72 m ²
○ Koridor	: 139,2 m ²
	+ 363 m ²

$$Q_{partisi} = U \cdot A \cdot T_p$$

Dimana :

U : Koefisien perpindahan panas = 0,5659 m² .°C/W

A : Luas dinding partisi = 363 m²

T_p : Temperatur differential (T₁ – T₂)

T₂ : Temperatur rata-rata ruangan yang dikondisikan

T₁ : Temperatur udara dalam ruangan yang dikondisikan

Teknik Pendingin

Dalam hal ini T_2 lebih rendah 2,8 °C dari temperatur udara luar (hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)

Jadi :

$$T_2 = 32 - 2,8 = 29,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Maka :

$$T_0 = T_2 - T_1 = 29,2 - 24 = 5,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{partisi}} = 0,5659 \cdot 363 \cdot 5,2 = 1068 \text{ W}$$

□ Perhitungan beban dalam ruangan

✓ Lampu

Jenis lampu yang digunakan : lampu pijar + lampu TL. Daya yang dibutuhkan tiap kamar : 358 W, dengan perincian:

- 5 x 60 W, untuk lampu utama
- 2 x 20 W, untuk lampu meja rias
- 2 x 9 W, untuk lampu tidur

Dari tabel 15, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook, untuk lampu yang dipasangkan digantung dan pada langit-langit dan ada ventilasi dalam ruangan kamar yang lainnya diberi karpet, didapat koefisien $a = 0,65$ (tabel 16, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook) untuk ruangan yang berlantai beton yang berkarpet dan ada sirkulasi udara fan coil unit, maka harga $CLF = 1$ (tabel 17, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

F_s = faktor penggunaan = 1,0 (semua lampu dinyalakan)

F_u = 1,0 (untuk lampu pijar)

Q = Jumlah daya lampu

$$= F_u \cdot F_s \cdot CLF$$

$$= 358 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1$$

$$= 358 \text{ W}$$

Jumlah kamar yang ada 26 kamar, jadi beban total lampu

$$Q_{\text{tot}} = 358 \cdot 26 = 9308 \text{ W}$$

Teknik Pendingin

✓ Orang

Dalam 1 kamar direncanakan untuk dihuni oleh 2 orang. Penambahan panas sensible karena tubuh penghuni ruangan.

$$Q_s = \text{No. of people} \cdot \text{SHG} \cdot \text{CLF}$$

Dimana :

No. of people : 2 orang untuk satu kamar

SHG : Sensible Heat Gain = 60 orang (tabel 18, hal 26,ASHRAE)

CLF : Cooling Load Factor= 1(untuk 24 jam),(tabel 18,hal 26,ASHRAE)

$$\begin{aligned} Q_s &= 1 \cdot 60 \cdot 2 \\ &= 120 \text{ W} \end{aligned}$$

Jumlah total beban sensible orang :

$$Q_{\text{total}} = 120 \cdot 26 = 3120 \text{ W}$$

✓ Peralatan elektronik

Dalam setiap kamar hotel dilengkapi dengan beberapa peralatan listrik antara lain :

- Televisi berwarna, dengan daya 78 W yang beroperasi selama ± 6 jam sehari :
CLF = 0,7 (hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

▶ Beban panas sensible (Q_s) :

$$\begin{aligned} Q_{s1} &= 0,32 \cdot q_r \cdot \text{CLF} \text{ (tabel 22 ,hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)} \\ &= 0,32 \cdot 78 \cdot 0,7 \\ &= 17,427 \text{ W} \end{aligned}$$

▶ Beban panas laten (Q_l) :

$$\begin{aligned} Q_{L1} &= 0,32 \cdot 50 \\ &= 16 \text{ W} \end{aligned}$$

- Lemari es, dengan daya 50 W yang beroperasi 24 jam :

CLF = 0,04 hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook

▶ Beban panas sensible (Q_s) :

$$\begin{aligned} Q_{s2} &= 0,32 \cdot q_r \cdot \text{CLF} \text{ (tabel 22 ,hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)} \\ &= 0,32 \cdot 50 \cdot 0,04 \\ &= 0,64 \text{ W} \end{aligned}$$

▶ Beban panas laten

$$\begin{aligned} Q_{L2} &= 0,32 \cdot 50 \\ &= 16 \text{ W} \end{aligned}$$

Teknik Pendingin

- Komputer, dengan daya 150 W yang beroperasi selama ± 8 jam sehari :

CLF = 0,6 (hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

- ▶ Beban panas sensible (Q_s) :

$$Q_{s1} = 0,32 \cdot q_r \cdot \text{CLF} \text{ (tabel 22 ,hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)}$$

$$= 0,32 \cdot 150 \cdot 0,6$$

$$= 28,8 \text{ W}$$

- ▶ Beban panas laten

$$Q_{L1} = 0,32 \cdot 150$$

$$= 486 \text{ W}$$

- Panas sensibel peralatan elektronik untuk seluruh kamar/total :

- lemari es dan lampu :

$$Q_{\text{stotal}} = 26 \cdot 18,1 = 469,742 \text{ W}$$

- komputer (ada 6 buah komputer)

$$Q_{\text{stotal}} = 6 \cdot 28,8 = 172,8 \text{ W}$$

- Jadi beban panas sensible seluruh peralatan elektronik :

$$Q_{\text{stotal}} = 469,742 + 172,8$$

$$= 642,542 \text{ W}$$

- Panas laten peralatan elektronik untuk seluruh kamar/total :

- lemari es dan televisi :

$$Q_{L\text{total}} = 26 (24,96 + 16) = 1064,96 \text{ W}$$

- komputer (ada 6 buah komputer)

$$Q_{L\text{total}} = 6 \cdot 48 = 288 \text{ W}$$

- Jadi beban panas laten seluruh peralatan :

$$Q_{L\text{total}} = 1064,96 + 288$$

$$= 1352,96 \text{ W} = 4616,3 \text{ BTU/hr}$$

- ✓ Ventilasi

Udara ventilasi dibutuhkan untuk setiap orang dalam kamar hotel, yang diperbolehkan untuk merokok adalah 0,35 CFM. Person (tabel 1, part 1-97, ASHRAE Fundamental Handbook)

$$\text{Konversi : } 1 \text{ CFM} = 0,47195 \text{ L/S}$$

$$0,35 \text{ CFM} = 0,16518 \text{ per person}$$

Dalam 1 kamar ada 2 orang, jadi udara ventilasi untuk 1 kamar = 0,30 L/S, untuk seluruh kamar : $0,330 \text{ L/S} \cdot 26 = 8,56 \text{ L/S}$

Teknik Pendingin

- ◆ Beban panas sensible dari ventilasi

$$Q_s = 1,232 \cdot L/S \cdot \Delta t \text{ (tabel 1, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)}$$

$$\Delta t = T_{\text{udara luar}} - T_{\text{ruangan}}$$

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

$$Q_s = 1,232 \cdot 0,330 \cdot 8 = 3,25248 \text{ W}$$

Untuk seluruh kamar :

$$Q_{s\text{total}} = 3,25248 \cdot 26 = 84,56 = 288,5 \text{ Btu/hr}$$

- ◆ Beban panas laten dari ventilasi :

$$Q_L = 3012 \cdot L/S \cdot \Delta W \text{ (tabel 1, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)}$$

ΔW = Perbedaan ratio kelembaban udara luar dalam (KgH₂O/Kg dry air)

$$Q_L = 3012 \cdot 0,3330 \cdot 0,014$$

$$= 13,915 \text{ W}$$

$$Q_{L\text{total}} = 13,915 \cdot 26 = 361,79 \text{ W} = 1234,42 \text{ BTU/hr}$$

- ✓ Infiltrasi

Untuk tiap infiltrasi terjadi melalui 2 tempat yaitu :

- ◆ Melalui celah-celah pintu masuk

Besarnya infiltrasi dan celah pintu (berukuran 1 x 2 m²) dengan frekuensi pembukaan yang sangat jarang adalah 1 CFM/ft luas pintu (tabel 41 C, ASHRAE Fundamental Handbook)

$$\text{Konveksi : } - 1 \text{ CFM} = 0,47195 \text{ L/S}$$

$$- 1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

Jadi infiltrasi :

$$1 \cdot \frac{0,47195}{0,3048} \cdot 2,1 = 10,67 \text{ L/S}$$

Teknik Pendingin

- ◆ Melalui jendela-jendela tertutup rapat, maka infiltrasi udara sangatlah kecil sehingga dapat diabaikan :

- ▶ Beban panas sensible dari infiltrasi :

$$Q_s = 1,232 \cdot L/S \cdot \Delta t \text{ (tabel 1, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)}$$

$$\Delta t = T_{\text{udara luar}} - T_{\text{ruangan}}$$

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

$$Q_s = 1,232 \cdot 0,330 \cdot 8 = 3,25248 \text{ W}$$

Untuk seluruh kamar :

$$Q_{\text{total}} = 3,25248 \cdot 26 = 84,56 = 288,5 \text{ Btu/hr}$$

- ▶ Beban panas laten dari infiltrasi :

$$Q_L = 3012 \cdot L/S \cdot \Delta W$$

$$= 3012 \cdot 19,67 \cdot 0,04 = 1285,52 \text{ W} = 4386,2 \text{ BTU/hr}$$

Untuk seluruh kamar :

$$Q_{L\text{total}} = 1285,52 \cdot 26 = 3423,56 \text{ W}$$

- ✓ Beban pendingin total seluruh kamar

Tabel 3.11 beban pendingin luar total seluruh kamar :

EXTERNAL C.L	SENSIBLE COOLING LOAD (W)				
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
ATAP	1728,77	1983	2135,5	2135,5	2033,85
DINDING	1497,2	1666,65	1779,74	1808,09	1921,16
KACA	5160,28	6558,88	8557,41	10405,84	11105,4
PARTISI	1068,2	1068,2	1068,2	1068,2	1068,2
TOTAL EXTERNAL C.L	9454,45	11276,73	13540,85	15417,63	16128,61

Beban pendingin terbesar terjadi pada pukul 16.00 sebesar 16028,346 W atau 54688,7 BTU/hr.

Teknik Pendingin

Tabel 3.12 Beban pendingin dalam total seluruh kamar

INTERNAL COOLING LOAD (W)		
MEDIA	SENSIBLE	LATENT
LAMPU	9308	-
ORANG	3120	3120
PERALATAN	642,542	1352,96
	$\Sigma Q_s = 13070,542$	$\Sigma Q_l = 4472,96$

Sehingga internal cooling load :

$$Q_l = 13070,542 \text{ W} = 44596,7 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_s = 4472,96 \text{ W} = 15261,74 \text{ BTU/hr}$$

□ Grand Total Heat :

$$\text{External Sensible Cooling Heat} = 16128,600 \text{ W}$$

$$\text{Internal Sensible Cooling Heat} = 13070,542 \text{ W}$$

$$\text{Ventilation Sensible Load} = 84,56 \text{ W}$$

$$\text{Infiltration Sensible Load} = 2734,16 \text{ W}$$

+

$$= 414172,34 \text{ W}$$

$$\text{Safety Factor 5\%} = 2073,62 \text{ W}$$

+

$$\text{Efektif Room Sensible Heat (ERSH)} = 43545,96 \text{ W}$$

$$\text{Internal Latent Cooling Heat} = 4472,96 \text{ W}$$

$$\text{Ventilation Latent Cooling Load} = 361,76 \text{ W}$$

$$\text{Infiltration Latent Load} = 33423,56 \text{ W}$$

+

$$= 38258,28 \text{ W}$$

$$\text{Safety Factor 5\%} = 1912,9 \text{ W}$$

+

$$\text{Efektif Room Latent Heat (ERLH)} = 40171,18 \text{ W}$$

Teknik Pendingin

$$\begin{aligned}\text{Grand Total} &= \text{ERSH} + \text{ERLH} \\ &= 43545,96 + 40171,8 \\ &= 83717,15 \text{ W} \\ &= 285475,49 \text{ BTU/hr}\end{aligned}$$

Dari perhitungan “Grand Total” dari seluruh kamar dari seluruh lantai yang masing-masing lantai terdiri dari 26 kamar adalah : 83717,15 W atau 285475,49 BTU/hr.

Sedangkan hotel terdiri dari 6 lantai dengan mengasumsikan beban panas pada setiap lantai adalah sama maka beban panas keseluruhan untuk bangunan hotel adalah :

$$6 \times 83717,15 = 502302,9 \text{ W} = 1712852,89 \text{ BTU/hr.}$$

Dengan demikian mesin penyegar udara yang dibutuhkan adalah mesin dengan kapasitas pendingin 142,74 TR atau 50230,9 W atau 1712852,89 BTU/hr.