

# Perancangan Sistem Pengkondisian Udara (AC) pada Ruang Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

**Samnur**

Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar

E\_mail: [samnur74@yahoo.com](mailto:samnur74@yahoo.com)

## **Abstrak**

*Penggunaan AC memerlukan perhitungan beban pendinginan yang tepat sesuai dengan beban di ruangan, sehingga pemanfaatannya menjadi lebih efektif dan efisien, karena apabila pemanfaatannya tidak tepat akan berakibat pada kenyamanan udara yang diperoleh tidak optimal. Penelitian ini bertujuan melakukan perhitungan untuk menentukan besarnya beban kalor ruangan Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar dan mengetahui besarnya daya AC yang dibutuhkan untuk mengkondisikan udara pada ruangan Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni, September dan desember 2011. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada ruang Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Setelah perhitungan beban kalor selesai selanjutnya hasil perhitungan digunakan untuk menentukan daya AC yang akan digunakan pada Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Dari hasil perhitungan diperoleh beban kalor ruangan aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar dengan jumlah penghuni maksimal 205 orang adalah 19359,25 Watt. Sehingga diketahui bahwa ruangan tersebut seharusnya dipasang AC 7 buah dengan daya AC masing-masing 2 PK setiap AC.*

**Kata kunci:** Perancangan sistem pengkondisian udara

## **I. PENDAHULUAN**

Manusia membutuhkan lingkungan udara ruang yang nyaman (*thermal comfort*) untuk melakukan aktivitas secara optimal. Dengan adanya lingkungan udara yang nyaman manusia akan dapat beraktivitas dengan tenang dan sehat. Keadaan udara pada suatu ruang aktivitas sangat berpengaruh pada kondisi dan keadaan aktivitas itu. Bila dalam suatu ruangan yang panas dan pengap, manusia yang melakukan aktivitas didalamnya tentu juga akan sangat terganggu dan tidak dapat melakukan aktivitasnya secara baik.

Untuk mendapatkan kondisi ruangan yang memenuhi *thermal comfort* atau juga kondisi yang memenuhi persyaratan tertentu sesuai dengan yang kita inginkan,

tanpa adanya ketergantungan dengan lingkungan luar, maka digunakan pengkondisian udara (*Air Conditioning*). Pengkondisian udara yaitu udara dalam ruang dikondisikan berdasarkan beban kalor yang terjadi pada ruangan tersebut.

Ada beberapa faktor yang berhubungan dengan kenyamanan suatu lokasi yaitu bentuk dan ukuran ruangan, pemilihan unit mesin pengkondisian udara dan yang tidak kalah pentingnya adalah sirkulasi udara dalam ruangan tersebut. Sirkulasi udara dalam ruangan berkaitan dengan jumlah daya AC yang terpasang dan tempat pemasangannya. Olehnya itu sebelum pemasangan sistem pengkondisian udara (AC) maka terlebih dahulu dilakukan perancangan sistem

pendingin yang akan digunakan sehingga kenyamanan yang diharapkan dapat tercapai dan sesuai dengan kebutuhan serta hemat dalam penggunaan daya listrik.

Penggunaan AC memerlukan perhitungan beban pendinginan yang tepat sesuai dengan beban di ruangan, sehingga pemanfaatannya menjadi lebih efektif dan efisien, karena apabila pemanfaatannya tidak tepat akan berakibat pada kenyamanan udara yang diperoleh tidak optimal.

Penelitian ini bertujuan melakukan perhitungan untuk menentukan besarnya beban kalor ruangan Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar dan mengetahui besarnya daya AC yang dibutuhkan untuk mengkondisikan udara pada ruangan Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

## II. KAJIAN PUSTAKA

Teknik pengkondisian udara tidak hanya berfungsi sebagai pendingin tetapi lebih daripada itu. Definisi pengkondisian udara nyaman (*comfort air conditioning*) adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya. Oleh karena itu teknik pengkondisian udara juga mencakup usaha pemanasan (yang tidak menerapkan teknik refrigerasi kecuali untuk pompa kalor), seperti pengaturan kecepatan, radiasi termal, dan kualitas udara termasuk penyisihan partikel dan uap pengotor.

Pengkondisian udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dan suatu ruangan tertentu. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Di beberapa negara, beberapa faktor kesegaran tersebut di atas ditetapkan dalam Undang-undang, sesuai dengan tujuan penggunaan ruangan,

misalnya untuk kantor, hotel, dan sebagainya.

### A. Beban Kalor

#### 1. Jenis Kalor

Jenis kalor pada sistem pengkondisian udara adalah sebagai berikut:

- a. Kalor Sensibel, adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara. Penambahan kalor sensibel (*sensible heat gain*) adalah kalor sensibel yang secara langsung masuk dan ditambahkan ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui konduksi, konveksi atau radiasi.
- b. Kalor Laten, adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan fasa dari air. Penambahan kalor laten (*latent heat gain*) terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan, misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghasilkan uap.

#### 2. Beban Kalor Ruangan

Beban kalor ruangan adalah laju aliran kalor yang harus diambil dari dalam ruangan untuk mempertahankan temperatur dan kelembaban udara relatif ruangan pada kondisi yang diinginkan. Beban kalor ruangan dibagi dalam 2 bagian:

##### a. Beban Kalor Luar (*external cooling load*)

Beban pendinginan ini terjadi akibat penambahan panas di dalam ruangan yang dikondisikan karena sumber kalor dari luar yang masuk melalui selubung bangunan (*building envelope*), atau kerangka bangunan (*building shell*) dan dinding partisi.

Sumber kalor luar yang termasuk beban pendinginan ini adalah:

- 1) Surya yang ditransmisikan melalui kaca
- 2) Radiasi surya yang melalui dinding dan atap, dikonduksikan kedalam

- ruang dengan memperhitungkan efek penyimpanan melalui dinding
- 3) Panas konduksi dan konveksi melalui pintu dan kaca jendela akibat perbedaan temperatur
  - 4) Panas karena infiltrasi oleh udara akibat pembukaan pintu dan melalui celah-celah jendela
  - 5) Panas karena ventilasi

#### **b. Beban Kalor Dalam Ruangan (*internal cooling load*)**

Beban kalor ini terjadi karena dilepaskannya kalor sensibel maupun kalor laten dari sumber yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan. Sumber kalor yang termasuk beban kalor dalam adalah:

- 1) Panas karena penghuni
- 2) Panas karena lampu dan peralatan listrik
- 3) Panas yang ditimbulkan oleh peralatan lain

Beban kalor total merupakan jumlah beban kalor 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.

### **B. Hal-hal yang Mempengaruhi Pengkondisian Udara**

#### **1. Besar Bangunan atau Ruangan yang Dikondisikan**

Gedung dengan jendela-jendela besar atau yang dilengkapi dengan lampu-lampu termasuk dalam golongan ruangan yang dikenai panas radiasi lebih banyak. Penggunaan kaca yang bersifat endotermik dan penggunaan lapisan pemantul sinar pada jendela, tentu dapat mengurangi panas radiasi matahari ke dalam ruangan yang bersangkutan. Mengenai gedung yang lebih dan 55% ruangnya dikenai beban panas laten lebih besar daripada panas sensibelnnya, akan diterangkan kemudian secara terperinci, misalnya, rumah berukuran besar, ruangan

pertemuan, restoran, gedung bioskop, dan sebagainya.

#### **a. Luas Lantai**

Luas lantai adalah jarak panjang dikalikan lebar ruangan seperti pada gambar dimana jarak antara garis-garis teras tembok digunakan dalam perhitungan ini.

#### **b. Volume Ruangan**

Volume ruangan adalah luas lantai dikali jarak antara titik tengah lantai dan titik tengah langit-langit

### **2. Radiasi Sinar Matahari**

Radiasi adalah proses di mana panas berpindah dari sumbernya (matahari, api, dsb) ke sebuah benda dengan cara penyinaran panas. Prinsip ini didasari fenomena bahwa panas berpindah dari permukaan yang panas ke permukaan yang dingin. Radiasi terjadi tidak bergantung seperti konveksi, dan tidak memerlukan udara yang bergerak untuk melengkapi terjadinya perpindahan panas dan tidak dipengaruhi oleh temperatur udara walau dipengaruhi oleh temperatur sekeliling.

### **3. Aktivitas Manusia**

Semua makanan yang masuk ke dalam badan mengandung panas dalam bentuk kalori. Proses perubahan menghasilkan panas dan semua pergerakan badan tidak hanya menghabiskan energi yang disimpan, tetapi juga menambah panas pada proses konversi. Pengeluaran panas badan secara konstan berlangsung melalui tiga proses alamiah yang biasanya terjadi secara simultan.

#### **a. Konveksi**

Proses pengeluaran panas secara konveksi didasari atas dua fenomena:

- 1) Panas mengalir dari permukaan yang panas ke permukaan yang dingin. Sebagai contoh, panas mengalir dari badan ke udara sekelilingnya yang

bertemperatur lebih rendah dari temperatur kulit badan.

- 2) Panas akan membumbung naik. Hal ini dapat dilihat dari asap yang berasal dari rokok yang menyala.

Bila dua fenomena ini diterapkan pada proses pengeluaran panas tubuh manusia, hal berikut akan terjadi:

- 1) Badan menyerahkan panasnya ke udara dingin di sekeliling badan.
- 2) Udara disekeliling menjadi hangat dan akan bergerak ke atas.
- 3) Ketika udara hangat bergerak ke atas, tempatnya digantikan udara dingin, maka terjadilah aliran konveksi.

#### b. Radiasi

Radiasi adalah proses di mana panas berpindah dari sumbernya (matahari, api, dsb) ke sebuah benda dengan cara penyinaran panas. Prinsip ini didasari fenomena bahwa panas berpindah dari permukaan yang panas ke permukaan yang dingin. Radiasi terjadi tidak bergantung seperti konveksi, dan tidak memerlukan udara yang bergerak untuk melengkapi terjadinya perpindahan panas dan tidak dipengerahui oleh temperatur udara walau dipengaruhi oleh temperatur sekeliling.

#### c. Evaporasi/Penguapan

Evaporasi adalah proses di mana tetes air menjadi uap air. Ketika tetes air dari permukaan yang panas menguap, ia mengambil panas dan karenanya permukaan itu jadi dingin. Proses ini berlangsung konstan pada permukaan badan kita. Tetes air keluar melalui pori-pori badan di permukaan kulit, ketika tetes air menguap, panas diambilnya.

#### 4. Lampu

Lampu merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan, karena panas yang di hasilkan akan mempengaruhi pengkondisian udara dalam suatu ruangan. Jumlah perolehan kalor dari dalam ruangan yang disebabkan oleh penerangan/lampu

tergantung pada daya dari lampu dan jenis/cara pemasangannya.

#### 5. Peralatan listrik

Peralatan-peralatan listrik sangat mempengaruhi pengkondisian udara dalam suatu ruangan, karena peralatan tersebut juga akan menghasilkan panas. Misalnya saja komputer, kulkas, kipas angin, dan lain sebagainya.

#### C. Perhitungan Beban Kalor

Untuk menentukan beban tersebut dapat digunakan persamaan-persamaan berikut:

##### 1. Transmisi Panas Melalui Bahan Bangunan

###### a. Atap

Persamaan yang digunakan:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{\text{corr}} \text{ (Watt) } \dots\dots (1)$$

Dimana:

U : Koefisien perpindahan panas ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ )

A : Luas atap ( $\text{m}^2$ )

CLTD : Cooling Load Temperatur Differential  $^\circ\text{C}$

###### b. Dinding

Persamaan yang digunakan:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{\text{corr}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

U : Tabel 6, ASHRAE ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ )

CLTD : Tabel 6, ASHRAE ( $^\circ\text{C}$ )

###### c. Kaca

Persamaan yang digunakan:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{\text{corr}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

U : Tabel 13, ASHRAE ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ )

CLTD : Tabel 10, ASHRAE ( $^\circ\text{C}$ )

**d. Partisi, Ceiling, Floor (partisi dasar dan langit-langit)**

Persamaan yang digunakan:

$$Q = U \cdot A \cdot TD \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

U : tabel 3.4, ASHRAE Fundamental Handbook ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

A : Luas dari partisi ( $m^2$ )

Td : Design temperatur differensial ( $T_2 - T_1$ ) ( $^\circ C$ )

T<sub>1</sub> : Temperatur udara rata-rata diluar ruangan,  $^\circ C$

T<sub>2</sub> : Temperatur udara rata-rata ruangan yang dikondisikan,  $^\circ C$

**2. Radiasi Matahari**

Persamaan yang digunakan:

$$Q = A \cdot Sc \cdot SHGF \cdot CLF \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

A : Luas kaca,  $m^2$

Sc : Shading Coofisien dari tabel 26, 33, 36, ASHRAE Fundamental Handbook

SHGF : Solar Heat Gain Factor tabel 11, ASHRAE Fundamental Handbook,  $W/m^2$

CLF : Cooling Load Factor tabel 13, ASHRAE Fundamental Handbook

**3. Panas dari Penerangan/Lampu**

Persamaan yang digunakan:

$$Q = \text{input} \cdot CLF \dots\dots\dots (6)$$

$$Q = Qi \cdot Fu \cdot Fs \cdot CLF$$

Dimana:

Inpup : Total dari lampu

Qi : Jumlah total watt lampu

Fu : Faktor penggunaan

Fs : Faktor kelonggaran spesial

**4. Pancaran Panas dari Penghuni Ruang**

**a. Penambahan panas sensible**

Persamaan yang digunakan:

$$Qs = No \cdot SHG \cdot CLF \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

No : Jumlah orang dalam ruangan

SHG : Sensibel Heat Gain dari tabel 38 ASHRAE Fundamental Handbook),  $W/m^2$

**b. Penambahan panas laten**

Persamaan yang digunakan:

$$GI = No \cdot LHG \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

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

**5. Panas dari Peralatan Tambahan dalam Ruang**

Persamaan yang digunakan:

$$Qs = SHG \cdot CLF \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

SHG : Solar Heat Gain (tabel 20 dan 21 hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook),  $W/m^2$

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

**6. Panas dari Peralatan Elektronik**

Persamaan yang digunakan:

$$Q = (A,B,C) CLF \cdot LF \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

A,B,C : Penambahan panas elektronik

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

CLF : Coliing Load Factor (dari tabel 25, ASHRAE)

## 7. Ventilasi dan Infiltrasi

Persamaan yang digunakan:

$$Q_s = 1,232 (L/S) \Delta t \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

L/S : Jumlah udara ventilasi dan infiltrasi

$\Delta t$  : Perbedaan temperature, °C

## III. METODOLOGI PERANCANGAN

### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni, September dan desember 2011. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada ruang Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

### B. Prosedur Pelaksanaan Perancangan

#### 1. Pengumpulan Data

- Denah ruangan, untuk ukuran luas bangunan, luas permukaan dinding, luas permukaan kaca baik yang dikondisikan maupun yang tidak dikondisikan.
- Gambar detail dan spesifikasi material bangunan untuk mengetahui material apa yang digunakan pada bangunan gedung dan menentukan koefisien transmisi panas dan kelompok dinding yang didasarkan pada ketentuan ASHRAE Fundamental Handbook.
- Spesifikasi dan tata letak lampu, spesifikasi peralatan elektronik yang digunakan dan asumsi kapasitas penghuni ruangan.
- Asumsi aktivitas dan lama aktivitas penghuni ruangan serta asumsi kapasitas penghuni ruangan.

#### 2. Perhitungan Beban Kalor

Dari data-data yang diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan perolehan beban kalor ruang Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Perhitungan dilakukan pada bulan juni, September dan desember tiap jam dari pukul 07.00-17.00 dengan metode CLTD. Perhitungan ini dapat menunjukkan

pola naik turunnya beban kalor pada tiap jam perharinya dan pada jam-jam berapa beban kalor puncak terjadi untuk menentukan kapasitas mesin AC yang akan digunakan. Metode CLTD (*Cooling load temperature differential*) menurut ASHRAE Fundamental Handbook dengan menggunakan sistem *hourly* (perjam), artinya beban kalor akan dihitung tiap jamnya dalam satu hari.

Dalam perhitungan beban pendingin ditetapkan untuk kondisi perancangan, temperatur dalam ruangan adalah 25°C dan temperatur luar ruangan 34°C sesuai ketentuan standar konversi energi. Perhitungan beban kalor dilakukan pada bulan-bulan yang sudah ditentukan di mana pada bulan-bulan itulah matahari berada pada titik-titik kritisnya, yaitu:

- 22 juni : matahari berada di belahan bumi utara (23<sup>1/2</sup>°LU)
- 23 september: matahari berada di daerah katulistiwa
- 22 desember: matahari berada di belahan bumi selatan (23<sup>1/2</sup>°LS)

### 3. Penentuan Daya AC yang Akan Dipasang

Setelah perhitungan beban kalor selesai selanjutnya hasil perhitungan digunakan untuk menentukan daya AC yang akan digunakan pada Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

## IV. HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

### A. Perhitungan Beban Kalor

#### 1. Beban Kalor dari Luar Ruang (*Outdoor Load*)

##### a. Beban Kalor Sinar Matahari Melalui Atap

Bila ruang tingkat bawah tidak dikondisikan, kehilangan kalor melalui permukaan-permukaan yang ada dibagian bawah seringkali diabaikan. Bila ruangan tingkat bawah dikondisikan, perambatan kalor yang hilang didasarkan pada

hambatan termal dinding, kaca, suhu ruangan yang dikondisikan dan termal atau beban kalor atap diabaikan karena tidak terkena radiasi matahari secara langsung (Stoecker, 1982: 62).

### b. Beban Kalor Sinar Matahari Melalui Dinding/Permukaan tidak Tembus Cahaya

Dinding pada ruangan Aula Teknol Fakultas Teknik UNM terbuat dari batu bata pelapis 100 mm<sup>2</sup> dengan penyekat 100 mm dan plaster luar-dalam. Pada penelitian ini beban kalor dinding yang diperhitungkan adalah beban kalor dinding sebelah utara dan selatan, sementara beban kalor dinding sebelah barat dan timur diabaikan sebab tidak terkena radiasi langsung dan dianggap partisi.

Koefisien perpindahan panas untuk dinding tersebut adalah:

$$\begin{aligned} U &= 1/R_{\text{total}} \\ &= 1/2,393 \\ &= 0,418 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \end{aligned}$$

Harga Cooling load temperature differential (CLTD) adalah:

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_{\text{CORR U}} &= 3,25 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{CLTD}_{\text{CORR S}} &= 4,25 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} Q_{D_u} &= U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{CORR}} \\ &= 0,418 \cdot 40,98 \cdot 3,25 \\ &= 55,67 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{D_s} &= U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{CORR}} \\ &= 0,418 \cdot 23,8 \cdot 4,25 \\ &= 42,28 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jadi beban kalor total untuk dinding adalah:

$$\begin{aligned} Q_{D_{\text{total}}} &= Q_u + Q_s \\ &= 55,67 + 42,28 \\ &= 97,96 \text{ Watt} \end{aligned}$$

### c. Beban Kalor Sinar Matahari Melalui Kaca/Permukaan Tembus Cahaya

Beban kalor dari sinar matahari secara langsung, terjadi karena proses

penyerapan dan transmisi sinar matahari ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui kaca. Kaca yang digunakan adalah kaca tunggal lembaran biasa dengan ketebalan 3 mm dan tanpa peneduh dalam.

Pada penelitian ini beban kalor kaca yang diperhitungkan adalah beban kalor kaca sebelah utara dan selatan karena hanya pada bagian utara dan selatan yang terdapat kaca.

#### 1) Secara Radiasi

Berdasarkan tabel 1 (harga SHGF), tabel 10 (harga Sc) dan tabel 12 (harga CLF) diperoleh data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SHGF} &= 100 \text{ W/m} \\ \text{SC} &= 1,00 \\ \text{CLF} &= 0,86 \\ A &= 45,62 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Q_{Kr} &= \text{SHGF} \cdot \text{SC} \cdot A \cdot \text{CLF} \\ &= 100 \cdot 1,00 \cdot 45,62 \cdot 0,86 \\ &= 3923,32 \text{ Watt} \end{aligned}$$

#### 2) Secara Konduksi

$$\begin{aligned} \text{CLTD} &= 4 \text{ W/m} \\ U &= 5,9 \text{ W/m}^2 \\ A &= 45,62 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Q_{Kk} &= U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{corr}} \\ &= 5,9 \cdot 45,62 \cdot 4 \\ &= 1076,63 \text{ Watt} \end{aligned}$$

#### 3) Total beban kalor kaca

Beban kalor total kaca:

$$\begin{aligned} Q_{K_{\text{total}}} &= Q_r + Q_k \\ &= 3923,32 + 1076,63 \\ &= 4999,95 \text{ Watt} \end{aligned}$$

### d. Beban Kalor Partisi

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

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

Di mana:

$$\begin{aligned} U &= 0,08 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \\ A &= 52,51 \text{ m}^2 \\ T_p &= 2,4 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Maka :

$$Q_{\text{partisi}} = 0,08 \cdot 52,51 \cdot 2,4 \\ = 10,08 \text{ Watt}$$

Perbedaan temperatur pada partisi (perbedaan temperatur udara di dalam sebuah ruangan dengan ruangan di sebelahnya). Apabila dua ruangan yang berdampingan memperoleh penyegaran udara (didinginkan), maka perbedaan temperatur antara kedua permukaan dinding partisi yang memisahkan kedua ruangan tersebut dapat dianggap sama dengan nol (Wiranto A, 2005: 63). Dengan demikian beban kalor partisi bisa diabaikan.

## 2. Beban Kalor dari Dalam Ruangan (*indoor Load*)

Beban dari dalam (*internal loads*), sumber-sumber utama perolehan kalor dari dalam ruangan adalah lampu, penghuni, dan peralatan-peralatan yang dioperasikan di dalam ruang. Jumlah perolehan kalor dari dalam ruang yang disebabkan oleh penerangan tergantung pada daya lampu dan jenis atau cara pemasangannya.

### 1) Beban Kalor dari Lampu

Jenis lampu yang digunakan adalah lampu neon dengan daya yang dibutuhkan  $18 \times 25 = 450 \text{ Watt}$ . Untuk lampu neon  $F_s = 1,25$  dan faktor penggunaan ( $F_u$ ) adalah 1,0 jika semua lampu dinyalakan (Tabel 17 halaman 26, ASHRAE *fundamental handbook*).

Jumlah daya lampu:

$$Q_L = Q_i \cdot F_u \cdot F_s \cdot \text{CLF} \\ = 450 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 0,82 \\ = 461,25 \text{ Watt}$$

### 2) Beban Kalor dari Penghuni Ruangan

Dengan kegiatan pertemuan di ruangan maka nilai  $\text{SHG} = 175$  dan  $\text{CLF}$  untuk kalor sensibel (tabel 18, halaman 26, ASHRAE *fundamental handbook*) dan 1 untuk kalor laten.  $\text{SHG}$  diperoleh dari tabel 21, halaman 29,

ASHRAE *fundamental handbook*). Dengan memperhitungkan bahwa setiap  $1 \text{ m}^2$  ditempati oleh 1 orang dalam setiap pertemuan dan dikurangi dengan 30 % dari luas keseluruhan, maka ruangan tersebut maksimal ditempati oleh 205 orang sehingga:

a) Perolehan kalor sensibel

$$Q_{\text{Ps}} = \text{No. SHG} \cdot \text{CLF} \\ = 205 \cdot (100 \cdot 0,5) \cdot 0,49 \\ = 5022,5 \text{ Watt}$$

b) Perolehan kalor laten

$$Q_{\text{Pl}} = \text{No. LHG} \cdot \text{CLF} \\ = 205 \cdot (100 \cdot 0,4) \cdot 1 \\ = 8200 \text{ Watt}$$

c) Total beban kalor penghuni

$$Q_{\text{Ptotal}} = Q_s + Q_l \\ = 5022,5 + 8200 \\ = 13222,5 \text{ Watt}$$

## 3) Beban Kalor dari Peralatan Elektronik

Pada ruangan perkuliahan EJ 106 dilengkapi dengan LCD dengan daya 40 Watt, sehingga:

a) Beban panas sensibel

$$Q_{\text{Es}} = 0,32 \cdot 40 \cdot 0,6 \\ = 7,68 \text{ Watt}$$

b) Beban panas laten

$$Q_{\text{El}} = 0,32 \cdot 40 \\ = 12,8 \text{ Watt}$$

c) Total

$$Q_{\text{Etot}} = 7,68 + 12,8 \\ = 20,48 \text{ Watt}$$

## 4) Beban Kalor dari Ventilasi dan Infiltrasi

Besarnya laju aliran udara infiltrasi ditentukan berdasarkan udara luar yang masuk melalui celah-celah jendela serta melalui pintu yang terbuka. Sedangkan besarnya aliran udara ventilasi ditentukan berdasarkan jumlah orang atau luas lantai dari ruang yang akan dikondisikan. Beban ventilasi dan infiltrasi terbagi dalam beban kalor sensibel dan beban kalor laten.

Besarnya nilai infiltrasi didapat dari persamaan, infiltrasi =  $(1,98 \times \text{jumlah pintu})$

x luas pintu) + (2,5 x luas kaca yang berhubungan dengan udara luar).

$$\begin{aligned} Q_1 &= (1,98 \times \text{jumlah pintu} \times \text{luas} \\ &\quad \text{pintu}) + (2,5 \times \text{luas kaca}) \\ &= (1,98 \times 63,569 \times 3,44) + (2,5 \times \\ &\quad 45,62) \\ &= 547,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### 3. Total beban Kalor dan Kebutuhan Daya AC

Total beban kalor adalah harga beban kalor dari dalam ruangan ditambah beban kalor luar ruangan.

Berlaku rumus:

$$\begin{aligned} Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{D total}} + Q_{\text{K total}} + Q_{\text{Partisi}} + \\ &\quad Q_{\text{L}} + Q_{\text{P total}} + Q_{\text{E total}} + Q_1 \\ &= 97,96 + 4999,95 + 10,08 + \\ &\quad 461,25 + 13222,5 + 20,48 + \\ &\quad 547,03 \\ &= 19359,25 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Effisiensi sebuah mesin pendingin sering dinyatakan dengan istilah COP (*Coefficient Of Performance*) COP didapatkan dari perbandingan antara Kapasitas Pendinginan ( $Q_o$ ) dgn Konsumsi Arus Kompresor (W)

$$\text{COP} = Q_o / W$$

Semakin besar nilai COP semakin efisien sebuah mesin pendingin. Secara umum rata-rata manufaktur AC menuliskan 9000 btu/hr untuk AC 2 PK. Itu artinya jika Kompresor dengan daya 2 PK akan menghasilkan pendinginan sebesar 9000 btu/hr. Maka:

$$\begin{aligned} 1 \text{ PK} &= 0.746 \text{ kW}, 1\text{btu/hr} \\ &= 0.000293071 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi jika AC memiliki kapasitas pendinginan 9000 btu/hr dengan daya input 2 PK maka:

$$\begin{aligned} \text{COP} &= (9000 \times 0.000293071) / 0.746 \\ &= 2.638 / 0.746 \\ &= 3.54 \end{aligned}$$

Daya kompresor AC merk LG model HS-C096QDA3 = 795 Watt sehingga kemampuan tiap AC dalam mengambil beban kalor dalam ruangan untuk dibuang ke lingkungan adalah:

$$Q_o = W \cdot (\text{COP}) = 2814,3 \text{ Watt}$$

Sehingga:

$$n = \frac{Q_{\text{Total}}}{Q} = \frac{19359,25}{2814,3} = 6,88$$

Artinya ruangan tersebut seharusnya dipasang AC 7 buah dengan daya AC 2 PK setiap AC.

### B. Pembahasan

Beban kalor total ruangan diperoleh dari beban kalor dari luar ruangan diantaranya beban kalor dinding, Beban kalor kaca dan beban kalor partisi. Sementara beban dari dalam ruangan diantaranya beban kalor penghuni ruangan, beban kalor dari penerangan/lampu, beban kalor barang elektronik yang terdapat dalam ruangan dan beban kalor infiltrasi.

Besarnya perolehan beban kalor dari suatu ruangan yang dikondisikan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah salah satu faktor yang paling berpengaruh adalah banyaknya penghuni dalam ruangan yang dikondisikan. Semakin banyak jumlah penghuni dari ruangan yang dikondisikan maka semakin banyak pula perolehan kalor ruangan tersebut.

Dengan memperhitungkan bahwa setiap 1 m<sup>2</sup> ditempati oleh 1 orang dalam setiap pertemuan dan dikurangi dengan 30 % dari luas keseluruhan, maka ruangan tersebut maksimal ditempati oleh 205. Berikut ini tabel hasil perhitungan beban kalor dari ruangan aula teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

Tabel 1. Hasil perhitungan beban kalor

No	Jenis Beban Kalor	Besarnya Beban Kalor (Watt)
1	Dinding	97,96
2	Kaca	4999,95
3	Partisi	10,08
4	Lampu	461,25
5	Penghuni	13222,5
6	Peralatan Elektronik	20,48
7	Infiltrasi	547,03
<b>TOTAL</b>		<b>19359,25</b>

Berdasarkan pada tabel di atas maka dapat diketahui bahwa besar beban kalor dinding dari ruangan tersebut adalah 97,96 Watt, Beban kalor kaca adalah 4999,95 Watt dan beban kalor partisi adalah 10,08 Watt. Sementara beban dari dalam ruangan diantaranya beban kalor penghuni ruangan besarnya adalah 13222,5 Watt, beban kalor dari penerangan/lampu adalah 461,25 Watt, beban kalor barang elektronik yang terdapat dalam ruangan adalah 20,48 dan beban kalor infiltrasi adalah 547,03 Watt. Dengan demikian total beban kalor ruangan aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar dengan jumlah penghuni adalah 19359,25 Watt. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan maka diketahui bahwa ruangan tersebut seharusnya dipasang AC 7 buah dengan daya AC masing-masing 2 PK setiap AC.

#### V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan diperoleh beban kalor ruangan aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar dengan jumlah penghuni maksimal 205 orang adalah 19359,25 Watt. Sehingga diketahui bahwa ruangan tersebut seharusnya dipasang AC 7 buah dengan daya AC masing-masing 2 PK setiap AC.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Althouse, Turnquist, Bracciano, 2003. *Modern Refrigeration & Air Conditioning*, Instructor Manual with answer Key, The Goodheard-Willcox Company, USA
- Arismunandar W, Saito H. 1986. *Penyegaran udara*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Ashrae. 1997. *Fundamental Handbook*. USA
- Carrier : *Handbook Of Air Conditioning System Design*, 1965, McGraw- Hill Company.
- Faye C. McQuiston, Jerald D.Parker : *Heating, Ventilating, And Air Conditioning, Analysis and Design* ; 1994 ; John Wiley & Sons, Inc.
- Norman C. Harris: *Modern Air Conditioning Practice*; Third Edition 1983, McGraw-Hill International Editions.
- Shan K.Wang: *Handbook Of Air Conditioning And Refrigeration* ; 1994 : McGraw-Hill, Inc.