

Perhitungan Ulang Beban Pendinginan Pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III Kementerian Kehutanan Jakarta

Sabaruddin Harahap, Abdul Hamid, Imam Hidayat

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email. sabaruddinharahap@rocketmail.com

Abstrak -- Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti diresmikan sejak 24 Agustus 1983 yang merupakan salah satu ruang yang multifungsi diantaranya sebagai ruang rapat/kongres, seminar, wisuda, pameran dan pegelaran, serta resepsi pernikahan. Perhitungan beban pendinginan pada gedung ini menggunakan metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference). Perhitungan beban pendinginan berdasarkan data sekunder yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan kapasitas beban pendinginan terpasang. Dari hasil perhitungan beban pendingin di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas mesin AHU (Air Handling Unit) yang terpasang belum mencukupi dalam memenuhi kebutuhan sistem penyegaran udara pada ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabhakti Kementerian Kehutanan RI.

Kata Kunci: Beban pendinginan, set point, Air Handling Unit.

Abstract -- Mangala Wanabakti Auditorium Hall inaugurated since August 24, 1983, which is one multifunctional space such as conference / congress, seminars, graduation, exhibitions and performances, as well as wedding receptions. Cooling load calculation on this building using CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method. Cooling load calculation based on secondary data results are then compared with the installed capacity of the cooling load. Based on calculation of the cooling load can be concluded that the capacity of the machine AHU (Air Handling Unit) installed yet sufficient to meet the needs of air refresher system in the Mangala Wanabhakti Auditorium Hall of Ministry of Forestry .

Keywords: Cooling load calculation, Set Point, Air Handling Unit.

1. PENDAHULUAN

Pengondisian udara adalah perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang diperlukan oleh orang yang berada di dalam suatu ruangan. Selain itu, pengondisian udara dapat didefinisikan suatu proses mendinginkan udara sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang ideal.

Pada saat ini AC (*Air Conditioning*) sudah banyak dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari dan sudah menjadi kebutuhan yang harus dipenuhi, salah satunya adalah pada gedung perkantoran dan auditorium, karena selain untuk mendapatkan kondisi udara yang nyaman, juga dapat meningkatkan produktifitas manusia. Dalam pemasangan dan penggunaannya, sistem tata udara memerlukan biaya yang tidak sedikit. Pemakaian tata udara yang tidak tepat dengan kebutuhannya akan mengakibatkan pemborosan, baik itu energi maupun biaya yang cukup mahal. Setiap

bangunan atau ruangan selain mempunyai kondisi beban pendinginan puncak juga mempunyai beban total pendinginan ruangan, yang biasanya berubah-ubah setiap jamnya. Berdasarkan hal tersebut, suatu gedung atau ruangan yang akan dikondisikan dengan memasang sistem tata udara maka perlu diketahui terlebih dahulu beban maksimum dan beban parsial yang ada dan harus ditanggulangi dengan tepat agar dapat dipakai peralatan yang tepat untuk dipasang. Sehingga, tidak terjadi pemborosan energi dan biaya, serta kemungkinan kurangnya kapasitas mesin yang menyebabkan tidak tercapainya kondisi yang diinginkan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan perhitungan besaran beban yang tepat pada sistem pengondisian udara dan menentukan beban yang diterima oleh mesin tersebut.

Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti diresmikan sejak 24 Agustus 1983 merupakan salah satu ruang yang multifungsi diantaranya sebagai ruang rapat/kongres,

seminar, wisuda, pameran dan gelar, serta resepsi pernikahan.

Alasan dilakukannya perhitungan ulang beban pendingin pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti ini adalah dikarenakan kondisi awal sistem pengkondisian udara pada gedung ini beroperasi dengan baik dimana *setpoint* suhu di dalam ruangan masih dapat tercapai sesuai dengan kondisi di lapangan. Namun saat ini, kondisi suhu udara pada ruang Auditorium saat digunakan pada acara-acara tidak sesuai dengan set point suhu yang diharapkan sehingga para penghuni/ pengguna merasa kurang nyaman. Hal ini diperkuat dengan adanya komplain dan keluhan dari para pengguna ruang Auditorium.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menghitung ulang beban pendinginan dan membandingkan jumlah beban pendingin hasil perhitungan dengan kondisi yang terpasang pada sistem pengkondisian udara ruang Auditorium gedung Manggala Wanabakti Blok III Kementerian Kehutanan Jakarta.

2. TEORI DASAR

Sistem Pengkondisian Udara

Sistem Pengkondisian Udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara suatu ruangan tertentu, mengatur aliran udara dan kebersihannya.

Prinsip Sistem Pengkondisian Udara

Berdasarkan hukum termodinamika pertama, panas Q_1 yang dikeluarkan dari siklus temperatur tinggi sama dengan jumlah panas Q_2 yang dikeluarkan pada temperatur rendah dan kerja W .

$$Q_1 = Q_2 + W \dots \dots \dots (1)$$

Input energi yang dibutuhkan untuk mengangkat panas Q_2 dari temperatur rendah ke temperatur tinggi membutuhkan kerja mekanik.

Sistem pendingin tidak bisa dilepaskan dari terjadinya proses perpindahan panas dimana panas yang diproduksi oleh ruangan yang akan dikondisikan temperaturnya akan diserap oleh sistem pendingin dan kemudian akan dilepaskan ke lingkungan.

Siklus Pendingin

Siklus pendingin terdiri dari empat proses, yaitu:

- 1) Evaporasi (Penguapan)

Merupakan proses pertukaran panas udara ruangan dengan refrigerant. Pada tahap ini terjadi pertukaran kalor di evaporator, dimana kalor dari lingkungan atau media yang didinginkan diserap oleh refrigerant cair dalam evaporator sehingga refrigerant cair yang berasal dari katup ekspansi yang bertekanan dan bertemperatur rendah berubah fasa dari fasa cair menjadi uap yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Maka besar kalor yang diserap oleh refrigerant adalah:

$$Q_C = \dot{m} (h_2 - h_1) \dots \dots \dots (2)$$

dimana

- Q_C : Banyaknya kalor yang diserap di evaporator persatuan waktu (kJ/s)
- \dot{m} : Laju aliran massa refrigerant (kg/s)
- $(h_2 - h_1)$: Efek refrigerasi (kJ/kg)

2) Kompresi

Kompresi memiliki dua fungsi, yaitu: Pertama, untuk menghisap refrigerant dari evaporator dan menekannya ke kondenser. Kedua, untuk meningkatkan tekanan refrigerant. Pada tahap ini terjadi di kompressor dimana refrigerant yang berfasa uap dengan temperatur dan tekanan rendah dikompresi secara isotropic sehingga temperatur dan tekanannya menjadi tinggi, besar kapasitas pemanasan dapat ditulis dengan persamaan :

$$Q_W = \dot{m} (h_3 - h_2) \dots \dots \dots (3)$$

dimana

- Q_W : Kapasita pemanasan persatuan waktu (kJ/s)
- \dot{m} : Laju aliran massa refrigerant (kJ/s)
- $(h_3 - h_2)$: Kerja kompresi (kJ/kg)

3) Kondensasi (Pengembunan)

Memiliki dua fungsi, yaitu: Pertama, untuk membuang panas yang disimpan refrigerant pada evaporator. Kedua, untuk mengubah fasa refrigerant dari uap menjadi cairan. Pada tahap ini terjadi didalam kompressor, dimana panas dari refrigerant yang berfasa uap dari kompressor dibuang ke lingkungan sehingga refrigerant tersebut mengalami kondensasi. Pada tahap ini terjadi perubahan fasa dari fasa uap superheat menjadi fasa cair jenuh, pada fasa cair jenuh ini tekanan dan temperaturnya masih tinggi. Besarnya kalor yang dilepaskan di kondensor adalah:

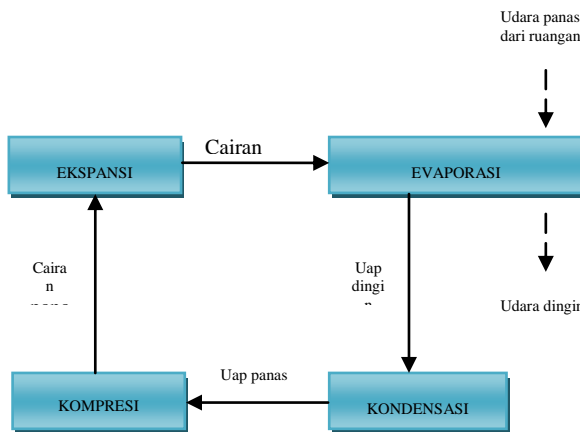
$$q_c = h_3 - h_4 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana

- q_c : Kalor yang dilepas di kondensor (kJ/kg)
- h_3 : Entalpi refrigerant yang keluar dari kompresor (kJ/kg)
- h_2 : Entalpi refrigerant cair jenuh (kJ/kg)

4) Ekspansi

Mengubah cairan refrigerant yang panas menjadi cairan yang dingin dengan menurunkan tekanannya. Pada tahap ini terjadi di katup ekspansi dimana refrigerant diturunkan tekanannya yang diikuti dengan turunnya temperatur entalpi.



Gambar 1. Siklus Pendingin

3. METODOLOGI

Perhitungan beban pendinginan ini menggunakan metode metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*). Perhitungan beban pendinginan berdasarkan data sekunder yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan kapasitas beban pendinginan terpasang.

Data sekunder yang dipakai meliputi:

- Luas lantai, luas permukaan bangunan, volume bangunan, luas permukaan kaca, masing-masing dibedakan antara yang dikondisikan dan tidak.
- Luas permukaan selubung/fasade, terdiri dari luas dinding dan kaca.
- Luas tiap-tiap material bangunan arah hadapnya.
- Jenis bahan, tebal material selubung bangunan dan atap.
- Nilai U untuk material yang digunakan baik dinding, kaca dan atap.
- Nilai koefisien peneduh (SC).

Prosedur yang ditempuh dalam penelitian ini antara lain:

- Observasi langsung untuk pengambilan data pada ruang yang dikondisikan dengan sistem pendingin dengan memperhatikan beban internal dan eksternal dengan dasar teori pada sumber pustaka yang ada.
- Pengolahan data dan perhitungan data.
- Evaluasi hasil perhitungan jumlah beban pada mesin terpasang dengan hasil data dilapangan.
- Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa data didapatkan dari data sekunder. Tabel 1 memperlihatkan data ruangan yang dianalisa.

Tabel 1. Data Ruangan

| DATA RUANGAN | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Luas Lantai | 4.448,81 m ² |
| Tinggi ruangan (Tinggi tembok) | 9,34 m |
| Tinggi ruangan (Lantai sampai plafon) | 11,74 m |

Waktu pengoperasian ruang perkantoran dimulai pada pukul 06.00 WIB sampai dengan pukul 20.00 WIB.

Penerangan untuk ruangan menggunakan jenis lampu yang berbeda-beda tergantung fungsi dan letak penempatan lampu dengan lama operasi sebanyak 12 jam atau sama dengan jam operasional kantor. Data lampu penerangan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data lampu Penerangan

| DATA LAMPU | | |
|--------------|---------------------------------|----------|
| NO | JENIS LAMPU | JUMLAH |
| 1 | Center Pin Spot Light 2000 Watt | 1 Unit |
| 2 | Mercury 1400 Watt | 155 Unit |
| 3 | Floor Receptacle 3500 Watt | 2 Unit |
| 4 | Ceiling Spot Light 1000 Watt | 12 Unit |
| 5 | Foot Light 60 Watt | 72 Unit |
| 6 | Border Light 150 Watt | 72 Unit |
| 7 | Suspension Light 500 Watt | 8 Unit |
| 8 | Lower Horison Light 100 Watt | 117 Unit |
| 9 | Down Light 100 Watt | 65 Unit |
| 10 | Reflector Lamp 300 Watt | 126 Unit |
| Jumlah Lampu | | 630 Unit |

Dalam ruang perkantoran khususnya ruang Auditorium tentu tidak terlepas dari penggunaan alat perkantoran. Penggunaan peralatan tersebut tentu menghasilkan kalor yang harus diperhitungkan dalam perhitungan beban pendingin. Tabel 3 memperlihatkan data peralatan yang digunakan.

Table 3. Data Peralatan

| DATA PERALATAN | | |
|----------------|------------------|---------|
| NO | NAMA ALAT/BARANG | JUMLAH |
| 1 | Laptop | 2 Unit |
| 2 | Proyektor | 2 Unit |
| 3 | Speaker Aktif | 6 Unit |
| 4 | Mixer 24 Channel | 1 Unit |
| 5 | Amplifire | 7 Unit |
| 6 | Speaker Ceiling | 4 Unit |
| 7 | Microphone | 10 Unit |
| 8 | Kamera CCTV | 1 Unit |
| 9 | Video Shooting | 1 Unit |

Manusia dalam aktifitasnya tentu mengeluarkan kalor dari dalam tubuhnya yang harus diperhitungkan dalam perhitungan beban pendingin. Asumsi jumlah penghuni sebanyak 1.250 orang yang rinciannya terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Jumlah Penghuni

| DATA PENGHUNI RUANGAN | | |
|-----------------------|--------------------------------|-------------|
| NO | PENGHUNI | JUMLAH |
| 1 | Tamu undangan acara yang hadir | 1.150 Orang |
| 2 | Tim Pengelola Gedung | 25 Orang |
| 3 | Tim Pushumas Kehutanan | 8 Orang |
| 4 | Tim Cleaning Service | 20 Orang |
| 5 | Karyawan yang bertugas | 15 Orang |
| 6 | Tim Kesenian | 17 Orang |
| 7 | Dan lain-lain | 15 Orang |
| Jumlah | | 1.250 Orang |

Kapasitas mesin terpasang untuk ruang auditorium dengan 4 unit AHU adalah: 201,08 TR atau setara dengan 268,1 PK dengan daya sebesar 200 kW.

Untuk menghitung semua beban terutama beban eksternal akan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: letak dan

posisi gedung berada yang akan berpengaruh pada iklim, jenis bahan yang dipakai dalam konstruksi bangunan serta temperatur lingkungan

Dalam menentukan perolehan kalor, dasar yang dipakai pada beban terpanas dari rata-rata beban terpanas dalam satu tahun (ASHRAE, 2001) dan (Handbook, 1965). Langkah-langkah perhitungan beban:

- Penentuan letak dan posisi gedung
- Penentuan dimensi ruangan
- Menentukan kondisi rancangan yang terdiri dari :
 - a. Temperatur basah (wet temperature)
 - b. Temperatur kering (dry temperature)
 - c. Kelembaban
- Menentukan temperatur maksimal di luar sebagai acuan dari perhitungan beban
- Menganbil data beban yang diperlukan baik untuk beban internal maupun eksternal
- Menghitung beban pendingin

Dari data sekunder yang ada dapat dihitung Beban Pendinginan maksimum ruangan auditorium. Hasil perhitungan terlihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 5. Jumlah Beban Pendinginan

| Jenis Perhitungan Beban Kalor | kcal/jam | kJ/jam | |
|---|---|-------------------|--------------|
| Perhitungan Beban Kalor Sensibel Daerah Parimeter | | | |
| 1 | Tambahan kalor oleh transmisi radiasi matahari melalui jendela | 1.167,075 | 4.886,309 |
| 2 | Beban transmisi kalor melalui jendela | 1.185,03 | 4.961,484 |
| 3 | Infiltrasi beban kalor sensibel | 15.042 | 62.977, 846 |
| 4 | Beban transmisi kalor melalui dinding dan atap | 132.892,75 | 556.395, 366 |
| 5 | Beban kalor tersimpan dari ruangan dengan penyegaran udara (pendinginan) terputus-putus | 15.028,685 | 62.922,1 |
| Sub Total | | 165.315,54 | 692.143,103 |

Tabel 6. Jumlah Beban Pendinginan (Lanjutan)

| Beban Kalor Laten Daerah Parimeter | | | |
|--|---|-------------------|---------------|
| 1 | Beban kalor laten oleh infiltrasi | 393.074,6 | 1.645.724,735 |
| Beban Kalor Sensibel Daerah Interior | | | |
| 2 | Beban kalor dari partisi | 348,614 | 1.459,577 |
| 3 | Beban kalor dari langit-langit | 12.223,249 | 51.176,299 |
| 4 | Beban kalor dari lantai | 9.858,633 | 41.276,125 |
| Sub Total | | 22.430,496 | 93.912 |
| Beban Kalor Sensibel Karena Adanya Sumber Kalor Interior | | | |
| 1 | Beban kalor sensibel dari penghuni | 56.062,5 | 234.722,475 |
| 2 | Beban kalor sensibel dari peralatan | 9,384 | 39,290 |
| 3 | Beban kalor sensibel dari lampu penerangan | 269,295 | 1.127,484 |
| Sub Total | | 56.341,18 | 235.889,252 |
| Beban Kalor Laten Daerah Interior | | | |
| 1 | Beban kalor laten dari penghuni (sumber penguapan interior) | 31.395 | 131.444,586 |

Tabel 7. Jumlah Beban Pendinginan (Lanjutan)

| Beban Kalor Sensibel Mesin | | | |
|--------------------------------------|---|-------------------|---------------------|
| 1 | Tambahan kalor (heat gain) sensibel oleh udara luar masuk | 36.363,64 | 152.247,29 |
| 2 | Kenaikan beban oleh kebocoran saluran udara | 42.666,194 | 178.634,821 |
| Sub Total | | 79.029,834 | |
| Beban Kalor Laten Mesin | | | |
| 1 | Beban kalor laten mesin oleh udara luar masuk | 50,91 | 213,149 |
| 2 | Kenaikan beban oleh kebocoran saluran udara | 61.966,1 | 259.439,605 |
| Sub Total | | 61.556,218 | 257.723,573 |
| Jumlah Perhitungan Beban Pendinginan | | 809.142,87 | 3.387.719,37 |

Total Beban Pendinginan Pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kalor beban} &= 809.142,87 \text{ kcal/jam} \\ \text{Safety factor} &= 809.142,87 \text{ kcal/jam} \times 5\% \\ &= 40.457,14 \text{ kcal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga Jumlah beban pendinginan,} \\ &= 809.142,87 \text{ kcal/jam} + 40.457,14 \text{ kcal/jam} \\ &= 849.600 \text{ kcal/jam} = 3.557.105,28 \text{ kJ/jam} \\ &= 3.371.205,6 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Perhitungan beban} = 849.600 \text{ kcal / jam} \times \frac{12.000 \text{ Btu / jam}}{3024,2 \text{ kcal / jam}}$$

Dipasaran kompresor 1 PK biasanya diperhitungkan 9.000 Btu/jam, maka :

$$\begin{aligned} \text{Kompresor yang dibutuhkan sebesar} \\ &= \frac{3.371.205,6 \text{ Btu / jam}}{9000 \text{ Btu/jam}} \\ &= 374,58 \text{ PK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sedangkan daya listrik yang dibutuhkan} \\ &= 374,58 \text{ PK} \times 746 \text{ Watt} \\ &= 279.435,49 \text{ Watt} \\ &= 279,435 \text{ kW} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} 1 \text{ TR} &= 12.000 \text{ Btu / jam} \\ &= 3.024,2 \text{ Kcal / jam} \\ &= 3,5167 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kapasitas Pendingin hasil perhitungan pada ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III adalah 374,58 PK dengan daya listrik sebesar 279,435 kW, sedangkan Kapasitas beban mesin terpasang pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III yang terdiri dari 4 (empat) unit AHU (Air Handling Unit) adalah 268,1 PK dengan daya listrik sebesar 200 kW.

Sehingga dari perhitungan kapasitas beban pendinginan di atas dapat diketahui selisih kapasitas beban yang terpasang dengan beban pendingin hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \text{Kapasitas beban terpasang} - \text{Kapasitas} \\ &\text{beban pendingin hasil analisa} \\ &= 374,58 \text{ PK} - 268,1 \text{ PK} = 113,48 \text{ PK.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dan selisih daya listrik} \\ &= 279,435 \text{ kW} - 200 \text{ kW} = 79,435 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dengan demikian dari hasil perhitungan beban pendingin di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas mesin AHU (Air Handling Unit) yang terpasang belum mencukupi kebutuhan yang ada.

5. KESIMPULAN

Jumlah total beban pendinginan pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabhakti pada beban puncak sebesar 3.387.719,37 kJ/jam (374,58 PK) dengan kebutuhan daya listrik sebesar 279,435 kW, sedangkan Kapasitas beban mesin terpasang pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabhakti Blok III yang terdiri dari 4 (empat) unit AHU (Air Handling Unit) adalah 268,1 PK dengan kebutuhan daya listrik sebesar 200 kW. Sehingga terjadi kekurangan beban pendinginan sebesar 113,48 PK dan kekurangan kebutuhan daya listrik sebesar 79,435 kW.

Berdasarkan hasil perhitungan beban pendingin di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas mesin AHU (*Air Handling Unit*) yang terpasang belum mencukupi dalam memenuhi kebutuhan sistem penyegaran udara pada

ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabhakti Kementerian Kehutanan RI.

DAFTAR PUSTAKA

- America Society of Heating Refrigerant and Air Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook Fundamental. Atlanta. 2001.
- Arismunandar, Wiranto dan Heizo Saito., *Penyegaran Udara*, Cet. 6. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2002.
- Handbook of Air Conditioning System Design, Carrier Air Conditioning Company. McGraw-Hill Company, 1965.
- Pita, Edward.G., *Air Conditioning Principles and System an Energy Approach*, John Wiley & Sons, New York, 1981.
- Stoecker, W.F and Jones, J.W. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Edisi ke-2. Terjemahan oleh Ir. Supratman Hara. Jakarta : Erlangga, 1989
- Sumanto. *Dasar-dasar Mesin Pendingin*. Yogyakarta: Andi., 1994.
- Sunarno. *Mekanikal Elektrikal*, Edisi ke-1. Yogyakarta: Andi, 2005