



Perencanaan Kebutuhan Pendinginan Udara Auditorium Universitas Ivet

✉ Suyanto, Riyanto Wibowo

Fakultas Kemaritiman, Universitas IVET, Indonesia

Info Articles

Sejarah Artikel:

Disubmit Mei 2020

Direvisi Juni 2020

Disetujui Juli 2020

Keywords:

AC power; amount of heat; cooling load

Abstrak

Kebutuhan pendinginan udara saat ini dirasa penting, terutama untuk pendinginan ruang pertemuan dan auditorium. Dengan demikian kondisi udara yang sejuk dan nyaman dapat dihadirkan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan beban pendinginan udara di Auditorium Universitas Ivet. Metode yang dilakukan adalah dengan menghitung besarnya kalor yang berasal dari luar ruangan dan dalam ruangan. Besarnya kalor dari ruangan adalah kalor dari panas matahari yang merambat melalui dinding, atap, jendela kaca dan pintu. Kalor yang berasal dari dalam ruangan bersumber dari manusia sebagai penghuni, lampu, dan peralatan elektronik lainnya. Dari hasil analisa data bisa ditentukan bahwa beban pendinginan Auditorium Universitas Ivet adalah sebesar 111100Watt atau setara dengan 379073 Btu/hr. Total daya AC yang dibutuhkan untuk mendinginkan ruangan adalah 42 PK.

Abstract

The need for air cooling is currently considered important, especially for cooling meeting rooms and auditoriums. Thus the cool and comfortable air conditions can be presented. This research was conducted to determine the air cooling load in the Ivet University Auditorium. The method used is to calculate the amount of heat that comes from outdoors and indoors. The amount of heat from the room is the heat from the sun's heat that propagates through walls, roofs, glass windows and doors. The heat that comes from inside the room is sourced from humans as occupants, lights, and other electronic equipment. From the results of data analysis it can be determined that the cooling load of Ivet University Auditorium is 11,1100 Watts or equivalent to 379073 Btu / hr. The total AC power needed to cool the room is 42 PK.

✉ Alamat Korespondensi:
E-mail: suyantoeste@yahoo.com

p-ISSN 2715-0305

PENDAHULUAN

Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara adalah pengaturan suhu dan kelembaban udara suatu ruangan sesuai dengan yang diinginkan. Indonesia sebagai negara yang berada di daerah tropis mempunyai suhu udara yang relatif panas, dengan kelembaban udara yang cukup tinggi. Karena itu penggunaan AC (Air Conditioner) banyak kita jumpai di perkantoran, pertokoan, maupun rumah tinggal. Zona temperatur nyaman orang Indonesia yang berada di daerah tropis adalah sekitar $25^{\circ}\text{C} \pm 10\%$. Kelembaban udara relatif dalam perencanaan umum adalah sebesar $55\% \pm 10\%$.

Kondisi udara yang diinginkan bisa diperoleh dengan bantuan pendingin udara atau AC. Proses pendinginan yang terjadi adalah udara panas di suatu ruangan karena dia lebih ringan maka berada di bagian atas. Udara ini masuk dihisap melewati evaporator atau indoor AC. Pada bagian ini terjadi perpindahan panas dimana kalor udara berpindah ke refrigerant ketika melewati koil pendingin pada evaporator, sehingga udara mengalami pendinginan. Kemudian udara yang sudah mengalami pendinginan ditiupkan ke ruangan dengan bantuan kipas indoor, sehingga ruangan berangsur-angsur menjadi dingin.

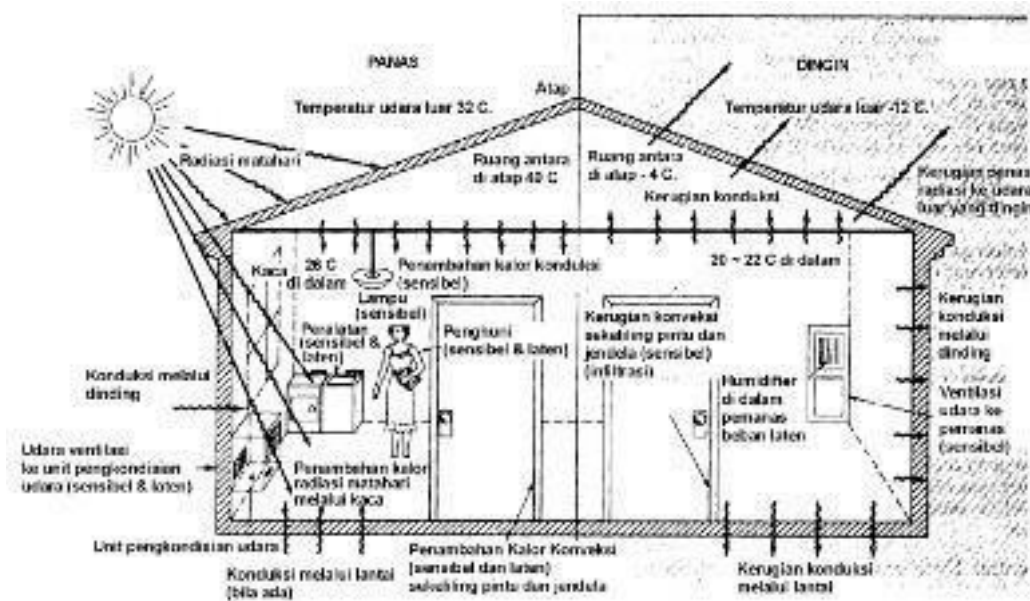
Komponen dan Prinsip Kerja AC

Secara garis besar AC mempunyai empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, pipa kapiler atau katup ekspansi, dan evaporator. Kompresor berfungsi menaikkan tekanan refrigerant atau freon. Freon yang masuk ke dalam kompresor berwujud gas bertekanan rendah dan bersuhu rendah mengalami kompresi sehingga tekanannya naik, suhunya naik, namun wujudnya tetap berupa gas. Kondensor berfungsi merubah wujud freon dari gas menjadi cair. Freon masuk ke dalam kondensor pada kondisi tekanan tinggi, wujud gas, dan suhu tinggi. Di dalam kondensor dengan disain berupa pipa berkelok-kelok atau koil dan bantuan kipas blower, kalor freon sebagian berpindah ke lingkungan, dan suhu freon dalam kondensor turun. Sehingga pada kondisi tersebut freon berangsur-angsur mengalami pengembunan dan menjadi cair seluruhnya. Ketika keluar kondensor kondisi freon berwujud cair bertekanan tinggi dan bersuhu masih tinggi.

Pipa kapiler atau katup ekspansi berfungsi menurunkan tekanan freon secara drastis. Akibat dari penurunan tekanan secara drastis ini maka suhu freon juga turun secara drastis. Freon keluar dari pipa kapiler atau katup ekspansi pada kondisi wujud cair bertekanan rendah dan bersuhu rendah. Evaporator berfungsi sebagai penukar panas atau heat exchanger. Evaporator atau sering disebut bagian indoor AC menyerap panas dari udara ruangan, sehingga udara di ruangan menjadi dingin, dan freon dalam evaporator mengalami kenaikan suhu. Karena suhu freon mengalami kenaikan, pada kondisi ini freon yang sebelumnya berwujud cair berubah menjadi gas atau mengalami penguapan.

Beban Pendinginan Ruangan

Beban Kalor dalam sistem pendinginan udara terdiri dari beban pendinginan luar, beban pendinginan dalam, beban kalor ruangan, beban kalor dari udara luar yang masuk, beban blower dan motor, serta beban kebocoran. Beban pendinginan luar adalah beban kalor yang masuk ke ruangan melalui dinding, kaca, atap, dan lantai. Besarnya kalor yang masuk melalui dinding dipengaruhi oleh konduktifitas termal bahan dinding, luas dinding, dan perbedaan suhu luar dan dalam ruangan.



Gambar 1. Beban Pendinginan Ruangan

Nilai kalor yang masuk ke dalam ruangan melalui dinding ($Q_{dinding}$) bisa dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{dinding} = A_{dinding} \cdot U_{dinding} \cdot (T_{d1} - T_{d2})$$

Dimana $A_{dinding}$ adalah luas dinding, $U_{dinding}$ adalah konduktifitas termal dinding, T_{d1} adalah suhu luar ruangan, dan T_{d2} adalah suhu dalam ruangan. Nilai konduktifitas termal dinding bisa dihitung dengan persamaan berikut :

$$U = \frac{1}{\frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h}}$$

Dimana l adalah tebal dinding, λ adalah koefisien konduksi bahan, dan h adalah koefisien konveksi bahan. Nilai kalor yang masuk kedalam ruangan melewati kaca, atap, dan lantai dihitung dengan cara yang sama. Beban pendinginan luar atau kalor total yang berasal dari luar ruangan diperoleh dengan menjumlahkan kalor-kalor yang melalui dinding, kaca, atap, dan lantai, dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{total\ luar} = Q_{dinding} + Q_{kaca} + Q_{atap} + Q_{lantai}$$

Beban pendinginan dalam adalah beban dari kalor yang berasal dari dalam ruangan. Kalor tersebut berupa kalor dari lampu, kalor dari penghuni, dan kalor dari peralatan elektronik lainnya. Sehingga kalor dalam total bisa dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{total\ dalam} = Q_{lampu} + Q_{penghuni} + Q_{peralatan}$$

Selanjutnya beban pendinginan total merupakan total jumlah beban ruangan yang terdiri dari beban total pendinginan luar dan beban total pendinginan dalam. Beban pendinginan total dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$Q_{total} = Q_{total\ luar} + Q_{total\ dalam}$$

METODE



Gambar 2. Auditorium Universitas Ivet

Penelitian ini dilakukan di Auditorium Universitas Ivet Semarang. Penelitian dilakukan dengan metode observasi lapangan. Dari observasi tersebut diperoleh data-data ukuran ruangan, ukuran dan jenis bahan dinding, jendela, dan pintu, ukuran dan jenis bahan atap, ukuran dan jenis bahan lantai, kapasitas orang yang menempati ruangan, jumlah dan ukuran lampu yang digunakan, jenis dan jumlah peralatan elektronik lain yang digunakan.

Kemudian dilanjutkan dengan metode kajian pustaka untuk menganalisa data yang ada melalui perhitungan. Perhitungan meliputi perhitungan kalor luar, kalor dalam, dan kalor total. Beban pendinginan total dijadikan dasara untuk menentukan ukuran AC dan jumlah AC yang perlu digunakan sebagai alat pengkondisian urada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi yang dilakukan di auditorium Universitas Ivet menghasilkan data-data sebagai berikut:

1. Panjang, lebar, dan tinggi ruangan berturut-turut adalah 31 m, 16 m, dan 6 m
2. Dinding berjenis tembok batu bata dengan ketebalan 0,14 m. Dinding tembok sisi depan (A) mempunyai luas $127,2 \text{ m}^2$, sisi belakang (B) mempunyai luas $127,2 \text{ m}^2$, sisi kiri (C) mempunyai luas $74,4 \text{ m}^2$, dan sisik kanan (D) mempunyai luas 96 m^2 .
3. Jendela dan pintu terbuat dari kaca dengan tebal 0,005 m. Jendela dan pintu kaca sisi depan (A) mempunyai luas $58,8 \text{ m}^2$, sisi belakang (B) mempunyai luas $58,8 \text{ m}^2$, sisi kiri (C) mempunyai luas $21,6 \text{ m}^2$.
4. Atap berupa genting tanah liat dengan ketebalan 0,015 m, dengan luas atap 496 m^2
5. Lantai aula mempunyai luas 496 m^2 . Dalam hal ini kalor yang melalui lantai diabaikan.
6. Lampu yang terpasang di auditorium adalah lampu neon dengan daya 50 watt berjumlah 60 buah, dan 100 Watt berjumlah 20 buah.
7. Kapasitas ruangan disediakan untuk 500 orang.
8. Pada kondisi siang hari, suhu di dalam ruangan 29°C , dan suhu di luar ruangan 35°C

Penentuan Daya AC berdasarkan Luas Ruangan

Data ruangan menunjukkan bahwa luas ruangan adalah 496 m^2 . Sehingga dengan cara sederhana bisa ditentukan nilai beban pendinginan ruangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Pendinginan} &= \text{Luas Ruangan} \times 500 \\
 &= 496 \times 500 \\
 &= 248.000 \text{ BTU/hr}
 \end{aligned}$$

AC 1 PK mampu melakukan pendinginan 9000 BTU/hr, maka AC yang dibutuhkan oleh ruangan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= 248.000/9000 \\
 &= 27,5 \text{ PK}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan

1. Kalor dari luar ruangan

a. Menghitung kalor yang masuk melalui dinding tembok

$$U = \frac{1}{\frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{0,14m}{0,8W/mK} + \frac{1}{7,7W/m^2K}}$$

$$U = \frac{1}{0,175m^2K/W + 0,13m^2K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,305m^2K/W}$$

$$U = 3,28W/m^2K$$

Kalor yang merambat melalui dinding tembok adalah :

$$Q_{\text{dinding}} = A_{\text{dinding}} \cdot U_{\text{dinding}} \cdot (T_{d1} - T_{d2})$$

Total luas seluruh dinding tembok (A_{dinding}) adalah 424,8 m², sedangkan perbedaan suhu luar dan dalam ruangan ($T_{d1}-T_{d2}$) adalah 8 °C atau 8K, maka

$$Q_{\text{dinding}} = 424,8 \text{ m}^2 \times 3,28 \text{ W/m}^2\text{K} \times 8\text{K}$$

$$Q_{\text{dinding}} = 11160 \text{ W}$$

b. Menghitung kalor yang masuk melalui Kaca

Kalor Konduksi dan Konveksi (Q_1 kaca)

$$U = \frac{1}{\frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{0,005m}{0,96W/mK} + \frac{1}{7,7W/m^2K}}$$

$$U = \frac{1}{0,005m^2K/W + 0,13m^2K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,135m^2K/W}$$

$$U = 7,4W/m^2K$$

Total luas seluruh jendela kaca (A_{kaca}) adalah 139,2 m², maka kalor konduksi dan konveksi melalui kaca adalah :

$$Q_1 \text{ kaca} = 139,2 \text{ m}^2 \times 7,4 \text{ W/m}^2\text{K} \times 6\text{K}$$

$$Q_1 \text{ kaca} = 6180 \text{ W}$$

Kalor Radiasi Kaca ($Q_2 \text{ kaca}$)

$$Q_2 \text{ kaca} = A \times SC \times SCL \times F_c$$

SC adalah shading coefficient, SCL adalah solar cooling load, dan F_c adalah faktor koreksi.

$$Q_2 \text{ kaca} = 1498,34 \text{ ft}^2 \times 0,59 \times 162 \text{ Btu/hr ft}^2 \times 0,39$$

$$Q_2 \text{ kaca} = 55852 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_2 \text{ kaca} = 16379 \text{ W}$$

$$Q \text{ kaca} = 6180 + 16379 = 22559 \text{ W}$$

c. Menghitung kalor yang masuk melalui atap

$$U = \frac{1}{\frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{0,015 \text{ m}}{0,6 \text{ W/mK}} + \frac{1}{7,7 \text{ W/m}^2\text{K}}}$$

$$U = \frac{1}{0,025 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = \frac{1}{0,155 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 6,45 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Total luas seluruh atap genteng (A_{atap}) adalah 496 m², maka kalor konduksi dan konveksi melalui atap adalah :

$$Q_{\text{atap}} = 496 \text{ m}^2 \times 6,45 \text{ W/m}^2\text{K} \times 6\text{K}$$

$$Q_{\text{atap}} = 19195 \text{ W}$$

Total kalor total yang berasal dari luar ruangan adalah :

$$Q_{\text{total luar}} = Q_{\text{dinding}} + Q_{\text{kaca}} + Q_{\text{atap}} + Q_{\text{lantai}}$$

$$Q_{\text{total luar}} = 8360 \text{ W} + 22559 \text{ W} + 19195 \text{ W} + 0$$

$$Q_{\text{total luar}} = 50114 \text{ W}$$

2. Kalor dari dalam ruangan

a. Kalor lampu

Lampu yang terpasang di aula adalah 50 watt berjumlah 60 buah, maka kalor lampu adalah

$$Q_{\text{lampu}} = 3000 \text{ Watt} \times 1,25 \times 0,85 \times 0,78$$

$$Q_{\text{lampu}} = 2486 \text{ W}$$

b. Kalor Manusia

Kalor sensibel manusia adalah 72W/ orang

Kalor laten manusia adalah 45W/ orang

Dengan jumlah penghuni 500 orang, maka kalor manusia adalah :

$$Q_{\text{manusia}} = 500 \times (72+45)$$

$$Q_{\text{manusia}} = 58500 \text{ W}$$

Beban pendinginan dalam

$$Q_{\text{dalam}} = Q_{\text{lampu}} + Q_{\text{manusia}}$$

$$Q_{\text{dalam}} = 2486 + 58500 = 60986 \text{ W}$$

$$Q_{\text{total pendinginan}} = Q_{\text{luar}} + Q_{\text{dalam}}$$

$$Q_{\text{total}} = 50114 \text{ W} + 60986 \text{ W} = 111100 \text{ W} = 379073 \text{ Btu/hr}$$

Maka AC yang dibutuhkan adalah $379073/9000 = 42 \text{ PK}$

Perhitungan beban pendinginan Auditorium Universitas Ivet dengan menggunakan pertimbangan luas ruangan menghasilkan total daya AC yang dibutuhkan sebesar 27,5 PK. Hasil perhitungan beban pendinginan berdasarkan kalor yang masuk dari luar dan kalor dari dalam menghasilkan daya total AC yang dibutuhkan sebesar 42 PK. Dalam perhitungan dengan cara pertama yaitu mempertimbangkan luas ruangan, diasumsikan tinggi ruangan berkisar 3 meter. Dalam perhitungan dengan cara kedua, semua data ukuran ruangan dihitung sesuai dengan kondisi ukuran yang ada, sehingga didapatkan jumlah daya AC yang dibutuhkan lebih besar.

SIMPULAN

Perhitungan beban pendinginan Auditorium Universitas Ivet dengan menggunakan pertimbangan luas ruangan menghasilkan total daya AC yang dibutuhkan sebesar 27,5 PK. Hasil perhitungan beban pendinginan berdasarkan kalor yang masuk dari luar dan kalor dari dalam menghasilkan daya total AC yang dibutuhkan sebesar 42 PK.

DAFTAR PUSTAKA

- Afendi, Ahmad Arif, Puad, Jamil M. Sonhaji, M. 2012, Perhitungan Beban Pendinginan, Pemilihan dan Pemasangan Air Conditioning di Ruang AutoCad, Teknik Mesin, Universitas Diponegoro
- Arismunandar, Wiranto, Saito, Heizo, 1991, Penyebaran Udara, PT Pradya Paramita, Jakarta
- Badan Standar Nasional, 2011, Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung, Jakarta, BSN
- ASHARE Research, 2006. ASHARE Handbook: Refrigeration. Inch Pound Edition
- Bell, Arthur A. 2008, HVAC Equation, Data, and Rules of Thumb, Second Edition. United State of America : The McGraw-Hill Companies
- Sapto Widodo, Syamsul Hasan, 2008. Sistem Refrigerasi dan Tata Udara, Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional