

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Tinjauan Literatur

Kualitas suhu pada daerah kota metropolitan di negara Indonesia kebanyakan kurang memberikan kenyamanan karena udaranya relatif panas berikisar dari 24-34°C, ditambah dengan hembusan udara yang tidak menentu dan buruk nya kualitas udara, khususnya pada gedung tinggi. Maka dari itu dengan keadaan alam yang demikian, maka diperlukan suatu cara untuk mendapatkan kenyamanan dengan menggunakan alat pengkondisian udara.^[2]

Mesin pendingin yang berfungsi sebagai mesin pengkondisian udara (*Air Conditioning*) umumnya digunakan untuk mengkondisikan udara ruangan dengan memanfaatkan efek pendinginan dari evaporator yang memberikan rasa nyaman dan sejuk untuk penghuni, pengunjung atau orang yang bekerja di dalam ruangan tersebut baik di rumah, gedung tinggi, perkantoran dan industri.^[2]

Maka dari itu dalam penggunaan mesin pengkondisian udara harus diketahui terlebih dahulu beban pendinginan setiap ruangan dan lantai pada gedung yang akan di kondisikan udaranya agar mendapatkan kesesuaian beban pendingin dengan kapasitas mesin pendingin yang digunakan agar tercapai suatu efisiensi pendinginan digunakan.

2.2 Sistem Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara adalah usaha mengolah udara untuk mengendalikan temperatur ruangan, kelembaban relatif, kualitas udara, dan penyebarannya, untuk menjaga persyaratan kenyamanan (*comfort*) bagi penghuni.^[5]

Kondisi udara di dalam ruangan untuk perencanaan dipilih sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar. Standar kenyamanan termis di Indonesia yang berpedoman pada standar ANSI 55 dan ASHRAE yang merekomendasikan suhu nyaman $24^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$, atau rentang antara 22°C hingga 26°C dan kelembaban relatif 50% - 60% untuk kenyamanan penghuni. Kondisi udara di luar untuk perencanaan harus sesuai standar yang berlaku, atau digunakan kondisi udara luar dalam standar lain yang disepakati oleh masyarakat profesi tata udara dan refrigerasi.

Sebagai faktor utama untuk menentukan kapasitas pendinginan sistem tata udara dan refrigerasi, perhitungan perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan hati-hati dan sangat cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan maksimum yang terlampaui konservatif, atau terlalu besar faktor keamanannya, akan menyebabkan penentuan kapasitas mesin pendingin yang terlampaui besar. Akibatnya, pada beban parsial, mesin pendingin akan beroperasi jauh di bawah kapasitasnya. Kondisi ini umumnya akan menyebabkan pemakaian energi yang kurang efisien bagi mesin.^[6]

2.3 Pengkondisian Udara Terpusat (*AC Central*)

Pengkondisian udara terpusat atau biasa disebut dengan *AC Central* merupakan sistem pendinginan ruangan yang dikontrol dari satu titik atau tempat, dimana proses pengkondisian udara tersebut terpusat pada satu lokasi (AHU ataupun FCU) yang kemudian udara dengan temperatur yang diinginkan didistribusikan ke masing-masing lokasi yang dituju melalui saluran *ducting* dan *diffuser* setiap ruangan atau gedung.^[7] Dapat dilihat pada gambar 2.1.

2.3.1 Siklus dan Komponen Pada Pengkondisian Udara Terpusat (*AC Central*)

a. *Cooling Tower* (Menara Pendingin)

Cooling tower berfungsi sebagai pendingin bagi media pendingin kondensor. Air yang keluar dari kondensor akan mengalir masuk ke dalam *header pipe* diteruskan ke menara pendingin, air tersebut dijatuhkan melalui sirip-sirip kemudian udara yang masuk dengan bantuan kipas kedalam menara pendingin melewati air tadi guna menyerap dan melepaskan kalor dari air, lalu air kemudian dialirkan masuk ke kondensor lagi dengan bantuan pompa atau dapat di sebut dengan *Cooling Water Pump (CWP)* melalui *header pipe*.

b. Mesin *Chiller*

Mesin *Chiller* merupakan alat atau mesin refrigerasi yang terdiri dari evaporator, kondensor, alat ekspansi dan kompresor. *Chiller* berfungsi mendinginkan air yaitu sebagai refrigerant secondary dengan cara menyerap kalor dari air tersebut.[8] Dalam mesin *chiller* terjadi penyerapan kalor oleh *refrigerant primary* dan dari *refrigerant secondary* yang terjadi pada unit evaporator untuk menurunkan temperatur air yang nantinya akan masuk ke AHU atau FCU, dan pelepasan kalor yang diserap *refrigerant primary* pada unit kondensor pada mesin *chiller*.

c. AHU (*Air Handling Unit*) dan FCU (*Fan Coil Unit*)

AHU ataupun FCU merupakan *loading system* yang berfungsi sebagai penyerap kalor ruangan atau gedung yang akan diatur temperatur udara dan kelembabannya. Pada proses penyerapan kalor tidak terjadi perubahan fasa pada refrigeran melainkan perubahan temperatur yang naik saja. Refrigeran pada *loading system* adalah *refrigerant secondary* yang berupa air. Prinsipnya ialah aliran air yang keluar dari evaporator masuk ke *loading system*, setelah terjadi proses penyerapan kalor air kembali ke evaporator dengan bantuan pompa melalui *header pipe*.

d. *Chilled Water Pump (CHWP)* dan *Condenser Water Pump (CWP)*

CHWP merupakan pompa air khusus yang berfungsi untuk mendistribusikan hasil air yang telah di evaporasi untuk masuk ke *loading system* (AHU) ataupun (FCU) melalui perpipaan, sedangkan CWP merupakan pompa yang berfungsi untuk mendistribusikan air yang telah terkondensasi melalui perpipaan untuk masuk menuju *cooling tower* agar dapat melepaskan kalor.

e. *Ducting*

Ducting pada sistem AC sentral merupakan media yang digunakan sebagai penghubung antara AHU dengan ruangan. Fungsi dari *ducting* adalah menyalurkan udara dingin yang berasal dari AHU, yang kemudian disalurkan menuju masing-masing ruangan.

f. Pemipaan

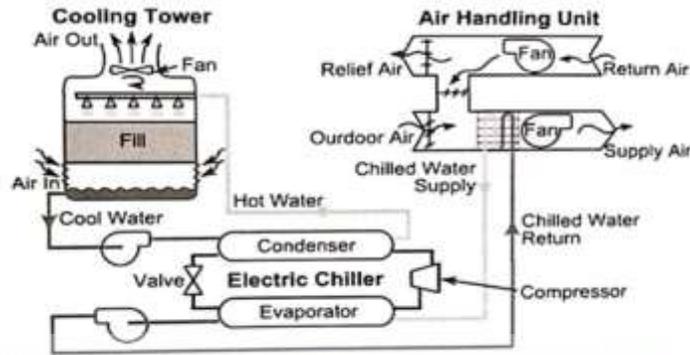
Pemipaan merupakan sistem instalasi pipa yang berguna untuk menghubungkan masing-masing bagian pada *chiller*, sebagai media untuk tempat penyaluran air.

g. *Chilled Water Tank Supply*

Chilled water tank supply berfungsi untuk menampung air yang telah didinginkan oleh *chiller* sampai temperatur yang rendah. Setelah ditampung pada *chilled water tank supply*, baru kemudian dipompa oleh *secondary pump* menuju pada FCU dan AHU,

h. *Chilled Water Tank Return*

Chilled water tank return berfungsi untuk menampung air dingin (*chilled water*) yang telah terpakai, dengan temperatur air yang telah berubah, Air yang ditampung pada *chilled water tank return* ini kemudian dialirkan kembali menuju evaporator pada *chiller* untuk didinginkan kembali.



Gambar 2.1 Siklus dan Komponen Sistem Pengkondisian Udara

2.4 Beban Pendingin (*Cooling Load*)

Beban pendinginan merupakan jumlah panas yang diakibatkan dari beban. Beban pendinginan terdiri dari panas yang berasal dari ruang pendingin dan tambahan panas dari bahan atau produk yang akan didinginkan. Tujuan perhitungan beban pendinginan adalah untuk memperkirakan kecukupan energi mesin pendingin yang terpasang terhadap beban pendinginan.^[2]

Ada banyak faktor yang diperhitungkan dalam menentukan besarnya beban pendinginan pada suatu pengkondisian udara. Faktor-faktor ini mempunyai dampak bagi kapasitas sistem, pengendalian, dan perancangan, serta penempatan sistem saluran udara, atau unit-unit terminal. Sebagai contoh, penempatan unit-unit hangat di bawah jendela atau di sepanjang dinding luar dapat mengatasi pengaruh suhu rendah dari permukaan-permukaan tersebut. Perpindahan kalor melalui suatu selubung bangunan dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan, oleh faktor geometris, seperti ukuran, bentuk, dan orientasinya, adanya sumber-sumber kalor dalam, dan faktor-faktor iklim. Secara garis besar, beban pendinginan diklasifikasikan menjadi dua, yaitu beban kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan (beban eksternal) dan beban kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri (beban internal).^[9] Pembagian beban pendingin dengan menggunakan metode CLTD adalah sebagai berikut.

1. Beban eksternal:
 - a. Beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca.
 - b. Beban radiasi matahari melalui kaca
 - c. Beban ventilasi dan beban infiltrasi
2. Beban Internal:
 - a. Beban partisi
 - b. Beban penghuni
 - c. Beban penerangan
 - d. Beban peralatan



Gambar 2.2 Ilustrasi Beban Pendinginan Ruangan

Dalam sistem pendingin dikenal dua macam panas atau kalor yaitu panas sensible (panas yang menyebabkan temperature tanpa perubahan fase). Dan panas laten yaitu panas yang menyebabkan perubahan fase tanpa menyebabkan perubahan temperature. Udara yang dimasuk kedalam ruangan harus mempunyai kelembapan 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.

2.5 Beban Pendingin Eksternal

Beban pendingin eksternal adalah sumber panas yang masuk dari luar gedung ke dalam gedung sehingga dapat meningkatkan temperatur udara di dalam ruangan meskipun tidak secara langsung terasa contohnya panas sinar matahari yang mengenai gedung. Data yang diperlukan untuk menghitung beban eksternal biasanya adalah letak geografis pada gedung (lokasi/latitude). Konstruksi bangunan, mulai dari konstruksi atap, dinding, lantai, kaca, pintu dan lain-lain. Ukuran dan fungsi ruangan. Serta temperatur udara luar, dan temperatur udara di dalam ruangan.

2.5.1 Beban Transmisi

Beban transmisi adalah beban yang diakibatkan oleh perpindahan panas secara konduksi karena perbedaan temperatur antara bagian luar dengan bagian dalam elemen bangunan seperti dari dinding luar bangunan dan atap.

Beban transmisi pada dinding luar, atap dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q = U \times A \times CLTD_c \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

q = Beban Transmisi melalui dinding, atap dan kaca, watt

U = Overall heat transfer coefficient, (W/m² K)

A = Luasan dinding, atap, dan kaca, (m²)

$CLTD_c$ = Cooling Load Temperature Difference

Untuk $CLTD_c$ pada dinding dihitung menggunakan persamaan:

$$CLTD_c = \{(CLTD + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85)\} \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk $CLTD_c$ pada atap dihitung menggunakan persamaan:

$$CLTD_c = \{(CLTD + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85)\} \times f \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk $CLTD_c$ pada kaca dihitung menggunakan persamaan:

$$CLTD_c = CLTD + (78 - t_R) + (t_o - 85) \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana:

$CLTD$ = Perbedan temperature pendinginan, K

LM = Faktor koreksi (*Latitude Month*)

K = Faktor penyesuaian warna dinding.

K = 1 untuk warna gelap atau daerah industri

K = 0,83 untuk warna atap cerah

K = 0,65 untuk warna dinding cerah.

t_R = Temperatur udara ruang rancangan, K

f = Koreksi untuk *ceiling ventilation*

f = 0,75 untuk *attic fan*

f = 1 untuk *attic* tanpa *fan*

t_o = Suhu udara luar yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$t_o = \{ \text{Design Outside Temperature} - (\frac{\text{daily range}}{2}) \} K$$

daily range = Temperatur harian rata-rata



2.5.2 Beban Radiasi Matahari Melalui Kaca

Beban radiasi adalah beban yang diperoleh akibat radiasi energi matahari melalui komponen bangunan yang tembus pandang atau penyerapan oleh komponen bangunan yang tidak tembus cahaya (*opaque building component*).

Beban radiasi kaca dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q = SHGF \times A \times SC \times CLF \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana:

q = Beban radiasi melalui kaca, (BTU/hr)

$SHGF$ = Faktor panas matahari, (BTU/hr.ft²)

Nilai $SHGF$ (*Solar Heat Gain Factor*) didapat dari *ASHRAE-Handbook-1997 Fundamental*

A = Luasan kaca, (ft²)

SC = Koefisien bayangan

Harga SC (*Shading Coefficient*) didapat dari *ASHRAE-Handbook-1997 Fundamental*

CLF = Faktor beban pendinginan untuk kaca.

Nilai CLF (*Cooling Load Factor*) didapat dari *ASHRAE-Handbook-1997 Fundamental*

2.5.3 Beban Pendinginan Melalui Ventilasi dan Infiltrasi

Ventilasi adalah udara yang dimasukkan ke dalam bangunan secara alami atau mekanis. Infiltrasi adalah laju aliran udara tak terkendali dan tidak disengaja masuk ke dalam gedung melalui celah dan bukaan lainnya dan akibat penggunaan pintu luar gedung. Infiltrasi disebut juga sebagai kebocoran udara luar ke dalam gedung.

Besarnya beban ventilasi dan infiltrasi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times TC \dots \dots \dots (2.6)$$

$$Q_l = 0,68 \times CFM \times (0,68 \times CFM \times (W_o - W_i)) \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana:

Q_s = Kalor sensible dari ventilasi dan infiltrasi udara, (BTU/hr)

Q_l = Kalor laten dari ventilasi dan infiltrasi udara, (BTU/hr)

CFM = Infiltrasi udara atau kecepatan ventilasi, (ft³/min)

TC = Selisih temperatur di dalam dan di luar ruangan, (°F)

$(W_o - W_i)$ = Selisih rasio kelembaban di dalam dan di luar ruangan, (gr/lb)

2.6 Beban Pendingin Internal

Beban internal merupakan sumber kalor atau panas yang berasal dari dalam ruangan yang mempengaruhi proses pendinginan dalam suatu gedung atau ruangan contohnya panas dari aktifitas penghuni, panas lampu, panas dari peralatan elektronik, dan lain lain.

2.6.1 Beban Pendingin Melalui Partisi

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, sekat partisi tidak permanen dan komponen arsitektural serta struktural.

Besarnya penambahan kalor dapat dicari dari persamaan di bawah ini:

$$q = U \times A \times TD \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana:

q = Kalor perpindahan panas, (BTU/hr)

U = Koefisien seluruh perpindahan panas untuk lantai, partisi dan langit-langit (BTU/hr.ft².°F).

Nilai U didapat dari *ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental*

A = Luas area dari lantai, (ft²)

TD = Selisih temperature, (°F)



2.6.2 Beban Penghuni

Beban penghuni adalah beban yang disebabkan adanya komponen-komponen yang mengisi ruangan tersebut. Dilihat dari berapa banyak penghuni ruangan, total jam, dan kegiatan yang dilakukan oleh penghuni. Pola gerakan penghuni dapat berpengaruh pada beban maksimum ruangan, sehingga mempengaruhi besarnya kapasitas mesin pendingin. Oleh karena itu penentuan beban penghuni harus dilakukan dengan hati-hati dan bila perlu memperhatikan pola gerakan atau pola “kehadiran” penghuni (occupancy) di dalam ruangan.

Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung beban sensibel dan laten penghuni:

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \text{ (btu/hr)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk beban laten manusia:

$$Q_L = q_L \times n \text{ (btu/hr)} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana:

q_s q_L = Panas sensibel dan laten manusia

n = Banyaknya manusia

CLF = Faktor beban pendinginan untuk manusia.

CLF = 1 (Dengan kepadatan tinggi atau 24 jam operasi kerja dan pendinginan dan atau jika pendinginan mati pada malam hari atau selama *weekends*).

2.6.3 Beban Penerangan

Jumlah perolehan kalor dari ruangan yang disebabkan oleh penerangan tergantung pada daya dan jenis pemasangannya. Energi radiasi dari lampu, mula-mula akan diserap oleh lantai dan peralatan-peralatan didalam ruangan hingga suhunya naik dengan laju yang ditentukan oleh massanya. Oleh karena suhu permukaan-permukaan atau benda-benda tersebut naik diatas suhu

udara, maka dari permukaan-permukaan tersebut kalor dikonveksikan sehingga akhirnya menjadi beban bagi sistem pendinginan.

Berikut merupakan rumusan untuk perhitungan beban penerangan:

$$Q = 3.41 \times q_i \times F_u \times F_s \times CLF \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana:

Q = Sensibel cooling load (Btu/hr)

q_i = Total daya lampu (watt)

F_u = Fraksi lampu yang terpasang

F_s = Faktor *Balast*, $F_s = 1,2$ (untuk *fluorescent* biasa) $F_s = 1.0$ (untuk *incandescent*)

CLF = Faktor beban pendinginan untuk lampu

$CLF = 1$ (Dengan kepadatan tinggi atau 24 jam operasi kerja dan pendinginan dan atau jika pendinginan mati pada malam hari atau selama *weekends*).

2.6.4 Beban Peralatan

Beban peralatan adalah beban yang diperhitungkan akibat kalor yang keluar dari peralatan peralatan yang mempengaruhi besarnya beban pendinginan. Beban kalor yang berasal dari peralatan ini dapat dilihat dan di data pada ruangan yang akan diteliti.



