

Perancangan Instalasi Pendingin Udara Ruang Serba Guna Kapasitas Max 3000 Orang

Muhammad Syafi Arfiyan⁽¹⁾, Joko Prihartono⁽²⁾, Media Nofri⁽³⁾
^(1,2,3) Teknik Mesin, Universitas Tama Jagakarsa.
muhammadsyafiarfiyan@gmail.com ⁽¹⁾

Abstrak

Sistem HVAC (*Heating Ventilating and Air Conditioning*) merupakan sistem yang berperan guna mengendalikan temperatur serta kelembaban hawa pada sesuatu ruangan, supaya temperatur serta kelembaban hawa pada sesuatu ruangan jadi aman. Dalam desain beban pendinginan gedung baru pada lantai 3, dimana temperatur dirancang pada suhu 20°C dan kelembaban 50%. Terdapat kondisi beban pendinginan puncak untuk setiap gedung atau ruangan, dan total beban pendinginan bervariasi setiap jamnya. Di sini, metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) dari ASHRAE Handbook Fundamental perlu diterapkan untuk perhitungan beban pendinginan yang tepat. Data yang ada digunakan untuk menghitung beban pendinginan, dan hasilnya kemudian dimodifikasi untuk sistem HVAC tertentu yang dimaksud. Perhitungan akhir menghasilkan beban pendinginan puncak sebesar 489.886,90 Btu/jam. Ini berarti 123,99 PK adalah kapasitas beban pendinginan untuk ruang serbaguna.

Kata Kunci: HVAC, CTLD, Beban Pendingin

Pendahuluan

HVAC (*Heating Ventilating and Air Conditioning*) merupakan sistem yang berperan untuk mengendalikan temperatur serta kelembaban hawa pada suatu ruangan, supaya keadaan temperatur serta kelembaban hawa pada suatu ruangan tersebut jadi aman. Keberadaan sistem HVAC sudah jadi keharusan untuk bangunan- bangunan besar, khususnya di negeri yang beriklim tropis semacam di Indonesia. Zona konstruksi memiliki konsumsi daya rata-rata tertinggi[1]. Bangunan menyumbang 30-40% dari permintaan energi global, dengan variasi yang luas antar negara. *Heating Ventilation. and Air Conditioning* (HVAC) sebagian besar bertanggung jawab atas suhu yang menyenangkan di area ini. Suhu antara 24.0 dan 30.0 derajat Celcius dengan kelembaban relatif 80% hingga 65% sangat ideal untuk kenyamanan manusia di daerah tropis. Memiliki sistem HVAC yang kapasitas pendinginannya sebanding dengan beban pendinginan (*cooling load*) gedung adalah cara yang bagus untuk meningkatkan efisiensi energi gedung [2].

Pendingin udara (*Air Conditioning*) telah menjadi semakin penting dalam masyarakat modern, tidak hanya berfungsi untuk menyediakan lingkungan yang nyaman tetapi juga untuk meningkatkan kinerja di lingkungan berisiko tinggi seperti stadion dan auditorium. Sistem pendingin udara mahal untuk dipasang dan dioperasikan [2]. Menggunakan AC yang terlalu besar atau terlalu kecil untuk ruangan akan membuang-buang uang dan energi. Memadai atau tidaknya sebuah pendingin ruangan saat ini sangat bergantung pada kondisi di dalam dan di luar ruangan[3]. Selain itu, kebutuhan unit pendingin ruangan akan berubah tergantung pada beban panas setiap ruangan. Dengan menggunakan mesin pendingin untuk menurunkan suhu ruangan di bawah suhu lingkungan, AC memberikan efek pendinginan selain membuat ruangan menjadi lebih nyaman bagi orang-orang yang menghabiskan hari-harinya di sana[4].

Gedung X berada di kota Tangerang tepatnya Gading serpong dengan luas bangunan 117.733 tipe bangunan yang berbeda. Bangunan terbesar dan paling intim adalah ruang serbaguna yang bisa menampung 3000 orang. Gedung X terdiri dari 5 lantai dan ruang serbaguna terletak di

lantai 3, gedung ini beroperasi mulai pukul 08.00 hingga 18.00 WIB. Sebagai tempat peribadatan terbesar di kota Tangerang, permintaan energi yang sangat besar mengakibatkan biaya yang membengkak[1].

Kecakapan mendisain suatu sistem yang melayani kebutuhan masyarakat umum juga merupakan kebutuhan dasar profesi keinsinyur[5]. Dalam hal ini, desain sistem pendinginan untuk ruang serbaguna dirancang agar hawa panas di dalam dapat dipupuskan agar pengunjung dapat menghabiskan waktu dengan nyaman. Suhu yang nyaman bagi manusia adalah 24 - 26°C dan kelembaban udara berkisar 55i hingga 65 %[6].

Saat mendesain sistem AC untuk gedung serbaguna, semakin banyak orang yang datang di akhir pekan, apalagi saat ada acara seperti pameran atau acara live music[7]. Saat acara berlangsung sistem pengkondisiani udara ditambahkan dengan mesin cadangan yang sudah ada, cukup dengan mengaktifkannya[8].

Dalam penyusunan artikel ini, permasalahan yang dihadapi yaitu berapa besaran kapasitas beban pendingin dalam suatu ruang atau gedung yang nyaman untuk pemilihan mesin pengkondisii udarai yangi tepat. Serta pemilihan ukuran ducting dan *Air Handling Unit (AHU)* sesuai dengan banyaknya udara[9].

Metode Penelitian

Bagan Perencanaan



Perhitungan Beban Pendingin Pendinginan Eksternal

Dinding pada bangunan gedung serbaguna itu dibuat dari material yang sama, yakni mempergunakan batu bata dan plesteran yang terbuat dari semen. Batu bata yang digunakan berukuran 200 mm, dan plesteran semen biasanya setebal 10 mm.

Luas dinding ruang serbaguna yang tersisa pada ruang serbaguna adalah 37,5 meter persegi. Dari Tabel 4 bab 24 ASHRAE 1997 diperoleh tahanan sebagai berikut:

- Plaster semen dalam 10 mm, $R_1 = 0,013 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Plaster semen dalam 10 mm, $R_2 = 0,013 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Batako 200 mm, $R_3 = 0,37 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Dari nilai resistansi pada dinding diatas, nilai U dapat dihitung dengan menggunakan rumus $U = 1/R_t$, maka:

$$\begin{aligned} U &= 1/R_t \\ &= 1/(R_1 + R_2 + R_3) \\ &= 1/(0,013 + 0,013 + 0,37) \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ &= 1/0,396 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} = 2,53 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{aligned}$$

Karena dinding ruangan menghadap ke utara, maka suhu CLTD maksimum adalah 9 derajat Celcius (W.F. Stoecker & J.W. Jones, 1994, tabel 4-15, halaman 76). Berbeda dengan suhu lingkungan 30°C di kota Tangerang pada bulan Juli, suhu dalam ruangan dijaga pada suhu 20°C yang nyaman dengan AC. Oleh karena itu, nilai CLTD adalah:

$$CLTD = CLTD_{maks} + (t_1 - t_0) = 9 + (30 - 20) = 19^\circ\text{C} \quad (1)[10]$$

Maka untuk beban pendinginan dari dinding pada ruang Serbaguna dapat dihitung menggunakan rumus, diperoleh:

$$\begin{aligned} q &= UA (CLTD) \\ &= 2,53 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \times 37,5 \text{ m}^2 \times 19 \text{ K} \\ &= 1802,6 \text{ W} \end{aligned}$$

Dimana 1 W = 3,412 Btu/h, maka beban pendingin ruang serbaguna adalah sebesar:

$$q = 1802,6 \times 3,412 = 6150,47 \text{ Btu/jam}$$

Rumus untuk memperoleh beban radiasi melalui kaca pada ruang serbaguna adalah:

- a. Area Kaca (A) Area kaca yang diterangi matahari terletak di dinding barat laut (NW) dan barat daya (SW) dan memiliki nilai luas:

$$L_{NW} = 45,885 \text{ ft}^2$$

$$L_{SW} = 55,805 \text{ ft}^2$$

- b. Nilai Solar Heat Gain Factor (SHGF) untuk bulan Juni ditunjukkan pada Tabel 3.25. Untuk nilai SHGF, NW = 200 Btu/(hr.ft²), dan SW = 82 Btu/(hr.ft²).
- c. Shading Coefficient (SC) nilai SC = 0,94 berdasarkan jenis kaca yaitu single glass ¼ to ½ (Tabel ASHRAE 3.18)
- d. Cooling Load Factor (CLF) Nilai CLF pada solar time 15. Untuk nilai CLF NW = 0,36 CLF SW = 0,53[11].

Beban radiasi melalui Kaca (Q) Beban radiasi melalui kaca (Q) dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (2)$$

$$Q_{NW} = 200 \text{ Btu}/(\text{jam.ft}^2) \times 45,885 \text{ ft}^2 \times 0,94 \times 0,36 = 8631,243 \text{ Btu}/\text{jam}$$

$$Q_{SW} = 82 \text{ Btu}/(\text{jam.ft}^2) \times 55,805 \text{ ft}^2 \times 0,94 \times 0,53 = 4303,874 \text{ Btu}/\text{jam}$$

Maka didapatkan: Total Q radiasi = $Q_{NW} + Q_{SW} = 1293,511 \text{ Btu}/\text{hr}$

Insulasi kaca termoelektrik terjadi di bagian bangunan yang telah dipasang jendela. Gunakan rumus ini untuk menentukan koefisien perpindahan panas radiasi melalui kaca:

$$Q_{rad} = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (3)[4]$$

Di mana :

SHGF : *Solar Heat Gain Factors* (120 BTU/jam.ft²)

A : Area dinding kaca yang terdampak radiasi matahari (ft²)

SC : *Shade Coefficients* (1,00)

CLF : *Cooling Load Factors for glass* (0,7)

*) Nilai SHGF *Handbook of Air Conditioning System Design*[4]

Data tersebut bisa dikalkulasi dalam besarnya radiasi matahari dengan kaca, yakni:

$$\begin{aligned} Q_{rad} &= SHGF \times A \times SC \times CLF \\ &= 120 \times 2970 \times 1,00 \times 0,7 \\ &= 249.494 \text{ BTU}/\text{jam} \end{aligned}$$

Langit-langit memiliki ketebalan 15,9 mm dan terbuat dari gipsum. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 Bab 24 halaman 24.4 dari Standar ASHRAE 1997, resistansi (R1) gipsum setebal 15,9 mm adalah 0,099 K.m²/W. Hambatan udara (R2) adalah 0,48 (ASHRAE 1997 tabel 1 bab 24, halaman 24.2)[7]; permukaannya horisontal; panas mengalir ke bawah; orientasi permukaan menguntungkan untuk konveksi. Perbedaan suhu antara udara dalam dan luar ruangan adalah 18 derajat Celcius yang nyaman. Luas langit-langit gedung konvensi adalah 117.733 meter persegi[11]

Koefisien perpindahan panas desain (U) dihitung menggunakan rumus $U = 1/Rt$. sehingga didapat:

$$\begin{aligned} U &= 1/(R1+R2) \\ &= 1/(0,099+0,48) \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \\ &= 1.73 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \end{aligned} \quad (4)$$

Oleh karena itu, rumus UA (tb - tic) digunakan untuk menghitung beban pendinginan dari plafon dihitung:

$$\begin{aligned} q &= UA (tb-tic) \\ &= 1.73 \text{ m}^2 \text{ K}/\text{W} \times 117.733 \text{ m}^2 \times (34-18) \text{ K} \\ &= 6.907.055 \text{ W} = 23.566,87 \text{ Btu}/\text{jam} \end{aligned} \quad (5)$$

Infiltrasi udara ke dalam ruang yang dikontrol iklim secara signifikan meningkatkan beban pendinginan. Jumlah udara yang masuk ke dalam ruangan sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti ketebalan pintu dan jendela, porositas bangunan, ketinggian bangunan, celah tangga, arah dan kecepatan udara, dll. Ada banyak bukaan untuk udara segar. Namun, faktor-faktor seperti kecepatan angin dan kepadatan saluran pembuangan biasanya menjadi penyebab infiltrasi. Diperkirakan 10 kaki kubik per menit (CFM) udara masuk melalui pintu. Oleh karena itu, tingkat infiltrasi akan menjadi 7.000 CFM dengan 700 orang yang hadir. Beban pendinginan infiltrasi:

$$Q_s = 1,1 \times \text{CFM} \times \text{TC} \quad (6)$$

$$Q_L = 0,68 \times \text{CFM} \times (W_{ho} - W_{hi}) \quad (7)[4]$$

dimana:

Q_s = Panas sensibel yang dibutuhkan untuk infiltrasi dan ventilasi, BTU/ jam.

Q_L = Panas laten yang dibutuhkan untuk infiltrasi dan ventilasi.

CFM = BTU/jam Infiltrasi udara atau laju aerasi, ft³/menit.

TC = Perbedaan suhu dalam-luar ruangan, F.

$W_{ho} - W_{hi}$ = Rasio kelembaban di dalam dan luar ruangan, gr w/lb dry air.

Maka, beban pendinginan akibat infiltrasi:

$$Q_s = 1,1 \times 7000 \times (32-24)$$

$$= 110880 \text{ BTU/jam}$$

$$Q_L = 0,68 \times 7000 \times (142 - 64)$$

$$= 73780 \text{ BTU/ jam}$$

Pertukaran udara sengaja dibiarkan guna memenuhi kebutuhan udara dan memberikan kenyamanan bagi penghuni ruang. Setiap penghuni membutuhkan 7,5 CFM (*Sumber: Handbook of Air Conditioning System Design, table 41*)[4]. tergantung aktivitas kerja di ruangan ini. Ventilasi per orang diasumsikan 7,5 CFM. Jadi jika ada 700 orang di dalam ruangan, maka ventilasinya adalah 5250 CFM. Beban pendinginan karena ventilasi :

$$Q_s = 1,1 \times \text{CFM} \times \text{TC}$$

$$= 1,1 \times 5250 \times (14,4)$$

$$= 83160 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_L = 0,68 \times \text{CFM} \times (W_{ho} - W_{hi})$$

$$= 0,68 \times 5250 \times (15,5)$$

$$= 55335 \text{ BTU/hr}$$

Pendingin Internal

Tipe ruangan untuk ibadah dengan keaktifan yang tinggi, sehingga panas sensibelnya 75W dan panas latennya 55W (ASHRAE 1997 Tabel 3 Bab 28, halaman 24.8). Faktori bebani pendinginan (CLF) selama 9 jam adalah 0.92 (*ASHRAE 1997 tabel 37 bab 28, hal 28.51*)[12]. Kapasitas ruang acara diasumsikan 3000 orang.

$$q_{sensible} = N \text{ (perolehan kalor sensible)} \text{ CLF} = 3000 \times 75 \times 0.92 = 207.000 \text{ W} = 706.31 \text{ btu/h}$$

$$q_{latent} = N \text{ (perolehan panas latent)} = 3000 \times 55$$

$$= 165.000 \text{ W} = 562.65 \text{ btu/h}$$

Sehingga beban kalor total adalah 126.896 Btu/h

Pada lantai 3 ruang serbaguna dipasang lampu Led downlight DRM 1 x 12 watt sebanyak 118 buah pada luas 1543.70 m². Untuk tiap lokasi memiliki 3 buah lampu GMS dengan beban 16 watt dengan total jumlah 18 buah = 128 watt. Adapula total 48 lampu tangga dengan daya halogen wall wash 36 watt dan 74 lampu tangga dengan daya 2 watt per lampu.

Perpindahan panas oleh lampu:

$$Q = \text{daya} \times \text{jumlah lampu} \times 3,413 \times \text{pemakaian} \quad (8)[4]$$

^{*)} nilai usefactor didapat dari table 49, *Handbook of Air Conditioning System Design*.

^{*)} 3,413 adalah harga konversi dari watt ke BTU/hr.

$$Q_{TL} = \text{daya} \times \text{jumlah lampu} \times 3,413 \times \text{pemakaian}$$

$$= (1 \times 12 \text{ watt}) \times (118) \times 3,413 \times 1,25$$

$$= 6041.01 \text{ Btu/jam}$$

$$Q_{bl} = \text{daya} \times \text{jumlah lampu} \times 3,413 \times \text{pemakaian}$$

$$= 128 \text{ watt} \times 18 \times 3,413 \times 1,0$$

$$= 25307,73 \text{ Btu/jam}$$

$$Q_s = \text{daya} \times \text{jumlah lampu} \times 3,413 \times \text{pemakaian}$$

$$= 2 \times 74 \times 3,413 \times 1,0$$
$$= 505,124 \text{ Btu/jam}$$

Jadi besarnya panas karena lampu penerangan :

$$Q_{\text{lamp.tot}} = Q_{\text{TL}} + Q_{\text{bl}} + Q_{\text{sl}}$$
$$= 6041,01 \text{ BTU/jam} + 25307,73 \text{ BTU/jam} + 505,124 \text{ BTU/jam}$$
$$= 31.853.134 \text{ Btu/jam}$$

Jumlah beban pendinginan di lantai tiga dipengaruhi oleh keberadaan barang elektronik di lantai tersebut. Jumlah pendinginan yang dibutuhkan di lantai tiga akan meningkat jika peralatan elektronik dipasang di sana. Kehadiran perangkat elektronik apa pun yang akan meningkatkan beban pendinginan ruangan.

- 4 buah televisi 17" dengan output 100 W/buah
- 5 buah pemanas air dengan daya 350 W/buah
- 31 unit Ceiling Speaker dengan daya 3 W/buah
- 4 unit wall speaker dengan daya 6 W/buah

Tabel 3.7 menunjukkan kalor sensibel (SHG) setiap ruang yang merupakan keluaran total peralatan elektronik. Faktor beban pendinginan (CLF) selama 9 jam kerja ialah 0,89 (*ASHRAE 1997 tabel 39 bab 28, hal 28.53*)[11]. Total daya peralatan elektronik di ruang serbaguna adalah 2267 W.

Dihitung dengan rumus:

$$Q = SHG (CLF) \quad (9)$$
$$= 2267 \text{ W} \times 0.89 = 2017.63 \text{ W} = 6684.43 \text{ Btu/h}$$

Perhitungan Dalam Pemilihan Ukuran Ducting

Dari data yang telah diberikan pada bab 3, maka diketahui luasbersih atau luas dari ruang serbaguna di lantai 3 gedung X. Area luas yang dipakai adalah [m²], setelahnya satuan [m²] diubah ke dalam satuan [ft²] dengan konversi sebagai berikut : 1 m² = 10,76 ft². Maka diperoleh luas dengan satuan [ft²], lalu dari tabel *cooling load check figures (ASHRAE, Handbook for Air Conditioning, Heating, Ventilation and Refrigeration)*[10] yang akan diberikan pada bagian lampiran, rata-rata didapat banyaknya udara di dalam ruangan adalah sebesar 1,1 CFM/ft². Setelahnya luas bersih pada setiap lantai dengan satuan [ft²] dikalikan dengan rata-rata banyaknya udara di dalam ruangan dengan satuan [CFM/ft²] maka didapatkanlah banyaknya udara yang dibutuhkan pada setiap lantainya dengan satuan [CFM]. Secara rumus di atas dapat diperlihatkan sebagai berikut:

$$\text{Banyaknya udara (CFM)} = \text{Luas bersih [ft}^2\text{]} \times 1,1 \text{ [CFM/ft}^2\text{]} \quad (10)$$

Dengan didapatkan banyaknya udara dan ditambahkan dengan *safety factor*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan kerugian gesek. Dalam penentuan dimensi *ducting* menggunakan rumus untuk menentukan kerugian gesekan adalah:

$$Q = A \times V \quad (11)$$

Dimana:

$$Q = \text{banyaknya udara [CFM]}$$

$$A = \text{luas ducting [ft}^2\text{]}$$

$$V = \text{kecepatan [FPM]}$$

Setelah diperoleh A adalah luas *ducting* dengan satuan ft², dalam tabel menentukan ukuran *ducting*. Maka dilihat diameter yang terdapat pada tabel ukuran *ducting* tersebut dengan luas *ducting* yang telah didapatkan dari perhitungan, diameter tersebut adalah untuk ukuran *ducting* yang

berbentuk bulat sedangkan untuk ukuran dari ducting yang berbentuk persegi panjang dapat melihat ukuran dari ducting dari angka yang terdapat pada paling kiri dan paling atas. Pada chart kerugian gesek, dari banyaknya udara (Q) yang telah didapat, ditarik garis ke kiri sehingga memotong garis kecepatan (V) setelah itu didapatkan kerugian gesek [in. WG/100 ft of equivalent length] dengan menarik garis kebawah. Kerugian gesek inilah yang menjadi rujukan nantinya dalam menentukan ukuran ducting dan cabang-cabangnya dalam tiap lantai.

Maka perhitungan untuk mendapatkan laju aliran udara pada ruang serbaguna adalah sebagai berikut :

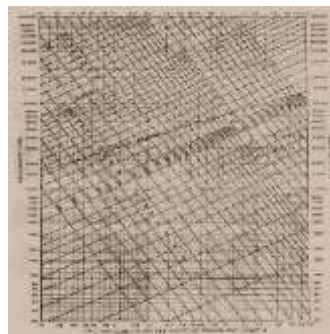
$$\begin{aligned}\text{Luas bersih lantai} &= \text{Luas lantai} - \text{Luas pemakaian} \\ &= 1737.33 - 95.370 \\ &= 93,636 \text{ m}^2 \\ &= 843,4923 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju aliran udara} &= 843,4923 \text{ ft}^2 \times 1,1 \text{ CFM/ft}^2 \\ &= 92784,15 \text{ CFM} \\ &= 10000 \text{ CFM}\end{aligned}$$

Karena perancangan sistem *ducting* pada ruang serbaguna ini menggunakan 2 *AHU room* dimana masing-masing *AHU room* terdapat 1 *AHU* dan luas bersih atau daerah penyebaran dari masing-masing *AHU* sama, maka laju aliran udara pada lantai dasar dibagi menjadi 2 yaitu untuk masing-masing *AHU* memiliki laju aliran udara sebesar 5000 CFM.

dengan melihat pada tabel ukuran *ducting* maka didapatkanlah ukuran *ducting* utama dengan kapasitas 5000 CFM adalah 26" x 16". Berikut adalah tabel untuk menentukan ukuran *ducting* :

Langkah selanjutnya adalah menghitung kerugian gesek untuk lantai dasar, seperti yang ditunjukkan oleh *chart* kerugian gesek ini dengan memplotkan banyaknya udara (CFM) dan kecepatan (FPM) :



Gambar 1. Chart kerugian gesek

Dari *chart* kerugian gesek di atas, maka didapatkan kerugian gesek pada lantai 3 ruang serbaguna adalah sebesar 0,2 in. WG/100 ft of equivalent length. Dengan begitu ukuran ducting dari cabangnya pun bisa diketahui berdasarkan kerugian gesek tersebut dengan laju aliran udara pada setiap *diffuser* adalah sebesar 250 CFM.

Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Dari hasil perhitungan beban pendinginan yang diadakan dalam gedung serbaguna lantai 3 gedung X, dapat dihitung beban pendinginan lantai 3, dengan beban yang didapat dari hasil perencanaan perancangan. Setelah dilakukannya perhitungan beban pendinginan pada gedung serbaguna dengan menggunakan data-data didapat beban pendinginan sebesar 489.886,90 Btu/hr (123,99 PK). Disajikan dengan tabel dibawah ini.

Tabel 1. Total beban pendinginan lantai 3

No.	Sumber Kalor	Uraian	Total Kalor (Btu/h)	Total Kalor (Pk)
1	External	• Dinding	6150,47	15,83
		• Kaca	1293,511	27,72
		• Langit-langit	23.566,87	26,18
		• Ventilasi	138.495	15,38
		• Infiltrasi	184.660	20,51
2	Internal	• Orang/penghuni	1268,96	14,09
		• Lampu	31.853.134	3,54
		• Peralatan Elektronik	6684,43	0,74
Beban Total			489.886,90	123,99

*Ket: 1 PK = 9000 Btu/h

Total beban pendinginan merupakan penjumlahan dari Total *Sensibel Heat* (TSH) dan Total *Latent Heat* (TLH). Total beban sensible merupakan hasil penambahan beban-beban sensible dari semua ruangan. Dan muatan sensible setiap ruang muncul dari bebani sensible internal dan beban sensible eksternal. Dari pernyataan ini dapat ditulis sebagai berikut:

dimana:

$$SH \text{ Eksternal} = Q_s \text{ dinding} + Q_s \text{ kaca} + Q_s \text{ kaca langit-langit} + Q_s \text{ ventilasi} \quad (4.1)$$

$$SH \text{ Internal} = Q_s \text{ penghuni} + Q_s \text{ lampu} + Q_s \text{ peralatan} \quad (4.2)$$

Beban laten total dihitung dengan cara yang sama dengan menjumlahkan beban laten setiap ruangan. Beban total setiap ruangan terdiri dari beban laten internal dan beban eksternal.

$$TLH = LH \text{ Internal} + LH \text{ Eksternal} \quad (4.3)$$

dimana:

$$LH \text{ Internal} = QL \text{ penghuni} + QL \text{ peralatan} \quad (12)$$

$$LH \text{ Eksternal} = QL \text{ Infiltrasi} + QL \text{ ventilasi} \quad (13)$$

Kemudian, TSH + TLH sama dengan total beban pendinginan. Beban pendinginan, seperti yang ditentukan oleh perhitungan, adalah 489.886,90 Btu/jam. Beberapa variabel mempengaruhi hal ini, termasuk jumlah panas yang memancar dari eksterior ruangan (melalui dinding, jendela, pintu, dan langit-langit/lantai). Dinding di ruang timur, yang mendapat sinar matahari paling banyak, adalah yang paling terpengaruh. Dan terakhir, ada jendela; semakin banyak jumlah jendela, semakin banyak cahaya alami yang membanjiri koridor.

Untuk beban pemanasan dan pendinginan di bagian dalam gedung, termasuk semua sumber produksi panas (lampu, LCD, laptop, amplifier, dan orang). Pertama, ada orang, yang menghasilkan panas dalam jumlah besar; kedua, LCD, yang menghasilkan panas dan cahaya, dan ketiga, lampu penerangan, yang menghasilkan panas sebagai produk sampingan dari operasinya.

Rekomendasi Pendingin

Rekomendasi beban pendinginan disediakan untuk meningkatkan kenyamanan atau menghemat anggaran di ruang serbaguna. Rekomendasi yang diberikan antara lain:

1. Mengubah jenis kaca singlei glassi menjadi *doublei glass*.

Di ruang serbaguna, beban transmisi tipe kaca tunggal berikut ini telah dikonversi menjadi beban tipe kaca ganda:

Area kaca (A) yang terkena sinar matahari pada ruang serbaguna berada di dinding barat laut (NW) dan barat daya (SW) dan memiliki nilai luas sebagai berikut:

$$L_{NW} = 45,885 \text{ ft}^2$$

$$L_{SW} = 55,805 \text{ ft}^2$$

Luas Kaca Total = 101,69 ft²

- Dari tabel ASHRAE 3.14 A pada lampiran, koefisien perpindahan panas total (U) untuk kaca ganda ialah $U = 0.52 \text{ Btu}/(\text{hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})$
- Nilai koreksi perbedaan suhu beban pendinginan (CLTDc) Nilai *Cooling Load Temperature Difference Correction* (CLTDc) untuk kaca diperoleh dengan rumus berikut:

$$\text{CLTDc} = \text{CLTD} + (78 - t_R) + (t_o - 85) \quad (14)$$

Dimana, nilai CLTD = 14 °F (tabel 4.7 CLTD (°F) untuk kaca pada solar time 15) dan nilai $t_R = 75,2 \text{ }^\circ\text{F}$; $t_o = 85,9 \text{ }^\circ\text{F}$

$$t_o = \left\{ t_{o_{max}} - \frac{(t_{o_{max}} - t_{o_{min}})}{2} \right\} \quad (15)$$

Dari $t_{o_{max}} = 36 \text{ }^\circ\text{C} = 96,8 \text{ }^\circ\text{F}$ $t_{o_{min}} = 24 \text{ }^\circ\text{C} = 75 \text{ }^\circ\text{F}$

Lalu diperoleh nilai CLTDc sebagai berikut:

$$\text{CLTDc} = 14 + (78 - 75,2) + (85,9 - 85) = 17,7 \text{ }^\circ\text{F}$$

- Beban Perpindahan Melalui Kaca *Double glass*

$$Q = U \times A \times \text{CLTDc} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} Q_{transmisi \text{ kaca}} &= 0,52 \times 101,69 \text{ ft}^2 \times 17,7 \text{ }^\circ\text{F} \\ &= 935,954 \end{aligned}$$

Beban transmisi pada kaca di ruang serbaguna dapat dikurangi dengan mengganti dari kaca panel tunggal ke kaca panel ganda. Kaca panel tunggal memiliki beban transmisi kaca awal sebesar 1293,511 Btu/jam, sedangkan kaca panel ganda memiliki beban 935,954 Btu/jam.

Perancangan Saluran Udara

Ukuran saluran adalah faktor utama yang harus dipikirkan ketika merencanakan sistem saluran. Metode gesekan (*the equal friction method*) yang sama dan metode energi statis hanyalah dua contoh dari sekian banyak pendekatan desain yang tersedia.

Sistem saluran struktur ini akan dirancang dengan menggunakan metode gesekan (*the equal friction method*) yang sama. Strategi ini didasarkan pada kerugian gesekan umum per panjang saluran udara. Di bagian lain dari saluran udara, ukurannya relatif terhadap nilai kerugian gesekan. Untuk menjaga agar kipas tidak berisik, kecepatan udara maksimum yang diperbolehkan di saluran udara utama biasanya digunakan sebagai dasar untuk pengaturan kerugian gesekan.

Menentukan dimensi saluran udara yang akan digunakan memerlukan langkah-langkah adalah berikut:

- Pertama, hitung AHUi yang diperlukan untuk memenuhi beban pendinginan.
- Berikan diagram terperinci dari sistem saluran, termasuk panjang total semua bagian.
- Biasanya digambar dengan sangat sederhana untuk memudahkan perhitungan.
- Menghitung jumlah udara yang akan didorong melalui ventilasi dan masuk ke dalam ruangan.

Menentukan Ukuran Ducting

Setelah mendapatkan hasil perhitungan di bab 3 mengenai laju aliran udara dan kerugian gesek maka bisa didapatkanlah ukuran dari *ducting* dan cabangnya pada setiap lantai dengan mengacu pada garis vertikal yaitu garis yang menunjukkan kerugian gesek. Dengan menggunakan metode *Equal Friction* dimana dengan kecepatan maksimum untuk theater atau auditorium adalah sebesar 1300 FPM [ft/min] untuk *supply ducting* utama (*Carrier, Handbook of Air Conditioning System Design, hal 2-37*) dengan nilai gesekannya sesuai dengan perhitungan diatas.

Saluran utama *Air Handling Unit* (AHU) mengirimkan udara sebanyak 10000 CFM dan kecepatan 1300 FPM. Karena perancangan sistem *ducting* pada ruang serbaguna ini menggunakan 2 *Air Handling Unit* (AHU) *room* dimana masing-masing AHU *room* terdapat 1 AHU dan luas bersih atau

daerah penyebaran dari masing-masing AHU sama, maka laju aliran udara pada lantai dasar dibagi menjadi 2 yaitu untuk masing-masing AHU memiliki laju aliran udara sebesar 5000 CFM.

Dari Gambar 3.5, diperoleh kerugian gesek sebesar 0,2 in. WG/100 ft. kerugian gesek ini dipakai sebagai acuan untuk menentukan ukuran ducting di ruang serbaguna. Lalu didapat ducting berukuran 26 x 16 inch.

Kesimpulan

Bersumberkan hasil pembahasan serta perhitungan data yang didapat, alhasil bisa diambil simpulan kesimpulan yakni:

1. Dari hasil perhitungan beban pendinginan pada ruang serbaguna lantai 3 dengan luas 7517.23 m^2 diperoleh hasil beban pendinginan sebesar 489.886,90 Btu/h atau sebesar 123,99 PK
2. Untuk ruang serbaguna lantai 3 diperoleh laju aliran udara sebesar 5000 CFM per unit *Air Handling Unit (AHU)*, maka ukuran *ductingnya* adalah 26" x 16". Dan dipilih *Air Handling Unit (AHU)* merk Daikin model *Double Skin*.
3. Pada ruang serbaguna cocok dipasang AC *split duck*. Jenis alat pengkondisian udara pada ruang serbaguna ini adalah jenis AC *split duck* karena mengingat ruangan ini cukup luas walaupun tidak terdapat banyak juga alat elektronik.

Daftar Pustaka

- [1] A. N. Karim, "PERENCANAAN UNIT PENGONDISIAN UDARA PADA MEDIUM BUS," Institut Teknologi Indonesia, 2020.
- [2] J. J. W. Stockher, WF, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udar*. Jakarta: Erlangga, 1989.
- [3] M. Rejeki, T., Aziz, A., & Maryadi, "Perhitungan Beban Pendingin Dan Desain Sistem Chiller Pada Hotel Xxx Di Jakarta," *Baut dan Manufaktur*, vol. 2, no. (1), pp. 1–8, 2020.
- [4] E. G. Pita, *Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 1981.
- [5] S. Sugiri, M., & Srihanto, "Perencanaan Sistem Pendingin Udara 25 Lantai Pada Gedung Perkantoran Dengan Menggunakan Sistem Ac Central (Water Cooled) Di Jakarta," in *PROSIDING SNITT POLTEKBA*, 2022, pp. 45–57.
- [6] Hendradinata, "Perencanaan Unit Mesin Pendingin Untuk Kebutuhan Pengkondisian Udara Pada Gedung Rektorat Politeknik Sekayu," *Politek. Sekayu*, 2015.
- [7] M. Muharni, R., Fadhli, F. N., & Muchlisinalahuddin, "Analisa Kebutuhan Beban Pendingin Untuk Aula Kampus III UM Sumatera Barat," *J. Tek. Mesin*, vol. 15, no. (1), pp. 55–60, 2022.
- [8] A. N. Budi Yanto, "Analisa Audit Konsumsi Energi Sistem Hvac (Heating, Ventilasi, Air Conditioning) Di Terminal 1a, 1b, Dan 1c Bandara Soekarno-Hatta," *Univ. Mercu Buana*, 2014.
- [9] D. S. . Azizah, "Evaluasi Peluang Penghematan Energi Pada Lantai Ground Gedung Mall CDE di Surabaya dengan Analisa Sistem Penerangan dan Beban Pendinginan," ITS Surabaya, 2015.
- [10] ASHRAE., "ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamenta," in *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineer*, 1997.
- [11] A. H. Fundamentals, *The American Society of Heating*. Atlanta: Refrigerating and Air Conditioning, inc, 1997.
- [12] A. C. and H. L. C. Manual, *The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning, inc. Atlanta*. 1997.