

PERANCANGAN INSTALASI PENDINGIN UDARA RUANG SERBA GUNA KAPASITAS MAX 3000 ORANG

Muhammad Syafi Arfiyan¹, Joko Prihartono², Media Nofri³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tama Jagakarsa, Jl. Ledjend T.B Simatupang No. 152. Tanjung Barat, Jakarta Selatan, 12530

*E-mail koresponden: muhammadsyafiariyan@gmail.com

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%. Setiap bangunan atau ruangan selain mempunyai kondisi beban pendinginan puncak juga mempunyai beban total pendinginan ruangan, yang biasanya berubah-ubah setiap jamnya. Sehingga dalam hal ini diperlukan tinjauan langsung dan perhitungan untuk menentukan beban pendinginan. Perhitungan menggunakan metode *CLTD* (*Cooling Load Temperature Difference*) berdasarkan *ASHRAE Handbook Fundamental*. Perhitungan beban pendingin berdasarkan data-data yang ada, dan kemudian hasil dari perhitungan disesuaikan dengan jenis sistem tata udara. Hasil akhir diperoleh ialah Total beban pendingin maksimum pada beban puncak adalah sebesar 489.886,90 Btu/hr. Sehingga didapatkan kapasitas beban pendingin pada ruang serbaguna adalah 123,99 PK.

Kata kunci: HVAC, *CLTD*, Beban Pendingin

ABSTRACT

HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning) is a system that serves to control the temperature and humidity of the air in a room, so that the temperature as well as moisture in some room is safe. In the design of the cooling load of the new building on the 3rd floor, where the temperature is designed at a temperature of 20°C and a humidity of 50%. Each building or room in addition to having the top cooling load conditions also has the total cooling charge of the room, which usually changes every hour. So in this case it is necessary direct survey and calculation to determine the cooling load Calculation using the method CLTD (Cooling Load Temperature Difference) based on ASHRAE Handbook Fundamental. The cooling load is calculated based on the available data, and then the results of the calculation are adjusted to the type of air conditioning system. The total maximum cooling load at the peak load is 489,886,90 Btu/hr. The load capacity of the refrigerator is 123.99 hp.

Keywords: HVAC, *CLTD*, Refrigerated load

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 sesuatu ruangan tersebut jadi aman. Keberadaan sistem HVAC sudah jadi keharusan untuk bangunan- bangunan besar, khususnya di negeri yang beriklim tropis semacam di Indonesia. Mengonsumsi tenaga

pada zona bangunan lebih besar dibanding dengan zona yang lain. Meski persentasenya bermacam- macam di tiap negeri, bangunan berkontribusi terhadap 30- 40% dari kebutuhan energi global. Perihal ini diakibatkan paling utama oleh pemakaian sistem *Heating Ventilation. and Air .Conditioning* (HVAC) guna menggapai kenyamanan termal pada zona tersebut. Kenyamanan termal khususnya di wilayah tropis diantara pada .24 - .30°C dengan kelembaban relatif antara 80.- 65%. Guna

menaikkan efisiensi tenaga suatu bangunan, pemakaian sistem HVAC yang kapasitasnya cocok dengan beban pendinginan (*cooling load*) bangunan tersebut sangat berarti.

Pada saat ini AC (*Air Conditioning*) telah luas dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari serta telah menjadi keperluan yang wajib untuk dipenuhi, salah satunya pada gedung pegalangan serta *auditorium*, sebab tidak hanya guna memperoleh keadaan hawa yang aman, pula bisa tingkatkan produktifitas manusia. Dalam pemasangan serta penggunaannya, sistem tata udara membutuhkan anggaran yang tidak sedikit. Pemanfaatan tata udara yang tidak pas dengan kebutuhannya akan menyebabkan pemborosan, baik itu tenaga ataupun pengeluaran yang lumayan mahal. Keadaan didalam ataupun luari ruangani sangati pengaruhi kebutuhani mesini pendingin iyang ada. Tidak hanya itu tiap ruangan memiliki beban kalor yang berbeda serta perihal ini juga akan mempengaruhi spesifikasi mesin pengkondisi udara yang akan dipakai. Tata udara merupakan pengatur suhu udara pada ruangan sehingga mendapatkan temperatur udara yang sesuai dan mencapai suhu dibawah suhu lingkungan, kegunaan mesin pendingin selain untuk kenyamanan orang bekerja di dalam ruangan, di samping itu ada proses pendinginan.

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. Kecakapan mendisain suatu sistem yang melayani kebutuhan masyarakat umum juga merupakan kebutuhan dasar profesi keinsinyur. 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 55 hingga 65 %.

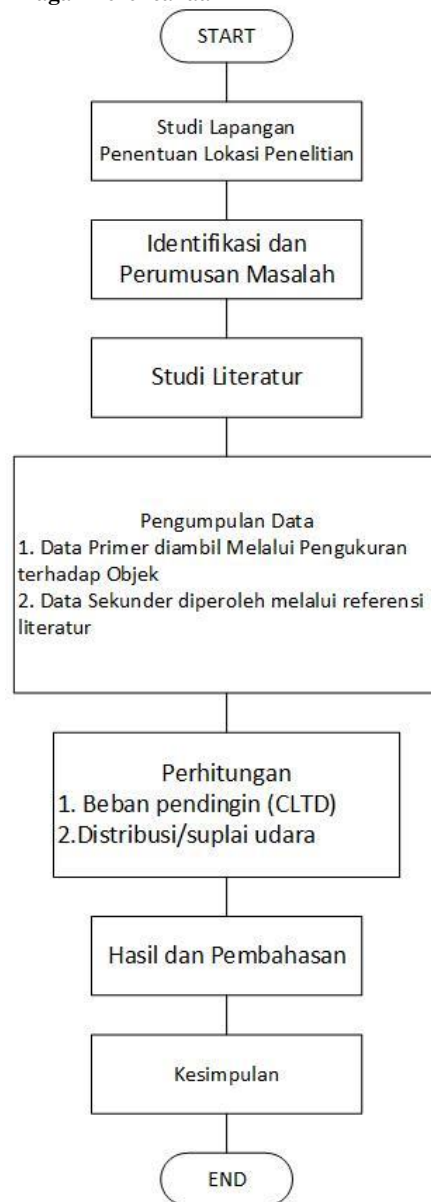
Saat mendesain sistem AC untuk gedung serbaguna, semakin banyak orang yang

datang di akhir pekan, apalagi saat ada acara seperti pameran atau acara live music. Saat acara berlangsung sistem pengkondisiani udara ditambahkan dengan mesin cadangan yang sudah ada, cukup dengan mengaktifkannya.

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

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Perencanaan



3.2 Perhitungan Beban Pendingin

3.2.1 Pendingin Eksternal

Dinding pada bangunan gedung serbaguna itu dibuat dari material yang sama, yaitu menggunakan batako dan plaster semen. Ukuran batako yang digunakan adalah batako 200 mm, dan ketebalan plaster semen sekitar 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:

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

Dinding ruang serbaguna menghadap ke utara, nilai CLTD maksimal adalah sebesar 9°C (W.F. Stoecker, J.W Jones 1994, tabel 4-15, hal.76). Suhu yang dikondisikan sebesar 20°C , dan suhu udara luar untuk kota Tangerang pada bulan juli 30°C . Sehingga nilai CLTD adalah:

$$CLTD = CLTD_{maks} + (t_1 - t_0) = 9 + (30 - 20) = 19^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

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

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

Dimana $1 \text{ W} = 3,412 \text{ Btu/h}$, 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 $\frac{1}{4}$ to $\frac{1}{2}$ (Tabel ASHRAE 3.18)

d. *Cooling Load Factor* (CLF) Nilai CLF dapat didapat pada lampiran (Tabel ASHRAE 3.28) pada solar time 15. Untuk nilai CLF NW = 0,36 CLF SW = 0,53.

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

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (3.2)$$

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

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

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

Perpindahan panas radiasi melalui kaca terjadi pada bagian bangunan yang diberi kaca pada dinding. Menghitung koefisien perpindahan panas radiasi melalui kaca, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{rad} = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (3.3)$$

(Sumber: *Air Conditioning Principles And Systems An Energy Approach*, Edward G. Pita, hal 102)

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 diambil dari table 6 Nilai SC diambil dari tabel hal 1-51 Nilai CLF diambil dari tabel 7, *Handbook of Air Conditioning System Design*

Data diatas dapat dihitung untuk besarnya radiasi matahari melalui kaca, yaitu :

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

Material yang dipakai untuk langit-langit adalah gypsum dengan ketebalan 15,9 mm. Resistensi (R1) gypsum setebal 15,9 mm adalah 0,099 K.m²/W (ASHRAE 1997 Tabel 4 Bab 24, hal. 24.4). Posisi permukaan adalah horizontal, aliran panas ke bawah dan hambatan udara (R2) adalah 0,48 (ASHRAE 1997 tabel 1 bab 24, hal 24.2). Suhu udara yang dikondisikan adalah 18°C dan suhu udara luar 34°C. Luas langit ruang serbaguna adalah 117,733 m².

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

$$\begin{aligned} U &= 1/Rt \quad (3.4) \\ &= 1/(R1+R2) \\ &= 1/(0,099+0,48) \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \\ &= 1.73 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q &= UA (tb - tic) \quad (3.5) \\ &= 1.73 \text{ m}^2 \text{ K}/\text{W} \times 117.733 \text{ m}^2 \times (34-18) \text{ K} \\ &= 6.907.055 \text{ W} = 23.566,87 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Infiltrasi darii udara yang masuk ke ruang yang dikondisikan menghasilkan bebani pendinginan yang signifikan dari ruang tersebut. Jumlah hawa yang akan masuk ke suatu ruangan sangat bervariasi tergantung pada ketebalan pintu dan jendela, porositas bangunan, ketinggian bangunan, celah di tangga, arah dan kecepatan udara, dll. Jumlah ventilasi dan saluran udara keluar yang sangat besar. Namun pada umumnya infiltrasi disebabkan oleh kecepatan angin dan banyaknya saluran pembuangan. Infiltrasi melalui pembukaan pintu diyakini 10 CFM per orang. Jadi jika ada 700 orang di dalam ruangan, infiltrasi akan menjadi 7000 CFM. Beban pendinginan akibat infiltrasi:

$$Q_S = 1,1 \times \text{CFM} \times \text{TC} \quad (3.6)$$

$$Q_L = 0,68 \times \text{CFM} \times (W_{ho} - W_{hi}) \quad (3.7)$$

(Sumber: *Air Conditioning Principles And Systems An Energy Approach*, Edward G. Pita, hal 49)

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:

$$\begin{aligned} Q_S &= 1,1 \times 7000 \times (32-24) \\ &= 110880 \text{ BTU/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= 0,68 \times 7000 \times (142- 64) \\ &= 73780 \text{ BTU/ jam} \end{aligned}$$

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). 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 :

$$\begin{aligned} Q_S &= 1,1 \times \text{CFM} \times \text{TC} \\ &= 1,1 \times 5250 \times (14,4) \\ &= 83160 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= 0,68 \times \text{CFM} \times (W_{ho} - W_{hi}) \\ &= 0,68 \times 5250 \times (15,5) \\ &= 55335 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

3.2.2 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). Kapasitas ruang acara diasumsikan 3000 orang.

$$q_{sensible} = N \text{ (perolehan kalor sensible) } CLF$$

$$= 3000 \times 75 \times 0.92$$

$$= 207.000 \text{ W}$$

$$= 706.31 \text{ btu/h}$$

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

$$= 3000 \times 55$$

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

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:

$$Q = \text{daya} \times \text{jumlah lampu} \times 3,413 \times \text{pemakaian} \quad (3.8)$$

(Sumber: Handbook of Air Conditioning System Design, hal 1-101)

*) 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 :

$$Q_{lamp,tot} = Q_{TL} + Q_{bl} + Q_{sl}$$

$$= 6041,01 \text{ BTU/jam} +$$

$$25307,73 \text{ BTU/jam} + 505,124 \text{ BTU/jam}$$

$$= 31.853.134 \text{ Btu/jam}$$

Adanya barang elektronik di lantai 3 mempengaruhi besarnya beban pendinginan di lantai tersebut. Dengan adanya peralatan elektronik yang di lantai 3 akan mempengaruhi besarnya beban pendinginan pada lantai tersebut. Setiap peralatan elektronik yang akan mempengaruhi beban pendinginan ruangan tersebut.

- 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 adalah 0,89 (ASHRAE 1997 tabel 39 bab 28, hal 28.53). Total daya peralatan elektronik di ruang serbaguna adalah 2267 W.

Dihitung dengan rumus:

$$Q = SHG (CLF) \quad (3.9)$$

$$= 2267 \text{ W} \times 0.89 = 2017.63 \text{ W} = 6684.43 \text{ Btu/h}$$

3.3 Perhitungan Dalam Pemilihan Ukuran Ducting

Dari data yang telah diberikan pada bab 3, maka diketahui luas bersih 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*) 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:

$$\text{Banyaknya udara (CFM)} = \text{Luas bersih [ft}^2\text{]} \times 1,1 \text{ [CFM/ft}^2\text{]} \quad (3.10)$$

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:

$$Q = A \times V \quad (3.11)$$

Dimana:

Q = banyaknya udara [CFM]

A = luas *ducting* [ft²]

V = 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 kekiri 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 :

Luas bersih lantai = Luas lantai – Luas pemakaian

$$= 1737.33 - 95.370$$

$$= 93,636 \text{ m}^2$$

$$= 843,4923 \text{ ft}^2$$

Laju aliran udara =
843,4923 ft² x 1,1 CFM/ft²

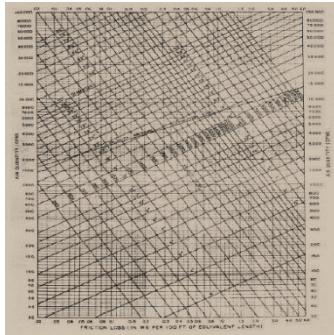
$$= 92784,15 \text{ CFM}$$

$$= 10000 \text{ CFM}$$

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) :



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 DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Beban Pendingin

Dari hasil perhitungan beban pendinginan yang dilakukan pada 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 4. 1 Total beban pendinginan lantai 3

N o.	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.	3,54

			134	
		• 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:

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

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

Demikian pula dengan beban laten total yaitu dengan cara menjumlahkan beban-beban laten semua ruangan. Beban total tiap ruangan berasal dari beban laten internal dan beban laten eksternal.

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

dimana:

$$LH \text{ Internal} = QL \text{ penghuni} + QL \text{ peralatan} \quad (4.4)$$

$$LH \text{ Eksternal} = QL \text{ Infiltrasi} + QL \text{ ventilasi} \quad (4.5)$$

Maka, Beban Total Pendinginan = TSH + TLH. Berdasarkan hasil perhitungan beban pendinginan adalah 489.886,90 Btu/h. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti beban pendinginan eksternal, yang berupa panas pada dinding, kaca jendela, pintu, atap dan lantai ruangan. Efek terbesar ada yaitu pada dinding ruangan sebelah timur karena terkena sinar matahari langsung. Lalu ada jendela, semakin banyak jumlah jendela maka

akan semakin banyak sinar matahari yang masuk menyinari ruang aula kemudian pintu.

Untuk beban pendinginan internal yaitu setiap komponen yang ada di dalam ruangan yang dapat menghasilkan panas, seperti panas dari lampu, LCD, laptop, amplifier dan penghuni/orang. Faktor yang cukup besar adalah orang, setiap orang akan mengeluarkan panas, jadi semakin banyak orang, maka akan semakin banyak panas yang dikeluarkan, lalu LCD mengeluarkan panas dan cahaya sehingga panas yang dihasilkan besar, lalu lampu pencahayaan karena cahayanya mengeluarkan panas.

4.2 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*.

Adapun beban transmisi kaca yang diganti dari tipe *single glass* menjadi tipe *double glass* pada ruang serbaguna adalah sebagai berikut: 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:

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

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

$$\text{Luas Kaca Total} = 101,69 \text{ ft}^2$$

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

$$\text{CLTDc} = \text{CLTD} + (78 - t_R) + (t_o - 85) \quad (4.6)$$

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

$$t_o = \left\{ t_{o_{max}} - \frac{(t_{o_{max}} - t_{o_{min}})}{2} \right\} \quad (4.7)$$

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:

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

- c. Beban Perpindahan Melalui Kaca *Double glass*

$$Q = U \times A \times \text{CLTDc} \quad (4.8)$$

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

Mengganti kaca *single glass* menjadi kaca *double glass* di ruang serbaguna dapat meminimalkan beban transmisi pada kaca. Beban transmisi kaca awal untuk *single glass* adalah 1293,511 Btu/jam, sedangkan beban transmisi kaca setelah di konversi menjadi *double glass* sebesar 935,954 Btu/hr.

4.3 Perancangan Saluran Udara

Saat merancang sistem saluran udara (*ducting*), pertimbangan pertama adalah ukuran saluran yang akan digunakan. Ada beberapa jenis metode desain, seperti metode gesekan (*the equal friction method*) dan metode energi statik (*the static regain method*).

Sistem saluran udara gedung ini akan didesain sesuai dengan metode gesekan sama (*the equal friction method*). Metode ini didasarkan pada kerugian gesekan rata-rata per satuan panjang saluran udara. Nilai kerugian gesek tersebut digunakan sebagai patokan ukuran saluran udara pada bagian lain. Kerugian gesekan yang ditetapkan biasanya didasarkan pada kecepatan udara maksimum yang diperbolehkan di saluran udara utama dari fan untuk menghindari kebisingan aliran udara.

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

1. Menetapkan AHU yang sesuai untuk beban pendinginan.
2. Menggambarkan skema sistem *ducting* beserta panjang setiap bagian.
3. Biasanya digambarkan secara sederhana untuk kemudahan perhitungan.
4. Menentukan berapa banyak aliran udara yang akan mengalir sebelum akhirnya dilepaskan ke dalam ruangan.

4.4 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

Berdasarkan hasil pembahasan dan perhitungan data yang diperoleh, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan beban pendinginan pada ruang serbaguna lantai 3 dengan luas 7517.23 m² 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] ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual, The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning, inc. Atlanta, 1997.
- [2] ASHRAE Handbook Fundamentals, The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning, inc. Atlanta, 1997
- [3] ASHRAE. 1997. *ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
- [4] Azizah, Dwina S.N. 2015. *Evaluasi Peluang Penghematan Energi Pada Lantai Ground Gedung Mall CDE di Surabaya dengan Analisa Sistem Penerangan dan Beban Pendinginan*. Surabaya: Tugas Akhir, ITS Surabaya.
- [5] Budi Yanto, Atiqoh Nurul. 2014. *Jurnal "Analisa Audit Konsumsi Energi Sistem Hvac (Heating, Ventilasi, Air Conditioning) Di Terminal 1a, 1b, Dan 1c Bandara Soekarno-Hatta"*. Universitas Mercu Buana: Jakarta.
- [6] Hendradinata. 2015. *Jurnal "Perencanaan Unit Mesin Pendingin Untuk Kebutuhan Pengkondisian Udara Pada Gedung Rektorat Politeknik Sekayu"*. Politeknik Sekayu: Sumatera.
- [7] Pita, Edward G. 1981. *Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc
- [8] Stockher, WF, Jones. Jerold. W, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Erlangga, Jakarta, 1989.