

# Perancangan *Air Conditioning* (AC) Sentral pada Gedung G Institut Teknologi Indonesia

Hasan Abdurrachman<sup>1,a)</sup>, Maradu Sibarani<sup>2,b)</sup>, Jones Victor Tuapetel<sup>3,c)</sup>

<sup>1,3)</sup> Program Studi Teknik Mesin ITI,  
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

<sup>2)</sup> Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, BATAN,  
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

email : <sup>a)</sup>amanaman1805@gmail.com, <sup>b)</sup>sibaranimaradu@yahoo.com, <sup>c)</sup>jvictor\_tuapetel@yahoo.com

## Abstrak

Pengkondisian 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. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang pengkondisian udara pada gedung G Institut Teknologi Indonesia (ITI) sehingga tercipta kondisi nyaman pada seluruh ruangan di gedung G. Sistem pengkondisian udara yang dirancang untuk gedung G yaitu dengan pengkondisian udara secara sentral atau yang disebut dengan *Air Conditioning* (AC) sentral. Beban pendinginan dihitung pada tiap-tiap ruangan yang ada pada gedung G meliputi beban pendingin transmisi dan radiasi dari kaca, transmisi melalui dinding dan atap, manusia, peralatan listrik, dan ventilasi serta infiltrasi. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh total beban pendingin yang didapat adalah 128 TR (Tons Refrigerant) dengan udara suplai 25000 cfm untuk lantai 1, 72 TR dengan udara suplai 15400 cfm untuk lantai 2, dan 305 TR dengan udara suplai 40800 cfm untuk lantai 3. Dari perhitungan beban pendingin serta udara suplai yang didapat, maka pemilihan mesin pendingin untuk beban lantai 1, 2, dan 3 adalah merk York tipe 1315.

**Kata Kunci:** AC sentral, beban pendingin, mesin pendingin, pengkondisian udara

## Abstract

*Air conditioning is the treatment of air to regulate the temperature, humidity, cleanliness, and distribution simultaneously to achieve the comfortable conditions required by people who are in a room. The purpose of this design is to design the air conditioning in building G Institut Teknologi Indonesia (ITI) to create comfortable conditions in all rooms in building G. The air conditioning system designed for the G building is central air conditioning. The cooling load calculated on each room in building G; covering transmission and radiation cooling loads from glass, transmission through walls and roofs; humans; electrical appliances; and ventilation and infiltration. Total cooling load calculation yield 128 TR (Tons Refrigerant) with air supply 25000 cfm for 1<sup>st</sup> floor, 72 TR with air supply 15400 cfm for 2<sup>nd</sup> floor, and 305 TR with air supply 40800 cfm for 3<sup>rd</sup> floor. From calculation of coolant load and supply air obtained, the 1st and 2nd floor loads are cooled by a York type air conditioner 1315, while the 3rd floor loads are also cooled by a York-type air conditioner 1315.*

**Keywords:** air conditioning, AC central, cooling loads, chiller

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Guna menciptakan kondisi yang nyaman bagi tubuh, manusia berusaha membuat sebuah bangunan yang dapat melindungi dari iklim yang ekstrim, misalnya udara yang panas dan sengatan matahari, atau udara yang sangat dingin. Pengkondisian udara yang kita kenal sekarang yang terdapat di setiap ruangan pada gedung adalah *Air Conditioning* (AC). AC adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengondisikan udara. Bisa dikatakan bahwa AC adalah alat yang berfungsi sebagai penyejuk dan pengatur udara ruangan. Penggunaan AC pada ruangan

dimaksudkan untuk memperoleh temperatur udara yang diinginkan (sejuk atau dingin) dan nyaman bagi tubuh.

Penelitian ini mengkaji dan menganalisis langkah-langkah perhitungan untuk sistem pengkondisian udara yang paling cocok dan sesuai dengan situasi dan kondisi gedung bertingkat, tepatnya pada gedung G Institut Teknologi Indonesia di Tangerang Selatan.

Gedung G terdiri atas 3 lantai. Lantai 1 terdiri atas dua buah ruang laboratorium. Kemudian di lantai 2 terdiri atas tiga buah ruang kelas dan enam buah ruang kantor program studi. Terakhir pada lantai 3 terdapat dua buah ruang kelas dan satu buah ruang aula. Dengan demikian, penggunaan pendingin ruangan sangatlah dibutuhkan demi kenyamanan pengguna ruangan. Sehubungan dengan hal

tersebut terdapat beberapa yang harus diketahui seperti kapan dan dimana terjadinya beban puncak pada sistem pengkondisian udara itu sendiri.

Agar memperoleh pengoperasian sistem tata udara yang efisien tanpa harus mengorbankan kenyamanan ruangan dan lingkungan, maka diperlukan suatu analisis perhitungan yang detail guna mendapatkan efisiensi energi dan ekonomi dengan optimasi kapasitas sistem penyejuk udara tersebut sesuai dengan kebutuhan.

### B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah membangun rancangan sistem pengkondisi udara guna menggantikan pengkondisian udara yang digunakan saat ini (*AC split*) dengan AC sentral, dimana dilakukan perbandingan dari segala sisi pada AC split dan AC sentral yakni perhitungan beban pendingin pada tiap ruangan serta biaya operasinya.

### C. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah:

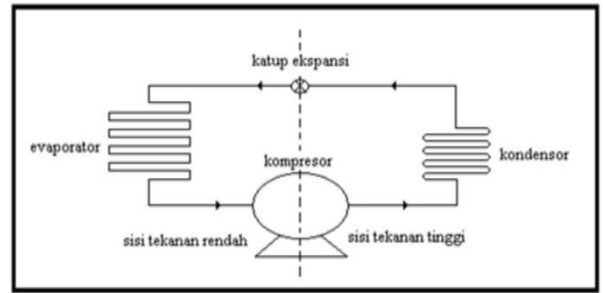
1. Tidak ada *shading* dari *reveral* dan bangunan lain disekitarnya.
2. Tidak membahas konstruksi dari mesin utama dan bangunan.
3. Memilih spesifikasi mesin atau alat utama berdasarkan perhitungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengkondisian udara adalah pengaturan kondisi udara yang meliputi temperatur, kelembapan, kualitas udara, dan sirkulasi secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya [1]. Pengkondisian udara harus dapat mengontrol suhu udara yang diinginkan untuk setiap waktu serta pada prinsipnya proses kerja dari sistem pengkondisian ini adalah menyangkut tentang panas yaitu menambah atau membuang sejumlah panas dari tempat yang dikondisikan.

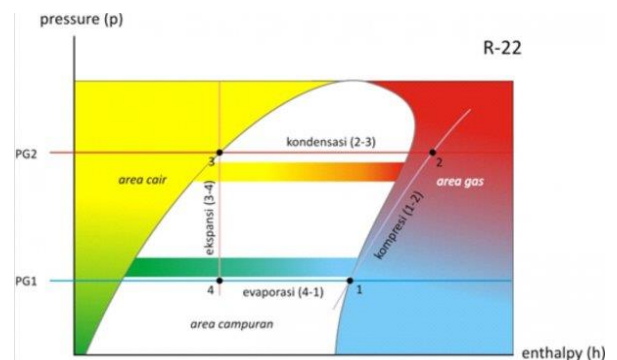
Refrigerasi adalah produksi atau pengusahaan dan pemeliharaan tingkat suhu dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah dari pada suhu lingkungan atau atmosfer sekitarnya dengan cara penarikan atau penyerapan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Refrigerasi dapat dikatakan juga sebagai sebagai proses pemindahan panas dari suatu bahan atau ruangan ke bahan atau ruangan lainnya [2]. Pendinginan atau refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas pada suatu benda dimana proses ini terjadi karena proses penguapan bahan pendingin (*refrigerant*) [3]. Refrigerasi memanfaatkan sifat-sifat panas (*thermal*) dari bahan *refrigerant* selagi bahan itu berubah keadaan dari bentuk cairan menjadi bentuk gas/uap atau sebaliknya dari gas kembali menjadi cairan.

Dalam suatu sistem refrigrasi mekanik, berlangsung beberapa proses fisik yang sederhana. Jika ditinjau dari segi termodinamika, seluruh proses perubahan itu melibatkan tenaga panas yang dikelompokkan atas panas laten penguapan, panas sensibel, panas laten pengembunan dan lain sebagainya. Suatu siklus refrigrasi secara berurutan berawal dari pemampatan, melalui pengembunan (kondensasi), pengaturan pemuai dan berakhir pada penguapan (evaporasi) [2]. Siklus refrigrasi sederhana ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Siklus refrigrasi

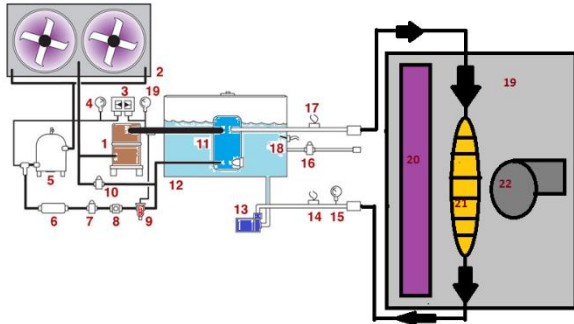
Diagram p-h (*pressure–enthalpy*) dari siklus refrigrasi ditunjukkan pada Gambar 2. Entalpi adalah istilah dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energi dari suatu sistem termodinamika. Satuan SI dari entalpi adalah joule, namun digunakan juga satuan British Thermal Unit (BTU) dan kalori. Total entalpi (H) tidak bisa diukur langsung. Entalpi merupakan potensial termodinamika sehingga untuk mengukur entalpi suatu sistem harus ditentukan titik *reference* terlebih dahulu, kemudian perubahan entalpi  $\Delta H$  diukur. Perubahan  $\Delta H$  bernilai positif untuk reaksi *endotherm* dan negatif untuk *exothermic*.



Gambar 2. Diagram *pressure–enthalpy* siklus refrigrasi

Sistem *Air Cooled Chiller* adalah suatu sistem rakitan dimana di dalamnya terdapat kompresor, kondensor, katup ekspansi, evaporator, dan komponen pendukung lainnya untuk menjalankan sistem refrigrasi. Kumpulan komponen tersebut dinamakan *chiller* [4]. Gambar 3 menunjukkan skematik *air cooled chiller*. Kemudian untuk sistem pengolah udara terdapat komponen berupa Air Handling Unit (AHU) serta *ducting*. Pada sistem tersebut, cairan *refrigerant* sebagai media pendingin primer menyerap kalor laten dari *refrigerant* sekunder yaitu air. Air dialirkan evaporator pada temperatur dan tekanan rendah sehingga terjadi penguapan yang berfasa uap, kemudian *refrigerant* dialirkan ke kompresor. Di dalam kompresor tekanan dan temperatur akan naik sampai batas tertentu. Setelah terjadi perubahan dalam kompresor tersebut, maka *refrigerant* tersebut akan diteruskan ke kondensor. Pada kondensor terjadi pengembunan dimana terdapat temperatur dan tekanan tinggi yang dipertahankan konstan. Selanjutnya *refrigerant* dikirim ke katup ekspansi. Pada katup ekspansi, terjadi pengabutan pada cairan *refrigerant* yang menyebabkan tekanan dan

temperatur turun perlahan. Cairan *refrigerant* keluar dari katup ekspansi yang bertekanan dan bertemperatur rendah tersebut, kemudian dialirkan ke evaporator. Di dalam evaporator terjadi penguapan karena cairan *refrigerant* menyerap kalor dari air. Air tersebut mengalir ke dalam koil pendingin yang terdapat pada AHU, dimana kemudian udara yang dihisap oleh AHU dari ruangan akan melewati koil pendingin sehingga udara menjadi dingin. Udara dingin kemudian akan didistribusikan ke ruangan yang membutuhkan. Air yang telah melewati koil pendingin akan kembali lagi ke *chiller* untuk didinginkan kembali dan setelahnya siklus berulang kembali seperti semula.



**Gambar 3.** Skematik *air-cooled chiller*

Dari Gambar 3 terdapat komponen penting diantaranya sebagai berikut:

1. Kompresor (1), memiliki dua fungsi dalam siklus *refrigerant*. Pertama menghilangkan uap zat pendingin dari evaporator dan mengurangi tekanan dalam evaporator ke titik di mana suhu penguapan yang diinginkan dapat dipertahankan. Kedua menaikkan tekanan uap zat pendingin ke tingkat yang cukup tinggi sehingga suhunya lebih tinggi dari suhu medium pendingin yang tersedia untuk kondensasi dalam uap zat pendingin.
2. *Air Cooled Condensor* (2), adalah penukar panas dimana proses panas yang diserap oleh *refrigerant* dilepaskan ke udara di sekitarnya. Seperti panas yang dilepaskan oleh uap tekanan tinggi suhu tinggi, suhunya turun sampai uap mengembun ke cairan. Penggerak motor mendorong aliran udara melintasi kondensator.
3. *Liquid Receiver* (5), adalah tanki penyimpanan penyedia cairan *refrigerant*.
4. *Filter Dryer* (6), berfungsi mencegah atau menghilangkan kelembaban, kotoran, dan bahan asing lainnya dari zat pendingin yang akan membahayakan komponen sistem dan mengurangi efisiensi.
5. Katup Ekspansi (9), terjadi pengabutan pada cairan *refrigerant* yang menyebabkan tekanan dan temperatur turun perlahan. Cairan *refrigerant* keluar dari katup ekspansi yang bertekanan dan bertemperatur rendah tersebut.
6. Evaporator (11), alat untuk menyerap panas pada air yang digunakan untuk proses pendinginan pada koil pendingin yang terdapat pada AHU, dimana *refrigerant* menyerap panas pada air saat menguap.
7. Pompa Utama (13), berfungsi untuk mensirkulasikan air yang sudah didinginkan di evaporator yang selanjutnya dialirkan ke AHU.
8. AHU (*Air Handling Unit*) (19), suatu mesin penukar kalor, dimana terdapat koil pendingin dan *blower*.
9. Filter Udara (20), berfungsi menyaring udara yang dihisap dari ruangan (*return air*) serta dari lingkungan (*fresh air*) sebelum melewati koil pendingin untuk didinginkan.
10. Koil Pendingin (21), dimana aliran air setelah dari chiller masuk ke koil pendingin yang berfungsi mendinginkan udara yang melewati koil pendingin kemudian diteruskan oleh *blower* dan dihembuskan ke ruangan.
11. *Blower* (22), berfungsi meneruskan udara yang telah melewati koil pendingin menuju *ducting*, dimana setelahnya akan didistribusikan ke ruangan yang akan dikondisikan udaranya.

Formula perhitungan beban pendingin ditunjukkan pada Tabel 1 [5].

**Tabel 1.** Perhitungan beban pendingin

Beban Pendingin	Jenis Beban	Rumus
Kaca	Radiasi	$Q = U \times A \times \Delta T$
	Transmisi	$Q = SHGF \times A \times SC$
Dinding	Transmisi	$Q = U \times A \times \Delta T$
Atap	Transmisi	$Q = U \times A \times \Delta T$
Penghuni	Sensibel	$Q = SHG \times n$
	Laten	$Q = LHG \times n$
Lampu	Sensibel	$Q = P \times n \times F_u \times F_b \times 3,41$
Peralatan Listrik	Sensibel	$Q = SHG \times n$
Infiltrasi	Sensibel	$Q = 1,08 \times CFM \times \Delta T$
	Laten	$Q = 4840 \times CFM \times \Delta W$
Udara Luar	Sensibel	$Q = 1,08 \times CFM \times \Delta T$
	Laten	$Q = 4840 \times CFM \times \Delta W$

Saluran pendistribusian udara (*Ducting*) berfungsi untuk menyalurkan udara yang telah dikondisikan dari mesin pendingin atau kita sebut juga AHU (*Air Handling Unit*) ke seluruh ruangan. Pemilihan sistem *ducting* baik desain, struktur, dan konstruksi juga harus memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut [6]:

1. Desain struktur dan konstruksi.
2. Khusus untuk ruangan–ruangan tertentu, elemen struktur yang terdapat di dalamnya hendaknya mempertimbangkan efek jangka panjang yang ditimbulkan dari *tools* pendukung sistem *ducting*.
3. Desain diharapkan untuk memungkinkan dilakukannya penggantungan dan penempelan bagian sistem pada konstruksi bangunan. Selain itu *ducting* juga harus memiliki syarat-syarat:
  1. *Ducting* harus dari bahan yang kuat.

2. Tidak menimbulkan bunyi.
3. Tahanan aliran udara rendah.
4. Tidak terjadi kebocoran.

Berdasar materialnya, dipasaran terdapat 4 material utama yang banyak digunakan yakni:

1. *Galvanized Steel*
2. *Polyurethane duct board (Pre-insulated aluminum ducts)*
3. *Fiberglass duct board (Pre-insulated non-metallic ductwork)*
4. *Flexible tubing*

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pertama adalah mencari literatur yang berkaitan dengan perancangan AC sentral.

Tahap kedua adalah melakukan pengumpulan data seperti data klimatologi, data kondisi ruang yang akan dikondisikan, serta data ruang tambahan lainnya seperti bahan dinding, jenis atap, serta jenis kaca yang digunakan.

Tahap ketiga adalah pengolahan data yang sudah dibuat dimana dengan data tersebut dapat ditentukan beban pendingin per ruangan yang selanjutnya ditotal untuk menentukan mesin pendingin yang tepat.

Tahap keempat adalah perbandingan hasil perhitungan dengan pengkondisian udara sebelumnya, untuk diketahui apakah secara perhitungan lebih efisien dan efektif menggunakan AC sentral yang sudah dirancang dibanding AC split sebelumnya.

Data perancangan dan data klimatologi ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data klimatologi

Keterangan	Hasil
Letak Lintang Selatan	6° 22 LS
Letak Bujur Timur	106° 49 BT
Temperatur Bola Kering	89,6 °F
Kelembaban Relatif	70%
Waktu Pengkondisian	14.00 WIB
Intensitas Puncak Matahari	11.00 - 14.00 WIB
<i>Solar Heat Gain Factor</i>	22 BTU/(hr.ft.°F)

Pengolahan data klimatologi dengan diagram psikometrik diberikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil diagram psikometrik data klimatologi

Keterangan	Hasil
Temperatur Bola Basah	80,6°F
Temperatur Pengembunan	78,08 °F
Entalpi	36,94 BTU/lb
Rasio Kelembaban	147 grains/lb
Volume Spesifik	14,32 ft <sup>3</sup> /lb

Data kondisi ruangan diberikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data kondisi ruang

Keterangan	Hasil
Temperatur Ruangan	77°F
Kelembaban Relatif	55%

Pengolahan data kondisi ruang dengan diagram psikometrik, diberikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil diagram psikometrik data kondisi ruang

Keterangan	Hasil
Temperatur Bola Basah	65,3°F
Temperatur Pengembunan	60,44°F
Entalpi	22,70 BTU/lb
Rasio Kelembaban	77 grains/lb
Volume Spesifik	13,75 ft <sup>3</sup> /lb

Data ruangan yang lain yang akan dikondisikan seperti tinggi dinding, bahan dinding, serta jenis atap dan jenis kaca dengan koefisien perpindahan panasnya diberikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Data ruang tambahan

Keterangan	Hasil
Tinggi Dinding	13,1234 ft
Bahan Dinding	4 in. <i>brick wall with plastering</i> $U = 0,17 \text{ BTU}/(\text{hr.ft}^2.\text{°F})$
Jenis Atap	<i>Tile Roofing</i> $U = 20 \text{ BTU}/(\text{hr.ft}^2.\text{°F})$
Jenis Kaca	<i>1/8 single glazing, glass only (skylight)</i>
Luas Kaca	$A = 2,690289 \text{ ft} \times 2,788714 \text{ ft}$

### IV. HASIL DAN ANALISIS

Data awal menyatakan total beban pendingin per lantai dengan nilai ERSH (*Effective Room Sensible Heat*) dan ERLH (*Effective Room Latent Heat*), yang ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

**Tabel 7.** Nilai ERSH

Lantai	Ruang	ERSH (BTU/hr)
1	G 1.1	24061,31
	G 1.2	23708,08
	G 1.3	58198,10
	G 1.4	25892,98
	G 1.5	58644,98
	G 1.6	64514,51
	G 1.7	66221,42
	G 1.8	48549,26
2	G 2.1	16960,78
	G 2.2	17821,46
	G 2.3	18045,96
	G 2.4	17973,03
	G 2.5	17964,22
	G 2.6	18045,96
	G 2.7	18045,96
	G 2.8	21578,03
	G 2.9	21578,03
	G 2.10	18045,96
3	G 2.11	18699,97
	G 2.12	21979,07
	G 3.1	30889,93
	G 3.2	518577,15
	G 3.3	25062,49
	G 3.4	29424,06

**Tabel 8.** Nilai ERLH

Lantai	Ruang	ERLH (BTU/hr)
1	G 1.1	23688,02
	G 1.2	23688,02
	G 1.3	118440,12
	G 1.4	25748,02
	G 1.5	60250,06
	G 1.6	118440,12
	G 1.7	118440,12
	G 1.8	53556,05
2	G 2.1	23688,02
	G 2.2	23688,02
	G 2.3	23688,02
	G 2.4	25748,02
	G 2.5	23688,02
	G 2.6	23688,02
	G 2.7	23688,02
	G 2.8	27808,02
	G 2.9	27808,02
	G 2.10	23688,02
3	G 2.11	23688,02
	G 2.12	27808,02
	G 3.1	41796,98
	G 3.2	1284418,35
	G 3.3	30310,60
	G 3.4	42070,83

Total dari nilai ERSH dan ERLH yaitu ERTH (*Effective Room Total Heat*) ditambah dengan OASH (*Outside Air Sensible Heat*) dan OALH (*Outside Air Latent Heat*) disebut GTH (*Grand Total Heat*). GTH dirumuskan dengan:

$$\begin{aligned} \text{GTH} &= \text{ERSH} + \text{ERLH} + \text{OASH} + \text{OALH} \\ &= \text{ERTH} + \text{OASH} + \text{OALH} \dots \dots [5] \end{aligned}$$

Nilai GTH untuk menentukan mesin beban pendingin diberikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Nilai GTH

Lantai	Ruang	GTH (BTU/hr)	
1	G 1.1	75465,22	
	G 1.2	75111,99	
	G 1.3	315182,69	
	G 1.4	79356,89	
	G 1.5	188167,28	
	G 1.6	321499,10	
	G 1.7	323206,01	
	G 1.8	157523,10	
	2	G 2.1	68364,69
		G 2.2	69225,37
		G 2.3	69449,87
		G 2.4	71436,94
G 2.5		69368,13	
G 2.6		69449,86	
3	G 2.7	69449,86	
	G 2.8	77101,94	
	G 2.9	77101,94	
	G 2.10	69449,87	
	G 2.11	70103,88	
	G 2.12	77502,98	
	G 3.1	120957,04	
	G 3.2	3316577,92	
	G 3.3	91566,54	
	G 3.4	122755,05	

Setelah menentukan nilai GTH, langkah selanjutnya adalah mencari kebutuhan *supply* udara masing-masing ruangan yang diberikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Kebutuhan *supply* udara

Lantai	Ruang	DehumidifiedAir (cfm)	
1	G 1.1	1600	
	G 1.2	1600	
	G 1.3	4000	
	G 1.4	1800	
	G 1.5	4000	
	G 1.6	4300	
	G 1.7	4500	
	G 1.8	3300	
	2	G 2.1	1200
		G 2.2	1200
		G 2.3	1200
		G 2.4	1200
G 2.5		1200	
G 2.6		1200	
3	G 2.7	1200	
	G 2.8	1500	
	G 2.9	1500	
	G 2.10	1200	
	G 2.11	1300	
	G 2.12	1500	
	G 3.1	2100	
	G 3.2	35000	
	G 3.3	1700	
	G 3.4	2000	

Rumus penentuan ukuran *ducting*:

$$A = \frac{\text{Kapasitas udara pada saluran utama}}{V} \dots \dots [5]$$

Dengan  $V = 3000$  fpm semua lantai, maka ukuran *ducting* untuk saluran utama untuk lantai 1:

$$A = \frac{25000 \text{ cfm}}{3000 \text{ fpm}}$$

$$A = 8,33 \text{ ft}^2$$

Untuk lantai 2 :

$$A = \frac{15400 \text{ cfm}}{3000 \text{ fpm}}$$

$$A = 5,13 \text{ ft}^2$$

Untuk lantai 3 :

$$A = \frac{40800 \text{ cfm}}{3000 \text{ fpm}}$$

$$A = 13,60 \text{ ft}^2$$

Pompa yang akan digunakan pada perancangan kali ini adalah 2 unit, dimana 1 unit akan melayani 1 *chiller* yang digunakan untuk lantai 1 dan lantai 2 dan 1 unit lagi akan melayani 1 *chiller* untuk lantai 3.

Debit aliran:

$$Q = \frac{Q_c}{C_p \times \rho \times \Delta T \times 3600} \dots \dots \dots [5]$$

Keterangan:

- $Q$  = Debit aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $Q_c$  = Kapasitas *Chiller* (kW)
- $C_p$  = Panas spesifik air pada temperatur masuk [(kW.h)/(kg.°C)]
- $\rho$  = Kerapatan massa air pada temperatur masuk ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- $\Delta T$  = Beda temperatur air masuk dengan keluar (°C)

Maka, debit alirannya :

$$\begin{aligned} Q_c &= 1118 \text{ kW} \\ C_p &= 0,00116 \text{ [(kW.h)/(kg.°C)]} \\ \rho &= 999,5 \text{ kg}/\text{m}^3 \\ \Delta T &= 12 - 7 = 5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{Q_c}{C_p \times \rho \times \Delta T \times 3600}$$

$$Q = \frac{1118}{0,00116 \times 995,5 \times 5 \times 3600}$$

$$Q = 0,0537 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan aliran dalam pipa:

$$V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots [5]$$

Dimana :

- $V$  = Kecepatan aliran (m/s)
- $Q$  = Debit Aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $A$  = Luas penampang pipa ( $\text{m}^2$ )
- $= \frac{1}{4} \times \pi \times D_i^2$

Maka, kecepatan aliran dalam pipa :

$$V = \frac{0,0537}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2}$$

$$V = 0,683 \text{ m/s}$$

Bilangan Reynolds :

$$R_e = \frac{\rho \times V \times D_i}{\mu} \dots \dots \dots [5]$$

Keterangan:

- $R_e$  = Bilangan Reynolds
- $\rho$  = Kerapatan massa air pada temperatur keluar ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- $V$  = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
- $D_i$  = Diameter dalam pipa (m)
- $\mu$  = Viskositas air pada temperatur keluar (mPa.s)

Maka, bilangan reynoldsnya :

$$\begin{aligned} \rho &= 999,9 \text{ kg}/\text{m}^3 \\ V &= 0,683 \text{ m/s} \\ D_i &= 0,1 \text{ m} \\ \mu &= 1,406 \times 10^{-3} \text{ mPa.s} \end{aligned}$$

$$R_e = \frac{999,9 \times 0,683 \times 0,1}{1,406 \times 10^{-3}}$$

$$R_e = 48572,66$$

Faktor Gesekan:

$$f = \frac{0,316}{\sqrt[4]{R_e}}, \quad R_e > 10000 [5]$$

Maka, faktor gesekannya:

$$f = \frac{0,316}{\sqrt[4]{48572,66}}$$

$$f = 0,0212$$

Rugi Gesek:

$$h_f = f \times \frac{L}{D_i} \times \frac{V^2}{2g} [5]$$

Keterangan:

- $h_f$  = Rugi Gesek (m)
- $f$  = Faktor Gesekan
- $L$  = Panjang total pipa (m)
- $D_i$  = Diameter dalam pipa (m)
- $V$  = Kecepatan aliran (m/s)
- $g$  = Kecepatan gravitasi ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

Maka, rugi geseknya adalah:

$$h_f = 0,0212 \times \frac{14}{0,1} \times \frac{0,683^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,07 \text{ m}$$

Rugi pada sambungan dan valve:

$$h_L = K \times \frac{V^2}{2g} [5]$$

Keterangan:

- $h_L$  = Rugi pada sambungan atau valve (m)
- $K$  = Koefisien *minor losses* dari beberapa tipe sambungan dan valve
- $V$  = Kecepatan aliran (m/s)
- $g$  = Kecepatan gravitasi ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

Maka, kerugian–kerugian yang terjadi adalah sebagai berikut:

$K$  = gate valve dan 3 buah  $90^\circ$  degree elbow  
= 0,2 dan  $3 \times 0,8$  ..... (lampiran)

$V$  = 0,683 m/s

$$h_L = [0,2 + (3 \times 0,8)] \times \frac{0,683^2}{2 \times 9,87}$$

$$h_L = 0,061 \text{ m}$$

Head beda ketinggian dan tekanan:

$$h_A = g\Delta z \dots \dots \dots [5]$$

Maka, headnya

$$h_A = 9,81 \times 10$$

$$h_A = 98,1 \text{ m}$$

**Total Head:**

$$H = 98,1 + 0,07 + 0,061$$

$$H = 98,231 \text{ m}$$

Daya Pompa yang dibutuhkan :

$$P = \rho gQH$$

$$P = 1000 \times 9,81 \times 0,0537 \times 98,231$$

$$P = 51747,8 \text{ W}$$

$$P = 51,747 \text{ kW}$$

Berdasarkan perhitungan ukuran *ducting*, maka AHU yang akan dipilih untuk lantai 1 adalah AHU merk *York type-YMBS model 8-BIS*, untuk lantai 2 adalah AHU merk *York type-YMBS model 7-BIS*, dan untuk lantai 3 adalah AHU merk *York type-YMBS model 10-BIS*. Sedangkan untuk mesin *Chiller* yang akan digunakan berjumlah 2 unit. Total beban pendinginan lantai 1 adalah 1535512,28 BTU/hr atau 128 TR. Kemudian untuk lantai 2 total beban pendinginannya adalah 858275,33 BTU/hr atau 72 TR. Terakhir adalah lantai 3 dengan total beban pendinginan 3651856,55 BTU/hr atau 305 TR. Dari 2 unit ini, 1 unit akan melayani lantai 1 dan lantai 2, sedangkan unit lainnya akan melayani lantai 3 dan juga bertindak sebagai cadangan jika unit pertama tidak berjalan. Karena penggunaan lantai 3 jarang, maka unit kedua *chiller* ini akan bertindak sebagai cadangan dari unit pertama. *Chiller* yang digunakan adalah *Air-cooled VSD screw Chiller* merk *York tipe 1315*.

## V. KESIMPULAN

1. Total beban pendingin yang didapat adalah 128 TR (Tons Refrigerant) dengan udara suplai 25000 cfm untuk lantai 1, 72 TR dengan udara suplai 15400 cfm untuk lantai 2, dan 305 TR dengan udara suplai 40800 cfm untuk lantai 3.
2. *Chiller* yang akan digunakan berjumlah 2 unit dimana unit pertama akan melayani beban pendinginan pada lantai 1 dan lantai 2, sedangkan unit kedua akan melayani lantai 3. *Chiller* yang digunakan adalah *Air-cooled VSD screw Chiller* merk *York tipe 1315*.
3. AHU yang digunakan berjumlah 3 unit. AHU yang akan dipilih untuk lantai 1 adalah AHU merk *York type-YMBS model 8-BIS*, untuk lantai 2 adalah AHU merk *York type-YMBS model 7-BIS*, dan untuk lantai 3 adalah AHU merk *York type-YMBS model 10-BIS*.

4. Pompa yang akan digunakan pada perancangan kali ini adalah 2 unit, dimana 1 unit akan melayani 1 *chiller* yang digunakan untuk lantai 1 dan lantai 2. Sedangkan 1 unit lagi akan melayani 1 *chiller* untuk lantai 3.

## REFERENSI

- [1] McQuiston Faye C., Jerald D. Parker, *Heating, Ventilating, and Air Conditioning*, Second Edition, John Wiley & Sons, 2005.
- [2] Hartanto M., *Thomas Food Industry Register*, Volume 1, Greyhouse Publishing, 1992.
- [3] Croome D. J., B. M. Roberts, *Air Conditioning and Ventilation of Buildings*, Volume 1, Second Edition, Pergamon Pr, 1995.
- [4] Raymond K.L. Chan, Eric W.M. Lee, Richard K.K. Yuen. An integrated model for the design of air-cooled chiller plants for commercial buildings. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, vol.4, no.1, 2015.
- [5] ASHRAE, *Handbook of Air Conditioning Fundamental*, ASHRAE, 2001.
- [6] Agus Lukito, Analisis pengaruh pipa kapiler yang dililitkan pada *line suction* terhadap performansi mesin pendingin. *Jurnal Teknik Mesin*, vol.4, no. 2, Oktober 2002, pp. 94 – 98.