

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Ahmad Faruq Alhikami (2015) melakukan penelitian mengenai Optimasi penggunaan Listrik Sistem Pendingin Gedung Komersial Di Indonesia Menggunakan *Thermal Energy Storage*. Dalam penelitiannya penulis menghitung biaya penghematan pada setiap gedung komersial dengan menerapkan sistem TES, dengan rata-rata mencapai 19,6% penghematan terbesar terjadi pada gedung kantor pemerintah dan kantor swasta yang mencapai 21%, dengan rincian kantor swasta ROI 47% dan *payback period* selama 2 tahun dan untuk kantor pemerintah ROI sebesar 35% dan *payback period* selama 3 tahun, nilai ROI dan *payback period* tidak bergantung pada besar beban pendinginan gedung, sedangkan kapasitas chiller dan TES Tank akan meningkat seiring bertambahnya beban pendinginan gedung komersial.

Iman Syahrizal, Seno Panjaitan, Yandri (2013) melakukan penelitian mengenai Analisis Konsumsi energi listrik pada sistem pengkondisian udara berdasarkan variasi kondisi ruangan (studi kasus di politeknik sambas). Semakin banyak kalor yang diserap evaporator, maka kinerja kompresor semakin meningkat dan membutuhkan daya listrik yang lebih besar, begitu juga dengan penambahan beban pendingin mengakibatkan peningkatan energi listrik oleh sistem *Air Conditioner*.

Rokho Rozan (2017) melakukan penelitian mengenai Perancangan dan Instalasi Pengkondisi Udara Jenis VRV (*Variable Refrigerant Volume*) Pada Gedung Medik Rumah Sakit Santa Maria Pernalang. Gedung rumah sakit tersebut memiliki 5 lantai yang terdiri dari lantai 1 hingga lantai 4 dan lantai Attic, dalam penelitiannya dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan

kapasitas dalam setiap ruangan, kapasitas *outdoor unit*, melakukan perancangan terhadap drain AC, pipa *refrigerant*, dan power AC.

Ezar Kuntoro Khairy (2017) melakukan penelitian mengenai Perencanaan Instalasi Listrik Gedung Rumah Sakit Al-Irsyad Surabaya. Dalam penelitiannya dilakukan perhitungan terhadap beban listrik yang terpasang pada gedung rumah sakit dengan total beban sebesar 665,8 kVa, beserta rincian alokasi beban totalnya. Memilih kapasitas kapasitor bank, suplai PLN yang diperlukan dan juga menentukan kapasitas genset dan trafo yaitu sebesar 400 kVa.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Pengertian sistem tata udara

Sistem tata udara merupakan suatu proses untuk mencapai kondisi nyaman yang diperlukan dalam suatu ruangan, dengan cara mengatur suhu, kelembaban, serta pendistribusian udara dengan memperhatikan kebersihan udara sehingga suhu ruangan mencapai temperatur dan kelembaban yang ideal.

2.2.2 Penggunaan sistem tata udara

Dalam penggunaannya umumnya sistem tata udara dibagi menjadi tiga, yakni :

1. Sistem tata udara untuk kenyamanan

Sistem tata udara untuk kenyamanan yaitu pengkondisian udara pada ruangan untuk memberikan kenyamanan bagi orang yang sedang melakukan aktivitas/kegiatan pada ruangan tersebut, biasanya digunakan di perkantoran, hotel, tempat tinggal dan lain-lain.

2. Sistem tata udara untuk industri

Sistem tata udara untuk keperluan industri yaitu pengkondisian udara yang bertujuan untuk memberikan kenyamanan lingkungan kerja bagi karyawan, juga untuk mengatur suhu beserta kelembaban yang digunakan untuk proses produksi, penyimpanan, lingkungan kerja mesin dan sebagainya yang berkaitan dengan proses yang dibutuhkan dalam industri.

3. Sistem tata udara khusus

Sistem tata udara khusus yaitu pengkondisian udara untuk penggunaan khusus seperti pada rumah sakit (ruang bedah, ruang perawatan, ruang optik, dan lainnya). Tujuannya adalah untuk mempertahankan kondisi udara lingkungan supaya tetap nyaman dan bersih untuk mencegah penyebaran dan berkembangnya bakteri melalui perantara udara, sehingga dengan adanya sistem tata udara diharapkan udara dalam ruangan dapat steril dari bakteri dan penyakit.

2.2.3 Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal orang

1. Temperatur udara kering

Temperatur udara kering berpengaruh terhadap besar kecilnya jumlah kalor yang dilepas pada proses evaporasi. Pada daerah tropis sendiri daerah kenyamanan termal dapat terbagi menjadi daerah sejuk nyaman dengan temperatur efektif berkisar antara $20,5^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$, daerah nyaman optimal dengan temperatur efektif berkisar antara $22,8^{\circ}\text{C} - 25,8^{\circ}\text{C}$, dan daerah hangat nyaman dengan temperatur efektif berkisar antara $25,8^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$.

2. Kelembaban udara relatif

Kelembaban udara relatif merupakan perbandingan jumlah uap air yang dikandung udara dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur suhu ruangan. Pada daerah tropis RH yang dianjurkan berkisar antara 40%-50%, namun untuk ruangan dengan jumlah padat RH masih diperbolehkan berkisar hingga 55%-60%.

3. Kecepatan udara

Dalam mempertahankan kondisi nyaman, maka kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik. Kecepatan udara dapat lebih besar tergantung pada temperatur udara kering, seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 kecepatan udara dan kesejukan

Kecepatan udara (m/detik)	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35
Temperatur udara kering (°C)	25	26,8	26,9	27,1	27,2

4. Radiasi permukaan yang panas

Apabila dalam suatu ruangan yang sejuk namun terdapat dinding yang panas disekitarnya maka hal tersebut dapat berpengaruh terhadap suhu ruangan yang sejuk, seperti misalnya sebuah ruangan kerja yang berdekatan dengan dapur yang memiliki suhu yang lebih tinggi, tentu akan mempengaruhi suhu ruangan kerja didekatnya. Maka temperatur radiasi rata-rata harus sama dengan udara kering di udara, apabila temperatur radiasi rata-rata lebih tinggi dari

udara kering ruangan maka sebisa mungkin udara ruangan harus dirancang agar lebih rendah dari biasanya.

5. Aktivitas orang

Dalam memperhitungkan sistem pengkondisian udara dalam suatu bangunan tentu tidak akan sama nilai beban pendinginan yang dibutuhkan antara ruangan yang satu dengan yang lainnya. Aktivitas seseorang dalam ruangan dapat mempengaruhi kebutuhan pendinginan dalam suatu ruangan seperti halnya beban pendinginan pada pusat perbelanjaan tentu akan berbeda dengan beban pendinginan pada ruangan kantor karena aktivitas orang yang dilakukan pada ruangan tersebut berbeda.

Berikut adalah Tabel 2.2. yang berasal dari standar SNI 03-6572-2001 yang menunjukkan besarnya kalor total yang dihasilkan dari aktivitas pria dewasa. Untuk wanita dewasa nilainya 85% dari nilai kalor pria dewasa, untuk anak-anak nilainya 75% dari nilai kalor pria dewasa.

Tabel 2. 2 Laju pertambahan kalor dari penghuni dalam ruangan

Tingkat aktivitas	Tipe penggunaan	Kalor total dewasa, pria		Kalor total yang disesuaikan untuk wanita		Kalor sensibel		Kalor laten	
		Btu/Jam	W	Btu/Jam	W	Btu/Jam	W	Btu/Jam	W
Duduk di gedung pertunjukkan	Siang hari	390	114	330	97	225	66	105	31
Duduk di gedung pertunjukkan	Malam hari	390	114	350	103	245	72	105	31
Duduk, kerja amat ringan	Kantor, hotel, apartemen	450	132	400	117	245	72	155	45

Tingkat aktivitas	Tipe penggunaan	Kalor total dewasa, pria		Kalor total yang disesuaikan untuk wanita		Kalor sensibel		Kalor laten	
		Btu/Jam	W	Btu/Jam	W	Btu/Jam	W	Btu/Jam	W
Kerja kantor dengan keaktifan sedang	Kantor, hotel, apartemen	475	139	450	132	250	73	200	59
Berdiri, kerja ringan, berjalan	Pusat belanja, pertokoan	550	162	450	132	250	73	200	59
Berjalan, berdiri	Apotik, bank	550	162	500	146	250	73	250	73
Pekerjaan terus menerus	Restoran	490	144	550	162	275	81	275	81
Pekerjaan bengkel ringan	Pabrik	800	235	750	220	275	81	475	139
Berdansa	Hall dansa	900	264	850	249	305	89	545	160
Berjalan 3 mph, pekerjaan mesin yang ringan	Pabrik	1000	293	1000	293	375	110	625	183
Bowling	Bowling alley	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Pekerjaan berat	Pabrik	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Pekerjaan mesin yang berat, mengangkat	Pabrik	1600	469	1600	469	635	186	865	283
Atletik	gimnasium	2000	586	1800	528	710	208	1090	320

2.2.4 Jenis sistem tata udara

Sistem udara terbagi menjadi dua jenis yaitu sistem pendingin langsung (*direct cooling*) dan sistem pendinginan tidak langsung (*indirect cooling*).

1. *Direct cooling*

Dalam sistem ini udara didinginkan langsung oleh Freon (*refrigerant*) yang disirkulasikan oleh kompresor.

2. *Indirect cooling*

Pada sistem ini digunakan air dingin dengan temperatur sekitar 5°C yang diproduksi pada chiller, lalu mesin ini menggunakan *refrigerant* sebagai media pendingin airnya. Dalam pendistribusiannya biasanya menggunakan AHU (*Air Handling Unit*)/FCU (*Fan Coil Unit*). Sistem ini biasanya digunakan pada bangunan tinggi.

2.2.5 Pengertian *Air Conditioner* dan faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan sistem

Air conditioner merupakan suatu perangkat yang memiliki fungsi untuk mendinginkan udara dengan cara mensirkulasikan gas *refrigerant* pada pipa yang ditekan dan dihisap oleh kompresor. Tujuannya tentu untuk memberikan udara yang sejuk dan memberikan kenyamanan pada orang yang sedang berada dalam ruangan/bangunan. Prinsip kerjanya yakni mengambil kalor dari ruang yang bersuhu rendah untuk dibuang ke lingkungan yang bersuhu tinggi, hal ini merupakan bagian dari penerapan hukum termodinamika dalam teknologi.

Beberapa faktor yang dapat menentukan kenyamanan pada ruangan ditentukan oleh temperatur, sirkulasi udara dan juga kebersihan udara, sehingga *air conditioner* harus mampu mengontrol temperatur ruangan, mengontrol sirkulasi udara, dan menjaga kebersihan udara.

Untuk menghasilkan udara yang diinginkan, maka perlu dilakukan perancangan pengkondisian udara sesuai prosedur, dan melakukan survey seperti :

1. Fungsi ruang dalam gedung, seperti mengetahui kegiatan utama dalam suatu ruangan, waktu kegiatan puncak, dan bagaimana pola pakai penghuni.

2. Kondisi termal dalam gedung, seperti mengetahui temperatur udara, kuantitas udara yang diperlukan untuk menentukan sirkulasi udara dan juga kelembaban udara relatif (RH).
3. Data gedung, dalam melakukan perancangan diperlukan data fisik bangunan, data beban pendinginan, dan juga karakteristik termal. Beban pendinginan sendiri terdiri dari 2 jenis yaitu beban sensibel dan beban laten, beban sensibel yaitu beban kalor yang dipengaruhi oleh temperatur udara melalui konduksi, konveksi, atau radiasi, seperti peralatan elektronik dalam ruangan, lampu dan lainnya. Sedangkan beban laten yaitu beban kalor yang dipengaruhi oleh perubahan fasa dari air biasanya diakibatkan oleh uap penanak nasi, setrika uap dan lainnya.
4. Data cuaca dan iklim, perlu diperhatikan karena setiap lokasi bangunan memiliki iklim dan cuaca yang mungkin berbeda satu sama lainnya terlebih jika berbeda kota atau Negara.

2.2.6 Jenis pendingin udara

1. AC split/wall mounted

Terbagi menjadi *outdoor unit* dan *indoor unit* dimana *outdoor unit* berisi kondensor, kompresor, dan filter refrigeran. *Indoor unit* terdiri dari evaporator, *blower*, filter udara, dan unit kontrol. Sedangkan dalam kapasitas yang lebih besar unit dalam ruangan dapat lebih dari satu unit (*multisplit*) dengan unit luar tetap satu. Tipe lainnya yaitu *split duct* yang memiliki jangkauan distribusi udara lebih luas dan merata.



Gambar 2. 1 AC Split

(sumber: <https://serviceacjogja.pro/>)

2. AC Window

Terdiri dari *blower*, kompresor, kondensor, filter refrigeran, evaporator, *expansion valve* dan unit kontrol yang terpasang pada *base plate*. AC jenis ini relatif murah untuk kapasitas yang kecil mudah digunakan dan juga mudah dalam pemasangan. Kelemahannya yaitu kebisingan yang dihasilkan dari AC ini, penyebabnya adalah letak kompresor yang berdekatan, untuk ruangan dengan kapasitas kecil AC ini cocok digunakan.



Gambar 2. 2 AC Window

(sumber: www.hvachowto.com/)

3. *Standing floor AC*

Merupakan pendingin ruangan yang fleksibel dan praktis karena unit pendingin ini sangat mudah untuk dipindahkan sesuai keinginan dan kebutuhan. Unit ini berbentuk balok mirip dengan bentuk kulkas. Sama dengan jenis AC lainnya *standing floor AC* menggunakan *refrigerant* dan terdiri dari sistem *outdoor* dan *indoor* namun jenis *indoornya* yang mudah diletakkan dan tidak bersifat permanen sehingga memberikan kemudahan dan fleksibilitas yang tinggi.



Gambar 2. 3 AC Standing Floor

(sumber: <https://yonanac99.en.made-in-china.com/>)

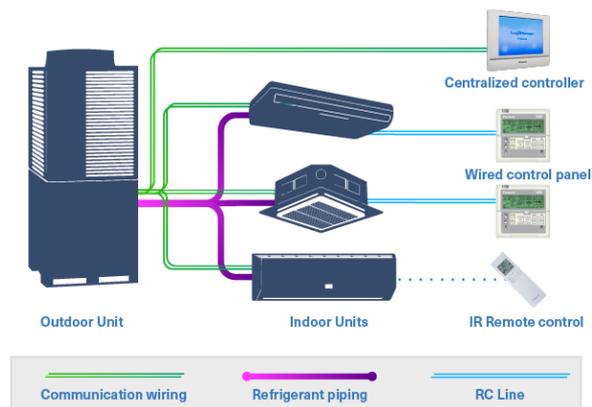
4. AC Sentral

Merupakan suatu sistem dimana proses pendinginan udara terpusat pada satu lokasi saja yang nantinya didistribusikan ke semua ruangan.

a. AC sistem VRV

Pada sistem VRV atau *Variable Refrigerant Volume* setiap *indoor* memiliki *expansion valve* sehingga sistem ini hanya memerlukan satu jalur pipa dari *outdoor* ke *indoornya*, dimana satu *outdoor* dapat melayani beberapa *indoor*. setiap *indoor* dapat berbeda jenis pada sistem ini

karena setiap *indoor* memiliki *expansion valve* masing-masing. Pada unit *outdoor* VRV beberapa modul dapat digabung sehingga kapasitas bisa menjadi lebih besar. Refrigeran adalah satu-satunya bahan pendingin pada sistem ini, tidak seperti sistem air dingin, disini refrigeran digunakan untuk pendinginan sekaligus pemanasan air yang beredar pada sistem. Selain itu sistem ini juga menggunakan kompresor inverter yang memungkinkan untuk konsumsi daya yang lebih hemat.



Gambar 2. 4 AC VRV (*Variable Refrigerant Volume*)

(sumber: www.acvrvdaikin.com/)

Prinsip kerja AC VRV hampir sama dengan sistem multi-split yaitu menghubungkan unit *outdoor* ke beberapa evaporator, namun perbedaannya adalah pada sistem VRV aliran refrigeran yang dialirkan pada setiap evaporator pada ruangan terus disesuaikan. Yaitu dengan terus merubah terus menerus aliran refrigeran melalui katup modulasi pulsa yang ditentukan oleh mikroprosesor yang menerima informasi dari sensor termistor di setiap unit dalam ruangan. Unit *indoor* terhubung dengan unit *outdoor* yang akan merespon kebutuhan unit *indoor* dengan memvariasikan

kecepatan kompresor agar sesuai dengan total persyaratan kebutuhan pendinginan atau pemanasan. Teknologi VRV yang modern menggunakan scroll kompresor yang digerakkan oleh inverter dan memungkinkan 48 unit *indoor* atau bahkan lebih dalam satu unit *outdoor*, kompresor ini mampu mengubah kecepatan untuk mengikuti variasi total dalam beban pendinginan/pemanasan.

Model pompa pada sistem VRV ada dua tipe yaitu *heat pump systems* pada sistem ini pemanasan dan pendinginan memungkinkan pada semua unit *indoor* dimana saat ruangan dalam mode pendinginan maka akan bertindak sebagai evaporator sedangkan saat mode pemanasan akan bertindak sebagai kondensor sehingga sistem ini disebut sistem dua pipa dan *energy recover*, sistem ini dapat beroperasi secara bersamaan dalam mode pemanasan atau pendinginan, biasanya ada yang menggunakan sistem dua pipa atau sistem tiga pipa tergantung produsen pembuatnya, namun kebanyakan menggunakan sistem tiga pipa dimana terdapat saluran cair, saluran gas, dan saluran hisap.

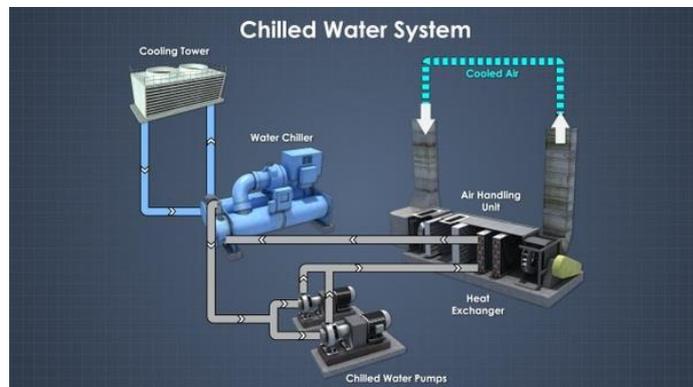
b. AC sistem Chiller

Sistem ini menggunakan sistem mesin pendingin kompresi uap, dimana proses pendinginannya terpusat kemudian didistribusikan ke semua lokasi. Komponennya terdiri dari kompresor, katup ekspansi, kondensor, dan evaporator. Chiller biasanya diklasifikasikan dalam beberapa hal sebagai berikut :

1. Metode pembuangan panas di kondensor
 - Media Air
 - Media Udara

2. Type kompresornya
 - *Scrool*
 - *Screw*
 - *Centrifugal*
 - *Magnetic Bearing*
3. Sumber tenaga (*electric atau heat*)
4. *Starter (start delta, soft starter, & inverter)*
5. Tipe refrigeran biasanya menggunakan tipe R-410a, R-407c, R-134a, dan lainnya.

Kapasitas chiller bisa mencapai 3 TR hingga 2600 TR, dan dapat beroperasi pada input tegangan 220V untuk kapasitas kecil sedangkan 380 Volt - 13000 Volt pada kapasitas besar. Efisiensi chiller bisa mencapai lebih dari 7 COP atau sekitar 0,5 Kw/TR.



Gambar 2. 5 AC Chiller

(sumber: <https://qph.fs.quoracdn.net/>)

2.2.7 Komponen-komponen sistem pendingin udara

1. *Chiller* (Unit pendingin)

Chiller merupakan mesin refrigerasi yang fungsinya adalah untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya, air

dingin yang dihasilkan akan didistribusikan ke mesin penukar kalor. Pada chiller biasanya terdapat parameter yang menunjukkan air masuk dan air keluar ke evaporator, seperti tekanan *discharge* dan tekanan *suction* sehingga dapat diketahui kapasitas pendinginan pada chiller.

2. Filter

Memiliki fungsi sebagai penyaring udara yang menjadikan udara pada saluran akan bersih dari debu, kotoran atau partikel lainnya, *filter* ini beragam jenisnya.

3. AHU (*Air Handling Unit*)

Alat yang berfungsi sebagai penukar kalor dimana panas dari ruangan dihembuskan melewati pipa-pipa pendingin sehingga menjadi udara sejuk yang kemudian didistribusikan ke setiap lokasi.

4. Pompa Sirkulasi

Pompa ini terdiri dari pompa sirkulasi air dingin (*chilled water pump*) dan pompa sirkulasi air pendingin (*condenser water pump*). *Chilled water pump* berfungsi untuk mensirkulasikan air dingin dari *chiller* ke AHU sedangkan *condenser water pump* berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin dari kondensor ke *cooling tower*.

5. Kompresor

Alat yang digunakan untuk mengkompresi bahan pendingin ke semua sistem, kenaikan tekanan akan menaikkan suhu refrigeran, sehingga uap refrigeran bersuhu tinggi akan mengembun secara cepat dalam kondensor dengan melepas

kalor keluar. Kompresor memiliki beragam jenis diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Kompresor torak (*Reciprocating compressor*)

Prinsip kerja pada kompresor ini yaitu saat piston ditarik maka volume akan bertambah besar dan tekanan turun. Saat tekanan turun, gas dengan tekanan tinggi akan masuk lewat katup isap. Laju kompresor torak bisa mencapai 100 sampai 10.000 cfm. kompresor torak tidak dapat melayani putaran tinggi karena akan menyebabkan gaya inersia yang tinggi sehingga akan menciptakan getaran yang tinggi pula, hal ini dapat mengakibatkan rusaknya komponen-komponen pada kompresor torak.

b. Kompresor *rotary*

Kompresor ini dapat menciptakan tekanan yang tinggi, dengan getaran yang umumnya lebih kecil dibanding kompresor torak. Kompresor *rotary* tidak membutuhkan katup dan fluktuasi alirannya lebih kecil.

c. Kompresor *scroll*

Kompresor ini memiliki prinsip kerja yaitu saat gas refrigeran bertemperatur rendah dan tekanan rendah masuk dari *suction* ke ruang kompresor, kemudian refrigeran ini bersinggungan dengan motor kompresor yang temperaturnya lebih tinggi sehingga aliran kalor mengalir dari motor ke refrigeran. Kemudian refrigeran yang masuk ke ruang *scroll* dikompresi, pada saat proses kompresi refrigeran mengalami kenaikan tekanan dan temperatur, refrigeran yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi ini kemudian keluar dari kompresor melalui pipa *discharge*.

d. Kompresor *screw*

Kompresor *screw* bekerja dengan sistem ulir, dimana udara masuk menuju kedalam sistem ulir yang berputar mengkompresi udaranya, udara yang sudah dikompresi dialirkan menuju tanki penyimpanan udara. Kompresor jenis ini dapat bekerja 24 jam tanpa henti dibanding dengan kompresor piston yang hanya memiliki kisaran waktu 8 jam saja, debit air pengirimannya jauh lebih besar dibanding dengan kompresor piston. Kompresor *screw* terbagi menjadi dua :

- Kompresor *double screw*, sistem ini memiliki dua buah ulir searah yang berdekatan sehingga udara yang masuk terkompresi oleh dua buah ulir yang berputar.
- Kompresor *single screw*, sistem ini menggunakan satu buah ulir yang diapit oleh dua buah komponen gear yang berputar dan mengkompresi udara.

e. Kompresor sentrifugal

Kompresor ini termasuk dalam kompresor dinamik dimana prinsip kerjanya adalah mengkonversikan energi kecepatan gas/udara yang dibangkitkan oleh aksi/gerakan impeller yang berputar dari energi mekanik unit penggerak menjadi tekanan dalam *diffuser*.

f. Kompresor *magnetic bearing*

Kompresor ini memanfaatkan gaya elektromagnetik untuk mengangkat *shaft* yang berputar dan mempertahankan posisinya dengan secara aktif mengendalikan elektromagnet, sehingga tidak ada kontak sama sekali antara *bearing* dan *shaft* yang berputar. Pada kompresi *chiller* tentu kinerja seperti ini sangat diandalkan

karena menghilangkan kemungkinan aus dan mengurangi usaha pemeliharaan. Dan juga kompresor ini dijalankan tanpa pelumas, sehingga dapat meningkatkan efisiensi perpindahan kalor karena tak adanya pelumas yang ikut masuk ke evaporator dan kondensor, lebih efisien daripada kompresor lainnya.

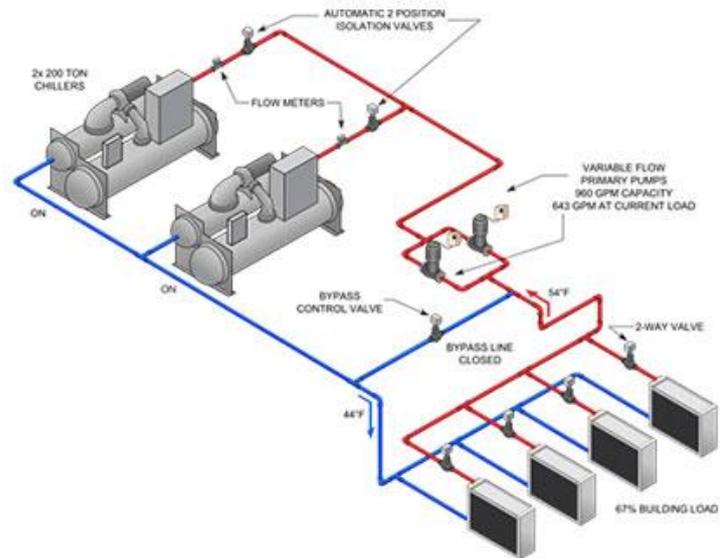
6. Kondensor

Merupakan komponen yang berfungsi untuk merubah wujud refrigeran dari gas menjadi cair. kondenser memiliki 3 jenis didasarkan pada metode pembuangan panasnya, yaitu :

a. Media air (*water cooled*)

Kondensor jenis ini menggunakan air sebagai media pendingin, *water cooled condenser* terdiri dari :

- *Shell and tube condenser*, merupakan kondensor tipe tabung dan pipa.
- *Shell coil condenser*, berupa tabung *tank oil*, dimana aliran air mengalir dalam koil pendingin.
- *Double tube condensor*, kondensor dengan jenis pipa ganda yang terdiri dari susunan dua pipa koaksial dimana refrigeran mengalir melalui saluran yang terbentuk antara pipa dalam dan pipa luar yang melintang dari atas ke bawah.



Gambar 2. 6 *water cooled system*

(sumber: <https://www.hts.com/>)

b. Media udara (*air cooled*)

Kondensor jenis ini menggunakan udara sebagai media pendinginnya, dimana kalor dipindahkan dari refrigeran ke udara melalui saluran sirkulasi udara, saluran ini berupa pipa-pipa bersirip yang fungsinya untuk memperbaiki transfer kalor pada sisi udara. Biasanya *air cooled* hanya digunakan pada kapasitas kecil saja.



Gambar 2. 7 *Air Cooled*

(sumber: <https://kontraktorhvac.com/>)

c. *Evaporative Condensor*

Kondensor jenis ini merupakan kombinasi dari *cooling tower* dengan *water cooled*, dimana kalor gas refrigeran dibuang ke udara dan air yang berperan sebagai media pendinginnya. Gas dari kompresor memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi, ketika mengalir dalam pipa kondensor, gas mengalami penurunan suhu hingga mengembun, sehingga wujud gas berubah menjadi cair dengan temperatur yang rendah namun bertekanan tinggi.

7. *Expansion Valve* (katup ekspansi)

Berfungsi untuk menurunkan temperatur dan tekanan cairan dari tekanan tinggi menjadi tekanan rendah sebelum masuk ke evaporator, sambil mempertahankan tekanan evaporator dalam batas yang telah ditentukan. Katup ekspansi juga dapat mengatur jumlah refrigeran yang mengalir dari pipa cair menuju evaporator sesuai dengan laju penguapan pada evaporator, dan juga mempertahankan perbedaan tekanan antara kondensor dengan evaporator. Katup ekspansi ini terdiri dari :

a. Pipa kapiler

Sebuah katup ekspansi berupa sebuah pipa panjang berdiameter sangat kecil (0,5 – 2 mm), alat ini berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator.

b. Katup termostatik

Katup ekspansi jenis ini merupakan katup serbaguna, karena jenis ini mempertahankan tingkat *superheat* konstan dalam sistem pendingin, jika *superheat* naik maka kenaikan temperatur dari evaporator dapat menyebabkan cairan

refrigerasi yang sama yang ada dalam *sensing bulb* menguap sehingga terjadi kenaikan tekanan.

8. Evaporator

Berfungsi sebagai penukar kalor, serta menguapkan refrigeran sebelum dihisap kompresor, dalam alat ini terjadi penguapan dari cair menjadi gas, melalui perpindahan panas dari dinding-dindingnya, mengambil panas dari ruangan sekitarnya dan panas tersebut dibawa ke kompresor dan dikeluarkan kembali oleh kondensor.

2.2.8 Menghitung kapasitas pendinginan

Dalam perencanaan instalasi pengkondisian udara tentu harus mengetahui kapasitas pendinginan yang dibutuhkan dalam sebuah lokasi atau ruangan, dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$\text{kebutuhan BTU} = \frac{L \times W \times H \times I \times E}{60}$$

Keterangan :

L= Panjang ruangan dalam feet

W= Lebar ruang dalam feet

H= Tinggi ruang dalam feet

I= Standar insulasi ruangan (10 jika ruang berinsulasi seperti dilantai bawah atau berhimpit dengan ruangan lain, 18 jika tidak berinsulasi seperti ruang berada di lantai atas)

E= Standar posisi dinding terpanjang ruangan (16 jika dinding terpanjang menghadap utara, 17 jika menghadap timur, 18 jika menghadap selatan dan 20 jika menghadap barat.

60= Konstanta. (meter sama dengan 3,28 feet)

Untuk mengetahui perubahan temperatur pada fluida kondensor atau evaporator pada aplikasi sistem pengkondisian udara dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Capacity(TR) = \frac{USgpm \times \Delta T}{24}$$

Atau

$$Capacity\left(\frac{Btu}{h}\right) = 500 \times USgpm \times \Delta T$$

2.2.9 COP, EER, dan *Cooling efficiency*

COP adalah *coefficient of performance* yaitu perbandingan laju kalor bersih yang dilepaskan terhadap laju masukan energi total atau perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan dengan termal kompresor yang digunakan dalam satuan KW.

Rumus yang digunakan untuk mengetahui koefisien performansi yaitu :

$$COP = \frac{kW\ Cooling}{kW\ Input}$$

EER adalah *Energy Efficiency Ratio* yaitu perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan dengan kebutuhan daya kompresor yang digunakan pada sistem pendinginan.

Rumus yang digunakan untuk mengetahui nilai EER yaitu :

$$EER = \frac{MBtu\ Cooling}{kW\ Input}$$

Sedangkan untuk menghitung efisiensi sistem pendingin dapat menggunakan rumus :

$$Eff = \frac{\text{kW Input}}{\text{TR Cooling}}$$

2.2.10 Perbedaan sistem VRV dan *Chiller*

Dalam proses pengkondisian udara dalam ruangan dengan menggunakan sistem VRV tentu akan berbeda dengan menggunakan sistem *chiller*. Pada sistem VRV *heat transfer*/proses penyaluran panas akan terjadi secara langsung, yakni terjadi dalam *indoor unit*, dan media pendinginnya adalah Freon.

Pada sistem *chiller* terlebih pada sistem *chiller water cooled* (menggunakan media air), *heat transfer* pada sistem ini tidak terjadi secara langsung, proses yang terjadi adalah akan terjadi *heat transfer* antara udara dalam ruangan dengan air dingin, setelahnya adalah *heat transfer* antara air dingin dengan *refrigerant* (Freon), dalam mendistribusikan air dingin dibutuhkan pompa.

2.2.11 kW *power pump*

Memilih jenis pompa dapat dilihat dari pompa *head* dan kapasitas pompa, dan selanjutnya melihat tabel pompa yang sekiranya memenuhi kapasitas pompa dan *head* pompa.

Dalam memperkirakan total pump kW input (*absorb power*) dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$P \text{ (kW)} = (Q \times H) / (367 \times \text{Eff})$$

Keterangan :

P = daya pompa (kW)

Q = *water flowrate* (m³/h)

H = *Pump Head* (m)

Eff = *Pump Efficiency* (%)

Rumus tersebut dapat digunakan untuk mengetahui total power kW input pump pada *chiller* maupun pada kondensornya.

2.2.12 Tarif dasar listrik

Merupakan tarif yang dikenakan oleh pemerintah pada pelanggan PLN yakni perusahaan yang menjual listrik secara langsung kepada masyarakat Indonesia, tarif tenaga listrik dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu tarif tenaga listrik regular yang dibayarkan setelah pemakaian tenaga listrik oleh konsumen dan tarif tenaga listrik Prabayar yaitu tarif tenaga listrik yang dibayarkan sebelum pemakaian tenaga listrik oleh konsumen.

Tarif dasar listrik memiliki klasifikasi dan golongan yang berbeda diantaranya sebagai berikut :

1. Tarif tenaga listrik untuk keperluan pelayanan sosial terdiri atas :
 - a. Golongan tarif S-1/TR untuk keperluan sangat kecil pada tegangan rendah, dengan daya 220VA
 - b. Golongan tarif S-2/TR untuk keperluan pelayanan sosial kecil-sedang pada tegangan rendah, dengan daya 450VA-200KVA
 - c. Golongan tarif S-2/TM untuk keperluan pelayanan sosial besar pada tegangan menengah

2. Tarif tenaga listrik untuk keperluan rumah tangga, Terdiri atas:
 - a. Golongan tarif R-1/TR untuk keperluan rumah tangga kecil pada tegangan rendah dengan daya 450VA, 800VA, 900VA-RTM, 1300VA, dan 2200VA
 - b. Golongan tarif R-2/TR untuk keperluan rumah tangga menengah pada tegangan rendah dengan daya 3500VA – 5500VA
 - c. Golongan tarif R-3/TR untuk keperluan rumah tangga besar pada tegangan rendah dengan daya 6000VA ke atas
3. Tarif tenaga listrik untuk keperluan bisnis terdiri atas :
 - a. Golongan tarif B-1/TR untuk keperluan bisnis kecil pada tegangan rendah dengan daya 450VA – 5500VA
 - b. Golongan tarif B-2/TR untuk keperluan bisnis pada tegangan rendah dengan daya 6000VA – 200kVA
 - c. Golongan tarif B-3/TM untuk keperluan bisnis besar pada tegangan menengah dengan daya diatas 2000kVA
4. Tarif tenaga listrik untuk keperluan industri terdiri atas :
 - a. Golongan tarif I-1/TR untuk keperluan industri kecil/industri rumah tangga pada tegangan rendah dengan daya 450VA – 14kVA
 - b. Golongan tarif I-2/TR untuk keperluan industri sedang dengan daya diatas 14kVA – 200kVA
 - c. Golongan tarif I-3/TM untuk keperluan indutri menengah pada tegangan menengah dengan daya diatas 200kVA
 - d. Golongan tarif I-4/TT untuk keperluan industri besar pada tegangan tinggi dengan daya 30000kVa ke atas
5. Tarif tenaga listrik untuk keperluan kantor pemerintahan dan penenrangan jalan umum terdiri atas :
 - a. Golongan tarif P-1/TR untuk keperluan kantor pemerintah kecil pada tegangan rendah dengan daya 450VA – 5500VA

- b. Golongan tarif P-1/TR untuk keperluan kantor pemerintah sedang pada tegangan rendah dengan daya 6600VA – 200Kva
- c. Golongan tarif P-2/TM untuk keperluan kantor besar pada tegangan menengah dengan daya diatas 200kVA
- d. Golongan tarif P-3/TR untuk keperluan penerangan jalan umum pada tegangan rendah

Pemerintah telah mengeluarkan beberapa kebijakan dan peraturan dalam pengelolaan sektor ketenagalistrikan, salah satu caranya adalah dengan restrukturisasi tarif tenaga listrik dengan kebijakan subsidi tepat sasaran. Pada tahun 2016 pemerintah menetapkan PerMen ESDM nomor 28 Tahun 2016 tentang tarif tenaga listrik yang disediakan oleh PT.Perusahaan Listrik Negara (Persero).