

Pertemuan ke-9 dan ke-10

Materi Perkuliahan :

Kebutuhan jaringan dan perangkat yang mendukung sistem pengkondisian udara termasuk ruang pendingin (*cool storage*). Termasuk memperhitungkan *spatial* penempatan ducting

SISTEM PENGKONDISIAN UDARA (AC)

TATA UDARA

Sistem tata udara pada bangunan bertugas mengolah udara dan menghasilkan kualitas udara yang baik (nyaman dan sehat) bagi penghuninya. Keberadaan sistem tata udara sangat menunjang aktifitas dan produktifitas manusia. Beberapa jenis sistem tata udara juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan khusus, dengan kondisi perancangan tertentu, selain untuk tempat hunian manusia. Untuk mencapai tujuan diatas perlu diketahui beban pendinginan dan karakteristik ruangan serta sistem tata udara yang diperlukan.

JENIS SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Seperti yang pernah di utarakan sebelumnya, bahwa tujuan pengkondisian udara adalah untuk mendapatkan kenyamanan bagi penghuni yang berada didalam ruangan. Kondisi udara yang dirasakan nyaman oleh tubuh manusia adalah berkisar antara :

Suhu dan kelembaban : 20°C hingga 26°C, 45% hingga 55%

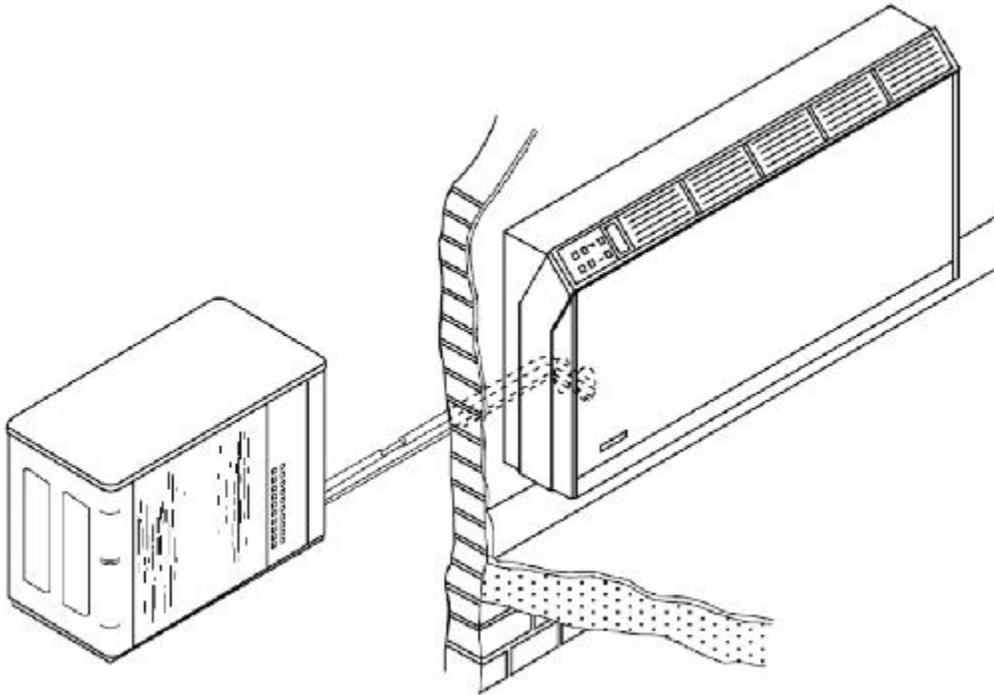
Kecepatan udara : 0.25 m/s

Ada beberapa sistem pengkondisian udara yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Sistem ekspansi langsung

Dengan sistem ini, pendinginan secara langsung dilakukan oleh refrigerant yang diekspansikan melalui koil pendingin, sedangkan udara disirkulasikan dengan cara menghembuskannya dengan menggunakan blower / fan melintasi koil pendingin tersebut.

Sistem ini biasanya dipergunakan untuk beban pendinginan udara yang tidak terlalu besar seperti keperluan ruangan di rumah.



(Gambar 1. Mesin AC jenis Direct Expantion / Ekspansi Langsung)

2. Sistem Pengkondisian Udara secara Sentral

Secara singkat sistem *Central Air Conditioning System* (Sistem Pengkondisian Udara secara sentral), yang biasa dirancang pada bangunan dapat di jelaskan sebagai berikut : Unit pendingin utama digunakan 2 unit *Water Cooled Water Chiller* dimana satu unit beroperasi dan satu unit sebagai cadangan, unit Chiller beroperasi dengan menggunakan “*Primary Refrigerant*” berupa refrigerant R123 pada unit Chiller & R 134A pada unit purging yang sudah ramah lingkungan, nantinya akan mendinginkan “*Secondary Refrigerant*” berupa air, dimana air yang sudah didinginkan ini di sirkulasikan oleh Chilled Water Pump ke AHU dan FCU di LQB.

Pada unit AHU air dingin akan mengkondisikan / mendinginkan udara segar dari luar gedung sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang cukup dan untuk selanjutnya didistribusikan ke koridor – koridor di ruangan setiap lantainya dan kamar-kamar pada masing-masing lantai. Pada setiap lantai akan ditangani oleh 2 unit AHU yang memiliki kapasitas pendinginan yang sama, begitu pula dengan 2 lantai di atasnya memiliki masing-masing 2 unit AHU yang memiliki kapasitas pendinginan yang sama dengan lantai dasar. Sedangkan proses pertukaran kalor yang terjadi di masing-masing kamar akan ditangani oleh *Fan Coil Unit* yang telah mendapatkan distribusi udara segar yang telah didinginkan oleh AHU sehingga kerja FCU tidak terlalu berat. Dikarenakan lantai dasar, satu dan lantai dua memiliki kapasaitas pendinginan yang sama dan jenis bangunan yang sama pula, maka perhitungan luasan sistem *ducting* akan diwakilkan di salah satu lantai, yaitu lantai dasar.

Water Cooled Water Chiller

Unit Chiller yang digunakan pada sistem ini merupakan jenis *Water Cooled Water Chiller* dengan menggunakan kompresor jenis sentrifugal 3 tahap / *3 stage centrifugal compressor* (Kompresor sentrifugal 3 tingkat), yang diproduksi oleh salah satu pabrikan unit AC yang cukup terkenal yaitu Trane Company. Unit ini berkapasitas 320 Ton Refrigerant / 320 TR, dengan menggunakan sistim *negative pressure*, dimana jika terjadi kebocoran pada unit Chiller maka refrigerant yang terdapat didalamnya tidak akan

terbuang ke udara, melainkan udara luar yang akan masuk ke dalam sistem. Di dalam sistem Chiller sendiri terdapat satu unit pembuang udara yang masuk saat terjadi kebocoran tadi yang dinamakan *Purging Unit*. cara kerja purging seperti ini : saat Chiller mengalami kebocoran, maka udara luar akan masuk kedalam sistem chiller sehingga refrigerant atau freon akan bercampur dengan udara luar yang mengandung uap air, sensor pada purging unit akan membaca perbedaan tekanan pada sistem dan kelembaban refrigerant pada sistem sehingga akan mengaktifkan purging unit tersebut.

Saat purging unit bekerja, Chiller tetap beroperasi sebagaimana mestinya tanpa terganggu. Udara yang terhisap masuk kedalam sistem akan di tekan keluar oleh purging unit, sehingga tekanan pada sistim mengalami kondisi stabil barulah unit Chiller dapat di perbaiki. Untuk media pendingin yang digunakan oleh unit Chiller yaitu refrigerant jenis R 123 dan untuk Purging unit berjenis R 134 A, kedua sudah ramah lingkungan.



(Gambar 2. Water Cooled Centrifugal Chiller)



(Gambar 3. Purging Unit)

Chilled Water & Condenser Water Pump

Guna keperluan mensirkulasikan air yang sudah didinginkan oleh unit Chiller ke AHU maupun air yang mendinginkan unit condenser di *Chiller* ke *Cooling Tower*, maka di gunakan masing-masing sistem satu paket Pompa sirkulasi air dingin dan Pompa sirkulasi air pendingin. Jenis kedua pompa ini adalah sama, yaitu digunakan jenis End Suction Centrifugal Pump dengan tekanan kerja pompa adalah 10 kg/cm².

Pada sistem ini, sistem *Chilled Water* atau air yang didinginkan menggunakan 2 buah pompa yang beroperasi sekaligus, hal ini dirancang agar umur pompa dapat lebih lama. Sedangkan untuk sistem air pendinginan hanya di gunakan satu buah pompa sirkulasi, mengingat jarak ruang pompa dan unit Cooling Tower cukup dekat.

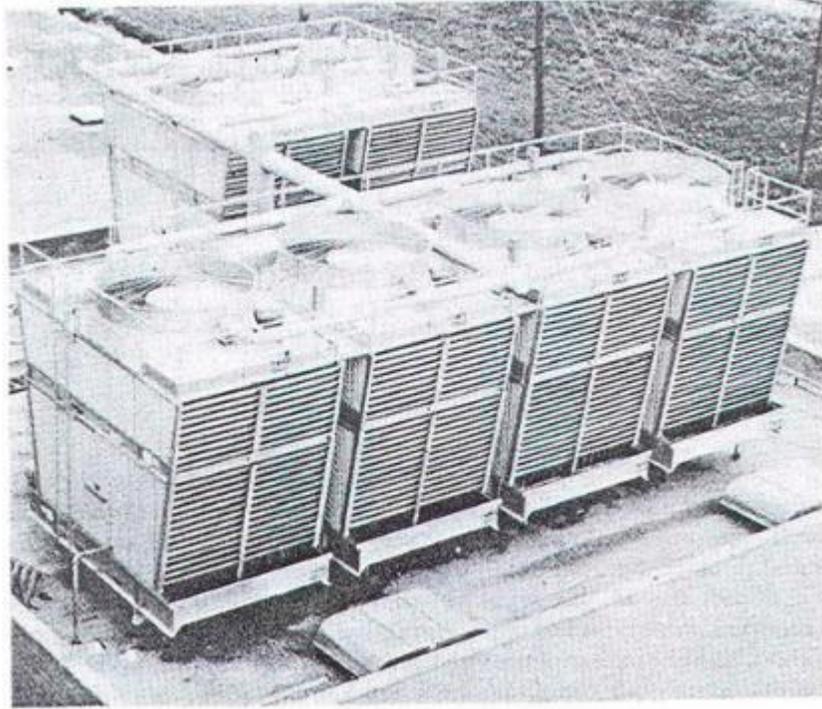


(Gambar 4. Chilled Water dan Condenser Water Pump)

Cooling Tower Unit

Unit ini berfungsi sebagai pendingin unit condenser pada unit Chiller dengan media yang digunakan adalah air, dimana sistem kerja Cooling Tower dapat dijelaskan sebagai berikut : condenser di unit Chiller akan memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi akibat tekanan kerja dari Kompresor, sehingga diperlukan media pendingin untuk merubah fase refrigerant di condenser tersebut, untuk itu dibuat suatu sistem pendinginan dengan menggunakan media air yang disirkulasikan oleh pompa ke unit Cooling Tower, dimana air yang disirkulasikan tersebut akan membawa kalor dari condenser untuk kemudian di lepaskan kalornya ke udara di Cooling Tower, sehingga air akan mengalami penurunan temperatur dan kembali disirkulasikan kembali ke unit condenser.

Unit Cooling Tower sendiri terdiri dari : satu unit *casing Cooling Tower*, *Motor Blower*, *Basin* dan *Water Filler* atau jika diartikan menjadi sirip – sirip pendingin air.



(Gambar 5. Unit Cooling Tower)

Air Handling Unit (AHU) dan Fan Coil Unit

Baik *Air Handling Unit* maupun *Fan Coil Unit* memiliki kesamaan fungsi, *Air Handling Unit* difokuskan untuk menangani kapasitas pendinginan yang lebih besar sedangkan *Fan Coil Unit* difokuskan untuk kapasitas pendinginan yang lebih kecil, dalam sistem ini *AHU* di gunakan untuk mengkondisikan *fresh air* (udara segar) dari udara luar yang akan didistribusikan sebagai tambahan udara segar untuk *FCU* dan kamar juga sebagai distribusi suplai udara dingin guna keperluan koridor di masing-masing lantai.

Komponen – komponen dari *AHU* maupun *FCU* sebenarnya cukup sederhana yang terdiri dari : Casing, Koil, Filter Udara dan Motor Blower.

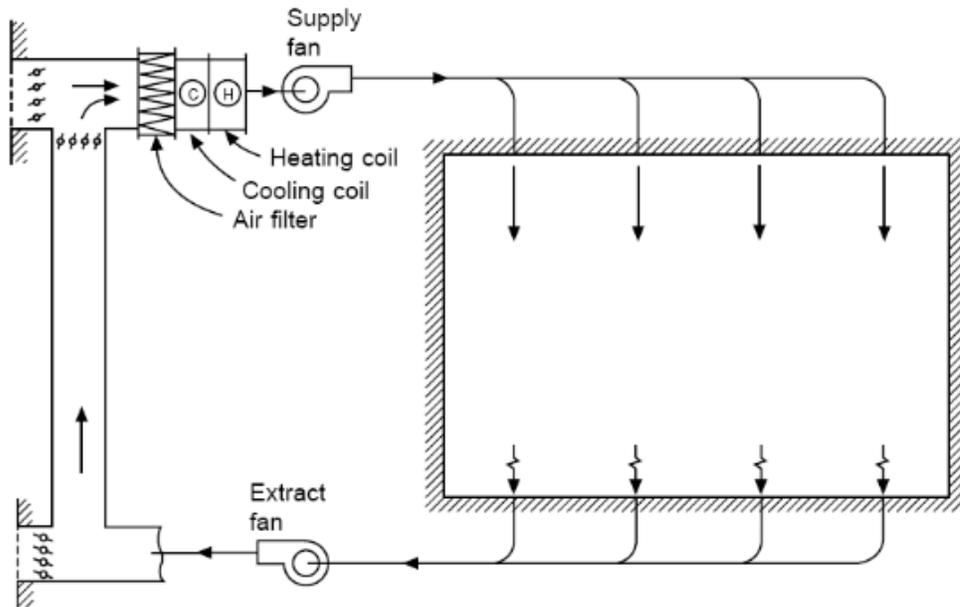
Penggolongan Sistem Pengkondisian Udara

Jenis yang mendasari adalah sistem pengkondisian udara sentral. Untuk menjamin pengaturan pengkondisian udara ruangan yang diteliti, maka sesuai dengan kemajuan

teknik pengkondisian udara yang telah dicapai sampai pada saat ini, dapat dikembangkan beberapa sistem. Hal tersebut terutama menyangkut perkembangan elemen pendinginnya.

Jenis – jenis sistem penghantar udara adalah sebagai berikut :

Sistem Udara Penuh



Sistem Saluran Tunggal

Sistem ini merupakan sistem penghantar udara yang paling banyak dipergunakan. campuran udara ruangan didinginkan dan dilembabkan, kemudian dialirkan kembali kedalam ruangan melalui saluran udara.

Keuntungan dari sistem ini adalah :

- Sederhana, mudah perancangannya, pemasangan, pemakaian dan perawatannya.
- Biaya awal lebih rendah dan murah.

Kerugian dari sistem ini adalah :

- Saluran utama berukuran besar, sehingga memerlukan tempat yang lebih besar.

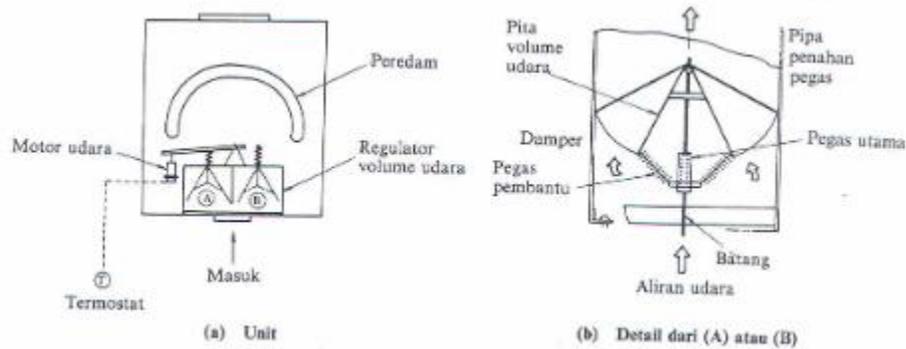
- Kesulitan dalam mengatur temperatur dan kelembaban dari ruangan yang sedang dikondisikan, karena beban kalor dari ruangan yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Pada dasarnya sistem pengaturan untuk sistem saluran tunggal menyangkut pengaturan temperatur udara melalui bagian-bagian utama dari saluran. Dalam hal tersebut, laju aliran air dingin, laju aliran air panas atau uap ke koil udara, diatur sedemikian rupa sehingga temperatur udara dapat diubah. Sistem ini dinamakan sistem volume konstan temperature variable, yang sudah banyak dipergunakan dalam sistem penghantar udara.

Dalam keadaan dimana beban kalor dari beberapa ruangan yang akan dilayani ini berbeda-beda, boleh dikatakan tidak mungkin mempertahankan udara ruangan pada suatu temperatur tertentu, kecuali bagi beberapa ruangan utama saja. Jadi masalah tersebut dapat dipecahkan dengan melayani ruangan dengan beban kalor yang sama oleh satu pengolah udara secara sentral.

Sistem saluran udara tunggal yang lain adalah sistem pemanasan ulang, dimana udara segar yang mengalir didalam saluran utama tersebut dapat dipertahankan konstan, pada temperatur yang rendah. Kemudian udara tersebut masuk kedalam ruangan melalui alat pemanas yang dipasang pada saluran- saluran cabang masing-masing. Pemanas tersebut memanaskan udara dan diatur sedemikian rupa sehingga diperoleh temperatur udara yang sesuai dengan temperatur udara ruangan yang di inginkan. Sistem ini dinamakan *sistem pemanasaan ulang terminal* dan banyak digunakan untuk melayani beberapa ruangan pribadi yang ada didalam gedung perkantoran umum.

Ada pula sistem saluran tunggal yang bekerja dengan volume variable dimana jumlah aliran udara dapat diubah sesuai dengan beban kalornya, jadi, volume aliran udara akan berkurang dengan turunnya beban kalor dari ruangan yang harus dilayani. Pengaturan volume aliran udara dilakukan dengan mengatur posisi damper atau dengan unit volume variable damper. Ada beberapa macam unit volume variable damper. Salah satu diantaranya seperti gambar dibawah ini

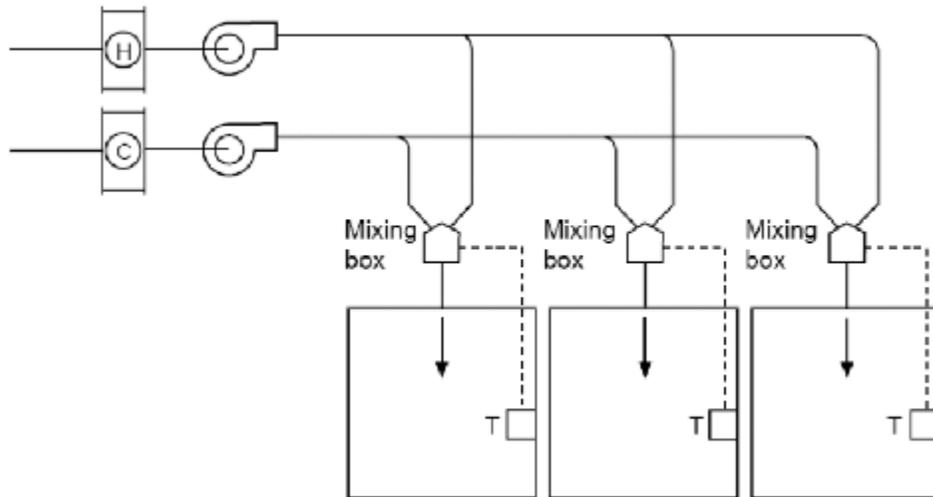


(Gambar 6. Unit Volume Udara Variabel)

Pada hal tersebut terakhir terdapat dua saluran; satu saluran menyalurkan jumlah udara yang minimal diperlukan, sedangkan saluran lainnya menyalurkan jumlah udara sesuai dengan pembukaan katup udara yang diatur oleh thermostat. Pemasukan udara diatur oleh tekanan udara yang bekerja pada tirai dari alat pengatur volume konstan dan gaya pegas. Pemasukan udara minimum harus diatur supaya distribusi udara di dalam ruangan dapat berlangsung sebaik-baiknya, dengan jumlah ventilasi udara yang minimal. Jumlah udara masuk akan berkurang dengan turunnya beban kalor, sehingga apabila jumlah udara masuk menjadi lebih kecil daripada jumlah udara masuk yang minimal, maka temperatur udara masuk akan berubah.

Dalam sistem volume variable, putaran atau sudu isap dari kipas udara dapat diatur sesuai dengan perubahan pemasukan udara yang diinginkan. Sistem pengaturan kipas udara tersebut di atas memungkinkan penghematan daya listrik yang diperlukan untuk menggerakkan kipas udara pada beban parsial.

Sistem Dua Saluran



Selain sistem saluran tunggal, terdapat pula sistem dua saluran yang dapat menutupi kekurangan dari sistem saluran tunggal. Sistem ini kebanyakan digunakan di gedung-gedung besar, dalam hal tersebut udara panas dan udara dingin dihasilkan secara terpisah oleh mesin penyegar udara yang bersangkutan. Kedua jenis udara itu pun disalurkan melalui saluran yang terpisah satu sama lain. Tetapi kemudian dicampur sedemikian rupa sehingga tercapai tingkat keadaan yang sesuai dengan beban kalor dari ruangan yang akan disegarkan. Sesudah itu disalurkan ke dalam ruangan yang bersangkutan. Sistem ini dinamakan sistem dua saluran.

Dalam sistem ini, alat yang diperlukan untuk mencampur udara panas dan udara dingin dalam perbandingan jumlah aliran yang ditetapkan untuk memperoleh kondisi akhir yang diinginkan, dinamakan alat pencampur. Sistem dua saluran dapat memberikan hasil pengaturan yang lebih teliti. Tetapi memerlukan lebih banyak energi kalor dan lebih tinggi harga awalnya. Ada dua jenis sistem dua saluran, yaitu sistem volume konstan dan sistem volume variabel.

Sistem Air Udara

Ciri-ciri Sistem Air Udara

Dalam sistem air udara, unit koil kipas udara atau unit induksi dipasang di dalam ruangan yang akan dikondisikan. Air dingin dialirkan ke dalam unit tersebut, sedangkan udara ruangan dialirkan melalui unit tersebut sehingga menjadi dingin. Selanjutnya udara tersebut bersirkulasi di dalam ruangan. Demikian pula untuk keperluan ventilasi, udara luar yang telah didinginkan dan dikeringkan atau udara luar yang telah dipanaskan dan dilembabkan dialirkan dari mesin pengolah udara jenis sentral ke ruangan yang akan dikondisikan.

Oleh karena berat jenis dan kalor spesifik air lebih besar dari pada udara, maka baik daya yang diperlukan untuk mengalirkan maupun ukuran pipa yang diperlukan untuk memindahkan kalor yang sama adalah lebih kecil. Dengan demikian, untuk mengatasi beban kalor dari ruangan yang akan dikondisikan, banyaknya udara yang mengalir dari mesin pengolah udara jenis sentral adalah lebih kecil. Di samping itu, ukuran mesin pengolah udara maupun daya yang diperlukan adalah lebih kecil jika dibandingkan dengan yang diperlukan oleh sistem udara penuh.

Unit Koil Kipas Udara dan Unit Induksi

Unit ini dinamakan unit terminal dan dipasang di dalam ruangan. Semua unit tersebut merupakan bagian dari sistem penghantar udara yang berfungsi sama. Di dalam unit tersebut Koil udara ditempatkan di dalam kabinet kecil, dimana dialirkan air dingin. Pada unit koil kipas udara, udara dialirkan oleh kipas udara yang dipasang di dalam unit tersebut. Pada unit induksi, udara primer berkecepatan tinggi dialirkan melalui beberapa nosel. Selanjutnya dengan efek induksi secara primer, udara ruangan terhisap masuk ke dalam unit dan didinginkan oleh koil udara, kemudian disirkulasikan kembali ke dalam ruangan.

Komponen sistem tata udara

Pada sistem refrigerasi mekanik kompresi uap terdapat rangkaian dari empat komponen utama, yaitu: evaporator, kompresor, kondenser, dan alat pengontrol aliran refrigeran. Masing-masing komponen mempunyai ciri dan fungsi sendiri-sendiri yang berbeda, tetapi secara terintegrasi dan dioperasikan bersama-sama akan dapat memindahkan energi termal. Dampak dari pengoperasian sebuah sistem refrigerasi pada sebuah obyek adalah, bila terambil sebagian energi yang terkandung di dalamnya, suhu obyek tersebut akan menurun. Sebaliknya, karena operasi sistem refrigerasi itu kemudian sejumlah energi termal terpindahkan ke lingkungan, maka lingkungan tersebut dapat menjadi lebih hangat.

Berikut ini uraian ringkas tentang komponen-komponen utama sebuah sistem refrigerasi mekanik:

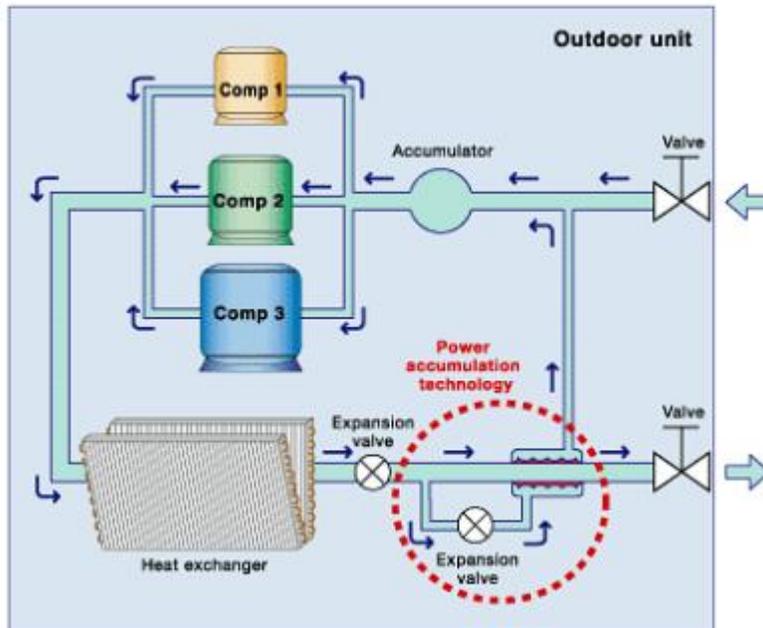
1. Kondenser (*condenser* – CD)

Kondenser adalah komponen di mana terjadi proses perubahan fasa refrigeran, dari fasa uap menjadi fasa cair. Dari proses kondensasi (pengembunan) yang terjadi di dalamnya itulah maka komponen ini mendapatkan namanya. Proses kondensasi akan berlangsung apabila refrigeran dapat melepaskan kalor yang dikandungnya. Kalor tersebut dilepaskan dan dibuang ke lingkungan. Agar kalor dapat lepas ke lingkungan, maka suhu kondensasi (T_{kd}) harus lebih tinggi dari suhu lingkungan (T_{ling}). Karena refrigeran adalah zat yang sangat mudah menguap, maka agar dapat dia dikondensasikan haruslah dibuat bertekanan tinggi. Maka, kondenser adalah bagian di mana refrigeran bertekanan tinggi ($P_{kd} = \text{high pressure}$ – HP).

2. Piranti ekspansi (*expansion device* – EXD)

Piranti ini berfungsi seperti sebuah gerbang yang mengatur banyaknya refrigeran cair yang boleh mengalir dari kondenser ke evaporator. Oleh sebab itu piranti ini sering juga dinamakan *refrigerant flow controller*. Dalam berbagai buku teks Termodinamika, proses yang berlangsung dalam piranti ini biasanya disebut *throttling process*. Besarnya laju aliran refrigeran merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya kapasitas

refrigerasi. Untuk sistem refrigerasi yang kecil, maka laju aliran refrigeran yang diperlukan juga kecil saja. Sebaliknya unit atau sistem refrigerasi yang besar akan mempunyai laju aliran refrigeran yang besar pula. Terdapat beberapa jenis piranti ekspansi. Di bawah ini diterakan beberapa di antaranya.



a. Pipa kapiler (*capillary tube – CT*).

Berupa pipa kecil dari tembaga dengan lubang berdiameter sekitar 1 mm, dengan panjang yang disesuaikan dengan keperluannya hingga beberapa meter. Pada berbagai unit refrigerasi yang menggunakannya pipa ini biasanya diuntai agar terlindung dari kerusakan dan ringkas penempatannya. Lubang saluran yang sempit dan panjangnya pipa kapiler ini merupakan hambatan bagi aliran refrigeran yang melintasinya; hambatan itulah yang membatasi besarnya aliran itu. Pipa kapiler ini menghasilkan aliran yang konstan.

b. Katup ekspansi tangan (*hand/manual expansion valve – HEV*).

Adalah pengatur aliran yang berupa katup atau keran biasa, yang dioperasikan untuk mengatur bukaannya secara *manual*.

c. Katup ekspansi termostatik (*thermostatic expansion valve – TEV*).

Pada piranti ini terdapat bagian yang dapat bekerja secara termostatik, yaitu mempunyai sensor suhu yang dilekatkan pada bagian keluaran evaporator. Perubahan suhu yang terjadi pada keluaran evaporator itu menjadi indikator besar-kecilnya beban refrigerasi. Variasi suhu itu dimanfaatkan untuk mengatur bukaan TEV, sehingga besarnya laju aliran melintasinya juga menjadi terkontrol.

d. Katup pelampung (*float valve – FV*).

Piranti ekspansi jenis ini biasanya dirangkaikan dengan evaporator jenis ‘genangan’ (*flooded evaporator, wet evaporator*). Ketinggian muka (*level*) cairan dalam tandon (*reservoir*) cairan evaporator menjadi pendorong pelampung yang menjadi pengatur besarnya bukaan katup.

3. Evaporator (*evaporator – EV*)

Evaporator adalah komponen di mana cairan refrigeran yang masuk ke dalamnya akan menguap. Proses penguapan (*evaporation*) itu terjadi karena cairan refrigeran menyerap kalor, yaitu yang merupakan beban refrigerasi sistem. Terdapat dua jenis evaporator yaitu:

a. Evaporator ekspansi langsung (*direct/dry expansion type - DX*).

Pada evaporator ini terdapat bagian, yaitu di bagian keluarannya, yang dirancang selalu terjaga ‘kering’, artinya di bagian itu refrigeran yang berfasa cair telah habis menguap sebelum terhisap keluar ke saluran masuk kompresor.

b. Evaporator genangan (*flooded/wet expansion type*).

Pada evaporator jenis ini seluruh permukaan bagian dalam evaporator selalu dibanjiri, atau bersentuhan, dengan refrigeran yang berbentuk cair. Terdapat sebuah tandon (*reservoir, low pressure receiver*), di mana cairan refrigeran terkumpul, dan dari bagian atas tandon tersebut uap refrigeran yang terbentuk dalam evaporator tersebut dihisap masuk ke kompresor.

4. Kompresor (*compressor* – CP)

Kompresor adalah komponen yang merupakan jantung dari sistem refrigerasi. Kompresor bekerja menghisap uap refrigeran dari evaporator dan mendorongnya dengan cara kompresi agar mengalir masuk ke kondenser. Karena kompresor mengalirkan refrigeran sementara piranti ekspansi membatasi alirannya, maka di antara kedua komponen itu terbangkitkan perbedaan tekanan, yaitu: di kondenser tekanan refrigeran menjadi tinggi (*high pressure* – HP), sedangkan di evaporator tekanan refrigeran menjadi rendah (*low pressure* – LP).

Jadi, cara kerja sistem AC dapat diuraikan sebagai berikut :

Kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigent), jadi refrigent yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke condenser yang kemudian dimampatkan di kondenser.

Di bagian kondenser ini refrigent yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigent fase uap menjadi refrigent fase cair, maka refrigent mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigent. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondenser adalah jumlahan dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan.

Pada kondensor tekanan refrigent yang berada dalam pipa-pipa kondenser relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigent yang berada pada pipa-pipa evaporator.

Setelah refrigent lewat kondenser dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair, maka refrigent dilewatkan melalui katup ekspansi, pada katup ekspansi ini refrigent tekanannya diturunkan sehingga refrigent berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini refrigent akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap, perubahan fase ini disebabkan karena tekanan refrigent dibuat sedemikian rupa sehingga refrigent setelah melewati katup ekspansi dan melalui evaporator tekanannya menjadi sangat turun.

Hal ini secara praktis dapat dilakukan dengan jalan diameter pipa yang ada di evaporator relatif lebih besar jika dibandingkan dengan diameter pipa yang ada pada kondenser.

Dengan adanya perubahan kondisi refrigeran dari fase cair ke fase uap maka untuk merubahnya dari fase cair ke refrigeran fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan.

Dengan diambilnya energi yang diambil dalam substansi yang akan didinginkan maka enthalpi substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun, dengan turunnya enthalpi maka temperatur dari substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan.

Dengan adanya mesin pendingin listrik ini maka untuk mendinginkan atau menurunkan temperatur suatu substansi dapat dengan mudah dilakukan.

Expansion Valve Air Conditioning System

