

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. *Dispenser*

Dispenser merupakan suatu piranti elektronik untuk mengalirkan air dari galon air ke dalam cangkir atau gelas yang secara *otomatis* dapat memanaskan dan mendinginkan air yang siap diminum (<http://www.artikata.com>). *Dispenser* disebut juga *water cooler* (pendingin air), akan tetapi seiring dengan perkembangan teknologi dan semakin kompleksnya kebutuhan manusia dispenser tidak hanya digunakan untuk mendinginkan air saja, dispenser juga dapat memanaskan air dengan menggunakan *heater*.



Gambar 1. *Dispenser hot and cool*
(sumber: <http://www.es-store.com/do/product/CAT071/DD-14>)

Umumnya proses pemanasan dan pendinginan air pada dispenser berawal dari tampungan air pertama yang berfungsi untuk membagi air yang

selanjutnya akan diproses menjadi air panas dan air dingin. Proses air mengalir dari galon yang bersuhu normal hingga sampai kedalam cangkir/gelas yang bersuhu panas melalui beberapa komponen mulai dari galon air kemudian mengalir kedalam tampungan, mengalir kedalam tabung pemanas dan air mengalir dalam keadaan panas melalui keran. Proses pemanasan air terjadi pada saat air masuk kedalam tabung pemanas. Tabung pemanas merupakan tabung yang terbuat dari logam yang disekitar tabung tersebut dikelilingi oleh elemen pemanas, sehingga ketika air mengalir dari tampungan menuju tabung pemanas sensor suhu yang ada pada tabung pemanas akan memicu elemen pemanas untuk bekerja, suhu tinggi yang dihasilkan elemen pemanas diserap oleh air yang suhunya lebih rendah, setelah suhu air dalam tabung pemanas tinggi maksimal sensor suhu yang ada pada tabung pemanas akan memutuskan arus listrik pada elemen pemanas, pada saat elemen pemanas menyala lampu indikator pemanas menyala dan pada saat elemen pemanas mati lampu indikator pemanas mati. Setelah lampu indikator pemanas mati dan air pada tabung pemanas sudah mencapai suhu tinggi maksimal maka air panas siap digunakan.

Proses pendinginan air pada dispenser pada umumnya dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Pendinginan Air dengan *Fan* proses

Pendinginan air menggunakan *fan* dilakukan dengan cara menghisap suhu tinggi pada air ketika air berada pada tampungan air kedua yang letaknya berada dibawah tampungan air pertama, namun

pada kenyataannya *fan* hanya alat bantu untuk mempercepat pembuangan panas pada air, sehingga temperatur air hanya akan turun sedikit saja. Setelah melewati tampungan air kedua air akan dikeluarkan melalui keran dan siap untuk diminum.

2. Pendinginan Air dengan Sistem *Refrigran*

Pendinginan air pada *dispenser* menggunakan sistem *refrigran* sama seperti sistem *refrigran* pada kulkas, hanya saja evaporatornya dililitkan pada tampungan air, sehingga air disekitar *evaporator* akan menjadi air dingin. Hasil pendinginan air pada *dispenser* menggunakan sistem *refrigran* lebih maksimal dibandingkan pendinginan air menggunakan *fan*. Air yang sudah melalui proses pendinginan pada tampungan air kedua akan mengalir dan keluar melalui keran.
(<http://www.zonateknik.com>)

B. Sistem Refrigerasi

Aspek yang paling penting dari rekayasa lingkungan termal adalah refrigerasi. Refrigerasi merupakan salah satu proses penarikan panas/kalor dari suatu benda atau ruangan sehingga temperatur benda/ruangan tersebut lebih rendah dari temperatur lingkungannya. Sesuai dengan konsep kekekalan energi, panas tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dipindahkan ke suatu bahan atau benda lain yang akan menyerap kalor. Refrigerasi akan selalu berhubungan dengan proses-proses aliran panas dan proses-proses pemindahan panas. Dibutuhkan pengetahuan tentang bahan dan energi,

temperatur, tekanan, panas, dan akibat-akibatnya serta subyek-subyek yang lain yang berhubungan dengan fungsi dari suatu sistem refrigerasi, terutama termodinamika dan perpindahan panas, untuk mempelajari refrigerasi dengan baik. Prinsip terjadinya pendinginan di dalam sistem refrigerasi adalah penyerapan kalor oleh suatu zat dingin yang dinamakan refrigeran. Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Refrigeran merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena refrigeran yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi. Kalor yang berada di sekeliling refrigeran diserap, akibatnya refrigeran akan menyerap, sehingga temperatur disekitar refrigeran akan bertambah dingin. Perlunya kalor pada proses penguapan akan menimbulkan proses refrigerasi.

Sistem refrigerasi yang digunakan pada trainer dispenser hot and cool unit adalah sistem refrigerasi kompresi uap. Siklus refrigerasi kompresi mengambil keuntungan dari kenyataan bahwa fluida yang bertekanan tinggi pada suhu tertentu cenderung menjadi lebih dingin jika dibiarkan mengembang. Jika perubahan tekanan cukup tinggi, maka gas yang ditekan akan menjadi lebih panas daripada sumber dingin diluar (contoh udara diluar) dan gas yang mengembang akan menjadi lebih dingin daripada suhu dingin yang dikehendaki. Fluida digunakan dalam kasus ini adalah untuk mendinginkan lingkungan bersuhu rendah dan membuang panas ke lingkungan yang bersuhu tinggi.

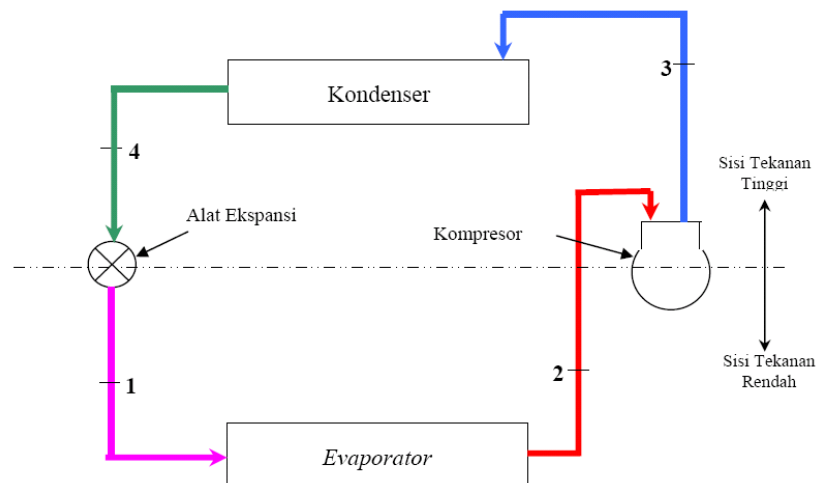
Siklus refrigerasi kompresi uap memiliki dua keuntungan. Pertama, sejumlah besar energi panas diperlukan untuk merubah cairan menjadi uap, dan oleh karena itu banyak panas yang dapat dibuang dari ruang yang disejukkan. Kedua, sifat-sifat isothermal penguapan membolehkan pengambilan panas tanpa menaikkan suhu fluida kerja ke suhu berapapun didinginkan. Laju perpindahan panas menjadi tinggi, sebab semakin dekat suhu fluida kerja mendekati suhu sekitarnya akan semakin rendah laju perpindahan panasnya.

Siklus refrigerasi ditunjukkan dalam Gambar 2 dan 3 dan dapat dibagi menjadi tahapantahapan berikut:

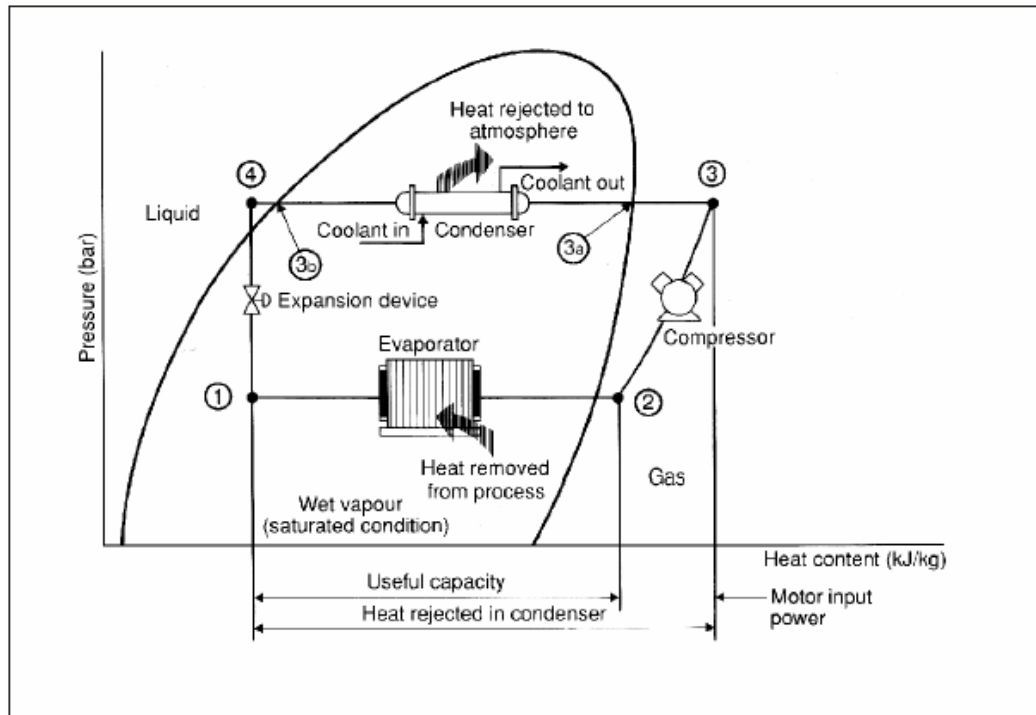
- 1 – 2. Cairan refrigeran dalam evaporator menyerap panas dari sekitarnya, biasanya udara, air atau cairan proses lain. Selama proses ini cairan merubah bentuknya dari cair menjadi gas, dan pada keluaran evaporator gas ini diberi pemanasan berlebih/ *superheated* gas.
- 2 – 3. Uap yang diberi panas berlebih masuk menuju kompresor dimana tekanannya dinaikkan. Suhu juga akan meningkat, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigeran.
- 3 – 4. *Superheated* gas bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses *refrigerasi* (3-3a) menurunkan panas *superheated* gas sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan (3a-3b). *Refrigerasi* untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan suhu lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan (3b - 4), sehingga cairan refrigeran

didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju alat ekspansi.

- 4 - 1 Cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui peralatan ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju Kondenser harus mampu membuang panas gabungan yang masuk *evaporator* dan kondenser. $(1 - 2) + (2 - 3)$ harus sama dengan $(3 - 4)$, melalui alat ekspansi tidak terdapat panas yang hilang maupun yang diperoleh. (United Nations Environment Programme, 2006)



Gambar 2. Gambaran skematis siklus refrigerasi kompresi uap
(Sumber: United Nations Environment Programme, 2006)



Gambar 3. Gambaran skematis siklus refrigerasi termasuk perubahan tekanannya

(Sumber: United Nations Environment Programme, 2006)

C. Bagian-bagian pokok *Dispenser hot and cool*

1. Bagian Pemanas

Tabung air panas dilengkapi *heater* yang dikontrol oleh *thermostat*. *Ectrical heating element* merupakan elemen pemanas listrik yang banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, di dalam rumah tangga ataupun peralatan mesin industri. Elemen pemanas bekerja sangat sederhana, tidak seperti konduktor. Elemen pemanas terbuat dari logam nilai resistansinya yang tinggi, biasanya paduan *nikel-chrome* yang disebut *nichrome*. Jika arus mengalir melalui elemen dengan resistansi yang tinggi, aliran yang bekerja pada elemen ini akan menghasilkan panas. Jika arus mati, elemen secara perlahan menjadi dingin. Bentuk

dan tipe dari *Electrical heating elements* ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan. (<http://myschoolsmkn3tpi.blogspot.com>)

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.



Gambar 4. Elemen Pemanas Listrik
(sumber: <http://serba-serbi.tokobagus.com>)

Ada 2 macam jenis element pemanas listrik utama ini yaitu elemen pemanas listrik bentuk dasar dan elemen pemanas listrik bentuk lanjut. Jenis bahan logam penghantar panas yang digunakan dalam pembuatan *Electrical heating element* ini yaitu :

a. Elemen Pemanas Listrik Bentuk Dasar

Elemen Pemanas Listrik bentuk Dasar yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah: *Ceramik Heater*, *Quartz Heater*, *Bank Channel Heater*, *Black Body Keramik Heater*.

1) *Ceramic Heater*

Ceramic heater adalah jenis pemanas dengan menggunakan suatu ruang pemanas yang menghasilkan panas dengan melewatkan listrik melalui kawat pemanas yang tertanam dalam piringan keramik. Plat pemanas *aluminium baffle*, dan kipas yang meniupkan panas melalui udara. *Ceramic Heater* biasanya *portable* dan biasanya digunakan untuk pemanasan ruangan atau kantor kecil dan mirip dengan logam kumparan pemanas kipas. (Agustanto: 2012)



Gambar 5. *Ceramic Heater*
(sumber: <http://en.wikipedia.org>)

2) Quartz Heater

Quartz Heater merupakan elemen pemanas yang terbuat dari *Translucent Tube* (pipa tembus cahaya) terbaik, yang di dalamnya terdapat *ceramic tube* yang tahan terhadap temperatur tinggi sebagai penyangga element *coil. Heater* jenis ini paling efektif untuk digunakan pada proses pemanasan material yang mempunyai tingkat korosi tinggi. Elemen ini tidak dapat digunakan pada *hydrofluoric acid* atau *alkaline solutions*.



Gambar 6. *Quartz Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

b. Element Pemanas Listrik Bentuk Lanjut

Element pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah: *mild stell*, *stainless stell*, tembaga dan kuningan. *Heater* yang termasuk dalam jenis ini adalah : *Tubular Heater*, *Catridge Heater*, *Strip*, *Plate*, *Band* Dan *Nozzle Heater*, *Finned Heater*, dan *Cast in Heater*.

1) *Tubular Heater*

Tubular Heater merupakan elemen pemanas listrik terbuat dari pipa dan merupakan bentuk dasar dari elemen-elemen pemanas bentuk lain.

Jenis-jenis bahan pipa atau *tube* yang digunakan biasanya disesuaikan oleh penggunaan *heater*. Umumnya bahan yang sering digunakan adalah :

- a) *Stainless Steel 304*
- b) *Stainless Steel 316*
- c) *Incoloy*
- d) Tembaga
- e) Titanium

Kawat Tahanan/*Resistance Wire* yang digunakan adalah kawat tahanan bermutu tinggi buatan Swedia yang dimensinya disesuaikan dengan daya yang diminta, dimana kawat ini tahan pada suhu kerja maksimal 1300°C.

Isolator tahan panas yang digunakan sebagai pengikat dan pembatas antara pipa dan kawat tahanan adalah bubuk MgO berkualitas tinggi yang mempunyai titik cair 290°C.
(<http://catoxs.blogspot.com/>)

2) *Cartridge Heater*

Cartridge heater merupakan *heater* yang paling banyak digunakan untuk memanaskan *blocks of metal* (seperti dies pada

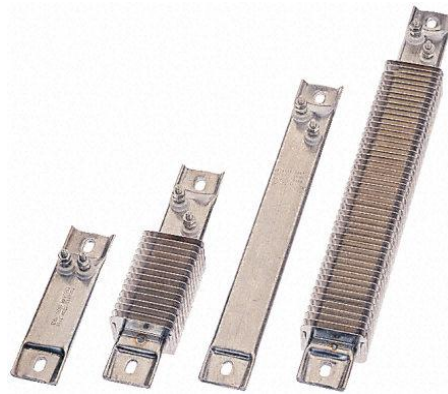
mesin injection molding) dengan cara memasukkan *heater* ke *drilled holes*. *Heater* sebaiknya dibuat lurus dan memiliki diameter yang lebih kecil dari diameter *drilled holes* dengan toleransi $\pm 0,02\text{mm}$ agar lebih memudahkan dalam proses instalasi. *Heater* yang dibuat lurus dan memiliki diameter yang lebih kecil dari diameter *drilled holes* tersebut juga merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi *lifetime heater*, selain faktor *watt density* dan faktor operating temperaturnya. Maksimum temperatur pengoperasiannya 250°C .



Gambar 7. Cartridge Heater
(sumber: <http://usm.co.id/>)

3) Strip

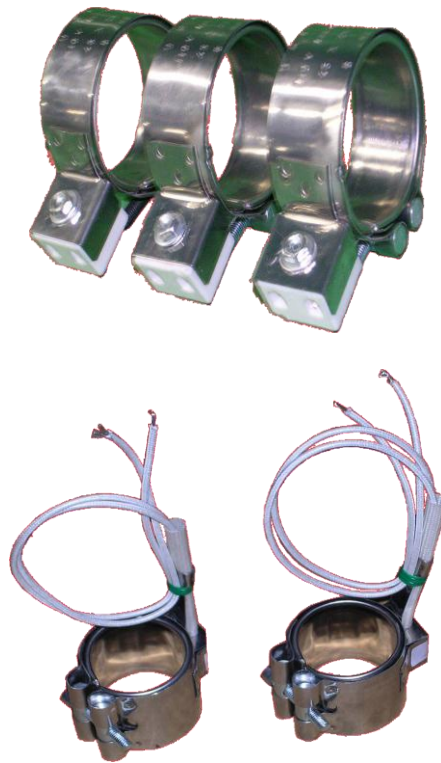
Strip Heater merupakan suatu penghantar sumber panas yang dapat diandalkan, yang memiliki kelebihan serbaguna karena pemakaiannya secara ideal dapat disesuaikan untuk kontak langsung pada objek yang dipanaskan atau untuk menyebarkan panas ke daerah yang diinginkan.



Gambar 8. *Strip Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

4) *Band and Nozzle Heater*

Band and Nozzle Heater memiliki diameter standar berkisar antara 55mm s/d tak terhingga dengan konstruksi yang bisa dibuat menjadi 1 atau 2 bagian. *Band Heater* dengan konstruksi 2 bagian tersebut, disarankan agar dibuat dengan diameter $\geq 100\text{mm}$ karena hal tersebut akan berpengaruh terhadap pemerataan pemanasannya. Material yang tersedia adalah *Stainless steel*, kuningan *Galvanis*. *Maksimum operating temperatur* 250°C . Digunakan untuk memanaskan *Plastik Injections, Extrusion Barrels* dan *Nozzle Blow Moulders, Pipe, Holding Tanks, Drums*, dan bermacam-macam permukaan silinder.

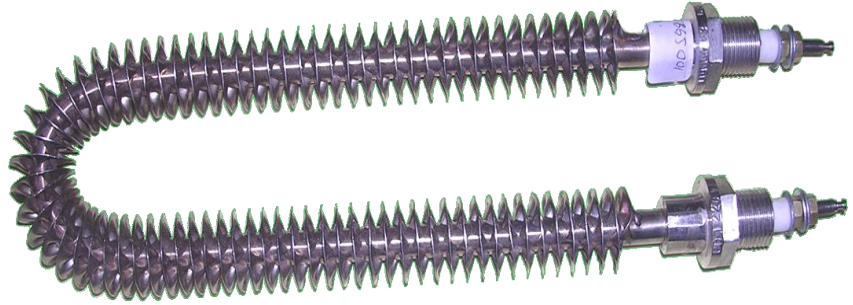


Gambar 9. *Band and Nozzle Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

5) *Finned Heater*

Finned Heater merupakan bentuk lain dari pengembangan elemen pemanas yang dasarnya dirancang dari tubular heater. Heater ini dikembangkan dengan cara memberikan sirip yang terbuat dari *stainless steel* dengan ukuran lebar sirip sebesar 10 mm, sehingga diameter heater menjadi 31,75 mm (Diameter Pipa Standar USM 11,2 mm). Untuk pemasangannya dibutuhkan ukuran lubang sebesar 32 mm.

Beberapa bentuk standar *Finned Heater*, antara lain :

a) *U Form*

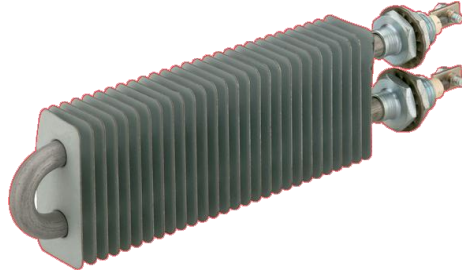
Gambar 10. *U Form Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

b) *W Form*

Gambar 11. *W Form Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

c) *Straight Length*

Gambar 12. *Straight Length Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

d) *Multi Form*

Gambar 13. *Multi Form Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

6) *Cast in Heater*

Cast in Heater merupakan elemen pemanas yang dirancang dari tubular *heater* menjadi bentuk elemen *band* atau strip melalui proses penuangan logam (besi, kuningan, atau aluminium). *Heater* ini juga merupakan salah satu bentuk pengembangan elemen pemanas, yang aplikasi dan instalasinya sama dengan pada *Band* dan *Strip Heater*. Hanya saja, *heater* ini memiliki beberapa keunggulan yang tidak dimiliki oleh *Band* dan *Strip Heater*.



Gambar 14. *Cast and Strip Heater*
(sumber: <http://usm.co.id/>)

2. Bagian Pendingin

Sistem pendinginan *dispenser* menggunakan siklus kompresi uap standart yang terdiri dari satu *kompresor*, satu *kondensor*, mesin *ekspansi*/peralatan *ekspansi* dan sebuah *evaporator* yang terpasang seri pada tangki penampung air dingin dan pada *refrigerator*. Lebih jelasnya tentang masing-masing peralatan tersebut, dijelaskan di bawah ini:

a. *Kompresor*

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk menghisap uap *refrigerant* dan mengkompresinya sehingga tekanan uap *refrigerant* naik sampai ke tekanan yang diperlukan untuk pengembunan (kondensasi) uap *refrigerant* di dalam *kondensor*. Fungsi kompresor pada pendingin uap memiliki 2 macam fungsi, yaitu untuk:

- 1) Mengalirkan uap *refrigerant* yang mengandung sejumlah panas dari *evaporator*.
- 2) Menaikkan temperatur uap *refrigerant* sampai mencapai titik saturasionnya, titik tersebut lebih tinggi dari pada temperatur medium pendinginnya.

Kompresor mengambil uap panas pada temperatur rendah di dalam *evaporator* dan memompakan ke tingkat temperatur yang lebih tinggi di dalam *kondensor*, oleh karena itu bisa juga *kompresor* disebut *heat pump*.

Jumlah jenis *refrigerant* yang ada saat ini berdampak adanya macam-macam jenis *kompresor*, karena dengan adanya perbedaan sifat maka *refrigerant* tertentu memerlukan *kompresor* dengan sifat tertentu pula, yang sanggup menangani volume uap *refrigerant* dalam jumlah besar, tetapi dengan perbedaan temperatur yang kecil.

Kompresor untuk *refrigerant* dibagi dalam 3 kelompok, yaitu:

- 1) *Kompresor torak*
- 2) *Kompresor rotary*
- 3) *Kompresor sentrifugal*

Cara kerja dari *kompresor* yaitu dari lubang saluran *refrigerant* ke *kompresor* dan dari *kompresor* di kontrol oleh katup masuk dan katup keluar, kedua katup tersebut terletak pada bagian tutup silinder. Gerak naik turun katup menyebabkan *refrigerant* dapat mengalir keluar melalui saluran keluar dan dapat masuk melalui saluran masuk.

Saat torak bergerak ke bawah maka tekanan di dalam silinder menjadi berkurang, lebih kecil di banding tekanan di atasnya, dengan demikian *refrigerant* akan dapat mendorong katup masuk ke sebelah dalam dan mengalirlah *refrigerant* masuk ke dalam silinder.

Saat gerak katup ke atas dan katup masuk sudah tertutup lagi. Tekanan di dalam silinder naik sedikit demi sedikit sesuai

dengan jarak yang sudah di tempuh torak. Akibat daya dorong torak ke atas, maka uap *refrigerant* menjadi terkompresikan sehingga sanggup mendorong katup keluar ke arah atas, mengalirlah *refrigerant* tersebut ke *kondensor* pada tekanan dan temperatur tinggi. Hal inilah yang menyebabkan adanya sisi tekanan rendah dan sisi tekanan tinggi.

Kompensor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan *fluida* kerja (*refrigerant*), jadi *refrigerant* yang masuk ke dalam *kompensor* dialirkan ke *kondensor* yang kemudian dimampatkan di *kondenser*. Bagian *kondensor refrigerant* yang dimampatkan akan berubah wujud dari fase uap menjadi *refrigerant* fase cair, maka *refrigerant* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam *refrigerant*. Besarnya kalor yang dilepaskan oleh *kondenser* adalah jumlahan dari energi *kompresor* yang diperlukan dan energi kalor yang diambil *evaporator* dari substansi yang akan didinginkan.. Tekanan *refrigerant* pada *kondensor* yang berada dalam pipa-pipa *kondenser* relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan *refrigerant* yang berada pada pipa-pipa *evaporator*. Setelah *refrigerant* melewati *kondensor* dan melepaskan kalor penguapan dari wujud uap ke wujud cair maka *refrigent* dilewatkan melalui katup *ekspansi*, pada katup *ekspansi* ini *refrigerant* akan turun tekanannya sehingga *refrigent* berubah kondisi dari wuju cair ke wujud uap

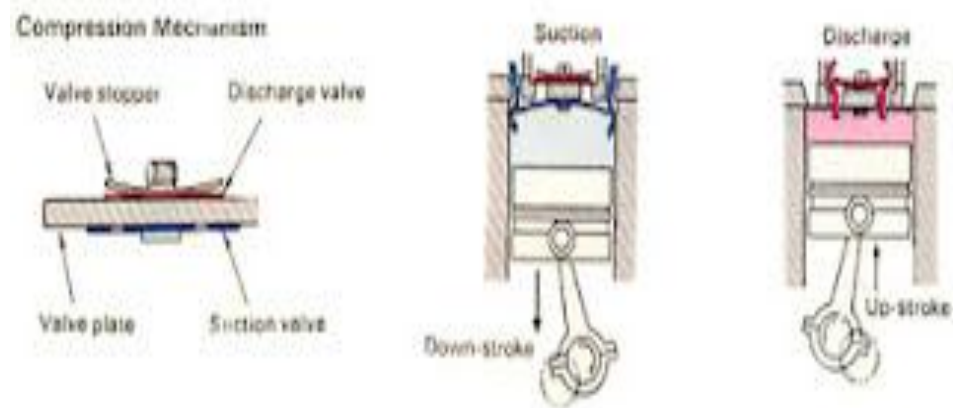
yang kemudian dialirkan ke *evaporator*, di dalam *evaporator* ini *refrigent* dibuat sedemikian rupa sehingga *refrigent* setelah melewati katup *ekspansi* dan melalui *evaporator* tekanannya menjadi sangat turun. Secara praktis dapat dilakukan dengan jalan diameter pipa yang ada pada *kondenser*. Perubahan kondisi *refrigent* dari wujud cair ke wujud uap akan menyebabkan perubahannya dari wujud cair ke *refrigent* wujud uap, proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan di dinginkan. Dampak dari 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. Proses pendinginan atau menurunkan temperatur dapat dilakukan dengan mudah dengan adanya mesin pendingin listrik ini.

Kompresor yang digunakan pada alat/media ini adalah jenis *kompresor* torak dengan silinder tunggal.



Gambar 15. *Kompresor* Jenis Torak
(<http://e2ndycom.blogspot.com>)

Jenis kompresor ini digunakan untuk *refrigerant* yang mempunyai volume lebih rendah dengan perbedaan *temperature* yang besar.



Gambar 16. Prinsip kompresor torak
(sumber: <http://edie666.blogspot.com>)

Sebuah *kompresor* torak menggunakan kinerja piston di dalam sebuah silinder untuk kompresi pendingin. Piston bergerak ke bawah, ruang hampa yang dibuat di dalam silinder, maka membuat katup masukan (*intake valve*) dipaksa terbuka dan *refrigerant* tersedot ke dalam silinder. Katup masukan (*intake valve*) dipaksa terbuka dan *refrigerant* tersedot ke dalam silinder ini terjadi karena tekanan di atas katup masukan lebih besar dari tekanan di bawahnya, setelah posisi piston mencapai dasarnya, maka posisi piston akan mulai bergerak ke atas. Katup masukan (*intake valve*) akan bergerak menutup dan memasukan *refrigerant* di dalam silinderp ada titik tertentu, tekanan yang diberikan oleh sekumpulan *refrigerant* pada katup keluaran (*exhaust valve*) untuk

membuka dan mengeluarkan *refrigerant* agar dikompresi mengalir keluar dari silinder, setelah piston mencapai posisi teratas, maka piston mulai bergerak ke bawah lagi dan siklus diulang. Kapasitas *kompresor* adalah debit penuh aliran gas yang ditekan dan dialirkan pada kondisi suhu total, tekanan total, dan diatur pada saluran masuk *kompresor*. Kapasitas *kompresor* biasanya dinyatakan dengan volume gas yang dihisap per satuan waktu (m^3/jam). *Kompresor* torak secara teori kapasitas *kompresornya* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$v = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times D^2 \times L \times Z \times N \times 60 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{jam}}\right)$$

Keterangan :

- D = diameter silinder (m)
- L = Panjang langkah torak (m)
- Z = Jumlah silinder
- N = Jumlah putaran poros per menit

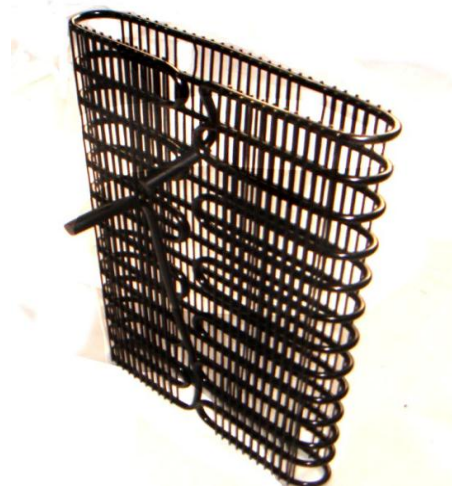
b. *Kondensor*

Seperti halnya evaporator, kondensor juga merupakan bagian di mana perpindahan panas terjadi. Panas dari uap *refrigerant* menerobos dinding saluran kondensor ke media pendingin kondensor. Akibat hilangnya panas yang dikandung uap *refrijerant*, maka uap *refrijerant* itu akan berubah wujud menjadi cairan kembali.

Kondensor dibagi jadi 3 jenis :

- 1) Jenis berpendingin udara (air cooled)
- 2) Jenis berpendingin air (water cooled)
- 3) Jenis campuran, disebut evaporatif

Air cooled condenser menggunakan udara sebagai media pendinginnya, begitu juga dengan *water cooled condenser*. Kondensor jenis tersebut, panas yang diberikan uap refrijerant panas akan menyebabkan temperatur media pendingin jadi naik. Udara pendinginan pada kondensor jenis evaporatif mengalami kenaikan temperatur pada saat melewati kondensor, tetapi sebenarnya udara itu berfungsi untuk menaikkan jumlah penguapan air akibat panas yang diambilnya dari kondensor. Air secara bertahap mendinginkan kondensor dan air didinginkan oleh udara. Makin cepat penguapan terjadi, makin banyak uap air yang didinginkan udara agar cepat kembali ke wujud air.



Gambar 17. *Kondensor*
(sumber : <http://tommyji.en.made-in-china.com>)

c. Mesin *ekspansi*/Peralatan *Ekspansi*

Peralatan dasar sistem kompresi uap lainnya adalah peralatan *ekspansi*. Dua fungsi peralatan *ekspansi* adalah menurunkan tekanan cairan *refrigerant*, dan harus bisa mengatur aliran *refrigerant* ke *evaporator*. Jenis yang umum sebagai peralatan *ekspansi* adalah pipa kapiler (*capillary tube*), katup *ekspansi* tangan (*hand/manual expansion valve*), dan katup *ekspansi* *thermostatik* (*thermostatic expansion valve*).

Peralatan *ekspansi* yang digunakan adalah pipa kapiler (*capillary tube*). Berupa pipa kecil dari tembaga dengan lubang berdiameter sekitar 1 mm, dengan panjang yang disesuaikan dengan keperluannya hingga beberapa meter. Berbagai unit refrigerasi yang menggunakan pipa ini biasanya diuntai agar terlindung dari kerusakan dan ringkas penempatannya. Lubang saluran yang sempit dan panjangnya pipa kapiler ini merupakan gambaran bagi aliran *refrigerant* yang melintasinya, hambatan itulah yang membatasi besarnya aliran itu. Pipa kapiler ini menghasilkan aliran yang konstan. Konstruksi pipa kapiler sangat sederhana, sehingga jarang terjadi gangguan.



Gambar 18. Pipa Kapiler (*cappillary tube*)
(sumber: <http://samiyapars.com>)



Gambar 19. Katup ekspansi tangan (*hand/manual expansion valve*)
(sumber: <http://www.indiamart.com>)



Gambar 20. Katup ekspansi thermostatik (*thermostatic expansion valve*)
(sumber: <http://www.made-in-china.com>)

Pipa kapiler menghubungkan bagian bertekanan tinggi dengan bagian bertekanan rendah sehingga dapat mengatur tekanan dan memudahkan *start kompresor* berikutnya pada saat *kompresor* berhenti bekerja.

Ukuran pipa kapiler yang digunakan disesuaikan pada kompresor 1/10 PK dan direncanakan untuk dipakai pada suhu rendah -20°C .

d. *Evaporator*

Evaporator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. *Evaporator* mempunyai dua prinsip dasar, untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. *Evaporator* umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu penukar panas, bagian evaporasi (tempat di mana cairan mendidih lalu menguap), dan pemisah untuk memisahkan uap dari cairan lalu dimasukkan ke dalam *kondenser* (untuk diembunkan/kondensasi) atau ke peralatan lainnya. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Evaporator>)

Fungsi dari *evaporator* adalah membuang panas yang tidak diinginkan dari benda melalui cairan pendingin. Cairan *refrigerant* yang terkandung dalam *evaporator* mendidih pada tekanan rendah. Tingkat tekanan ini ditentukan oleh dua faktor, diantaranya sbb :

- 1) Tingkat dimana panas yang diserap dari benda ke cairan pendingin di *evaporator*.
- 2) Tingkat dimana gas tekanan rendah akan dihisap dari *evaporator* ke kompresor.

Proses menjalankan transfer panas, suhu cairan pendingin harus lebih rendah daripada suhu benda yang ingin didinginkan.

Cairan pendingin dihisap dari *evaporator* oleh *kompresor* setelah memindahkan dingin, ketika meninggalkan koil *evaporator* cairan pendingin telah berubah menjadi gas tekanan rendah untuk dikompresi kembali oleh *kompresor*.

Refrigerant di dalam *evaporator* menyerap kalor dari air yang didinginkan. Penyerapan kalor ini menyebabkan *refrigerant* mendidih dan berubah wujud dari cair menjadi uap (kalor/panas laten). Panas yang dipindahkan berupa:

1) Panas sensibel (perubahan temperatur)

Panas sensibel adalah panas yang dapat diukur, panas yang menyebabkan terjadinya kenaikan/penurunan temperatur. Semua benda baik padat, gas atau cair mempunyai panas sensibel selama berada di atas temperatur 0° absolut.

2) Panas laten

Panas laten adalah panas yang diperlukan untuk merubah wujud benda, mulai dari titik didihnya atau titik bekunya sampai benda itu secara sempurna berubah wujud, tetapi temperaturnya tetap.

Perpindahan panas terjadi penguapan *refrigerant*. Proses terjadinya perubahan wujud, diperlukan panas laten. Proses perubahan wujud tersebut adalah dari cair menjadi uap atau menguap (evaporasi). *Refrigerant* akan menyerap panas dari ruang sekelilingnya.

Kapasitas *evaporator* adalah kemampuan *evaporator* untuk menyerap panas dalam periode waktu tertentu dan sangat ditentukan oleh perbedaan temperatur *evaporator* (*evaporator temperature difference*).

Perbedaan temperatur *evaporator* adalah perbedaan antara temperatur jenis *evaporator* (*evaporator saturation temperature*) dengan *temperature* substansi/benda yang didinginkan. Kemampuan memindahkan panas dan konstruksi *evaporator* (ketebalan, panjang dan sirip) akan sangat mempengaruhi kapasitas *evaporator*.



Gambar 21. *Evaporator* pada *dispenser*
(<http://www.gasgoo.com/auto-products>)

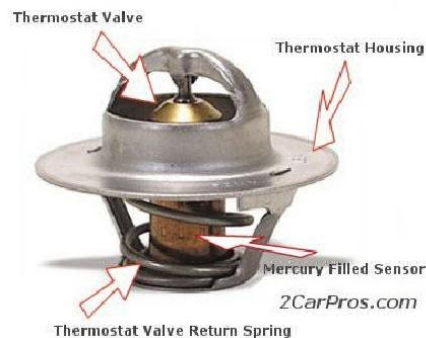
D. Peralatan Kelistrikan

Komponen-komponen kelistrikan pada *dispenser hot and cool* juga harus dikuasai dengan benar. Komponen listrik yang terdapat pada *dispenser hot and cool* merupakan pengontrol kegiatan peralatan mekanik *dispenser hot and cool*. Banyak sekali manfaat dan keuntungan komponen listrik terutama dalam menjaga dan merawat *dispenser hot and cool* agar tidak cepat rusak.

1. *Thermostat*

Thermostat adalah alat untuk mengatur suhu agar selalu stabil. *Thermostat* banyak dipakai pada alat-alat seperti lemari es, setrika listrik, tungku masak, alat penetas telur, incubator (tempat menyimpan bayi yang sakit), dan pemanas air mandi.

Contoh *thermostat* adalah *thermostat bimetal*. Sewaktu ruangan masih dingin, keping bimetal lurus, kontak terhubung dengan arus listrik. Ketika suhu ruang panas (suhu tertentu), keping bimetal melengkung dan akan memisahkan kontak, kemudian memutuskan aliran listrik. Jadi, *thermostat* mempunyai prinsip kerja yang hampir sama dengan saklar otomatis.



(sumber: <http://ml.scribd.com>)

Gambar 22. *Thermostat*

2. Fuse

Sekering adalah suatu peralatan proteksi yang umum digunakan. Sekering adalah suatu peralatan proteksi kerusakan yang disebabkan oleh arus berlebihan yang mengalir dan memutuskan rangkaian dengan meleburannya elemen sekering.



Gambar 23. Sekring
(sumber: <http://www.elektronikabersama.web.id>)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sekering
(Syarat Sekering):

- a. Arus nominal sekering (*current rating*) adalah arus yang mengalir secara terus menerus tanpa terjadi panas yang berlebihan dan kerusakan
- b. Tegangan nominal (*voltage rating*) yaitu tegangan kerja antar konduktor yang diproteksi atau peralatan
- c. *Time current protection* yaitu suatu lengkung karakteristik untuk menentukan waktu pemutusan
- d. *Pre arcing time* adalah waktu yang diperlukan oleh arus yang besar untuk dapat meleburkan elemen sekering

- e. *Arcing time* adalah waktu elemen sekering melebur dan memutuskan rangkaian sehingga arus jatuh menjadi nol
- f. *Minimum fusing current* adalah suatu harga minimum dari arus yang akan menyebabkan elemen sekering beroperasi (melebur)
- g. *Fusing factor* adalah suatu perbandingan antara minimum *fusing current* dengan *current rating* dari sekering. Umumnya sekering yang tergolong pada semi *enclosed* mempunyai faktor-faktor dan untuk type HRC mempunyai faktor serendah mungkin 1,2
- h. *Total operating time* adalah waktu total yang diambil oleh sekering secara lengkap dapat mengisolasi dengan gangguan.
- i. *Cut off* ini adalah satuan fungsi yang penting sekering HRC. Jika elemen sekering melebur dan membatasi harga arus yang dicapai ini kita kenal dengan sebutan “*arus cut off*”
- j. *Category of duty*. Sekering diklasifikasikan pada kategori kesanggupan dalam menangani gangguan sesuai dengan harga arus *prospective* pada rangkaian. Katagori A1 dan A2 untuk arus propectif. 1.0.kA dan 4.0 kA. Sedangkan untuk kategori AC3, AC4 dan AC5 untuk arus 16,5 kA, 33 kA dan 46 kA.

Ada dua type dasar sekering :

- a. *Semi enclosed type* adalah type untuk arus dengan rating yang rendah dan *category of duty* yang rendah

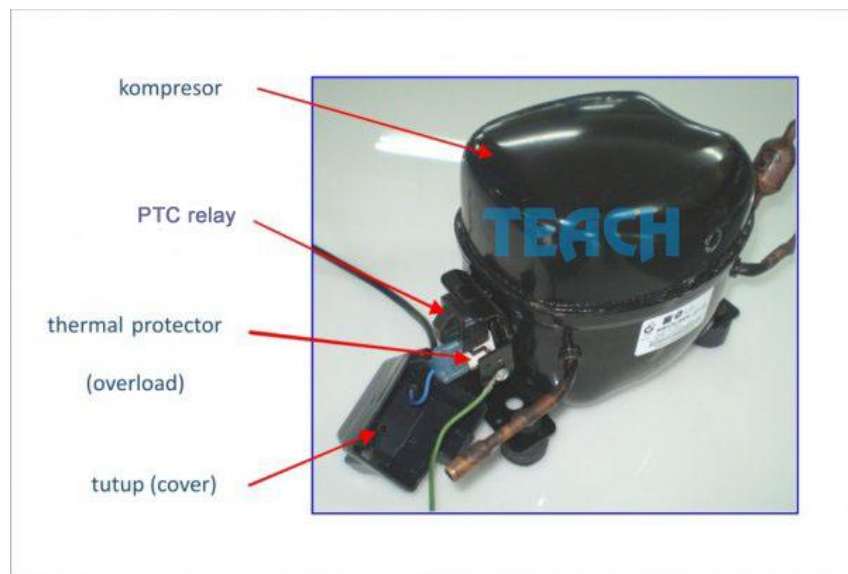
- b. *Cartridge type* adalah merupakan *type* yang mempunyai kapasitas pemutusan yang tinggi (*High-ruptring capacity*) yang lebih dikenal dengan istilah *HRC fuse*.

3. *Overload Motor Protector*

Overload motor protection (pengaman motor *kompresor*) berfungsi untuk melindungi motor *kompresor* dari kerusakan (terbakar), bekerjanya seperti sekering otomatis dengan cara memutuskan aliran listrik bila suhu *kompresor* terlampau tinggi atau arus yang melaluinya terlalu tinggi. *Overload motor protector* ada yang diletakkan di luar *kompresor* (*external overload motor protection*), ada pula yang diletakkan menyatu dengan *kompresor* atau berada di dalam *compresor* (*internal overload motor protector*). Terdapat bimetal yang akan membuka kontaknya bila suhu *cut-off*-nya terlampaui di dalam *overload motor protection*.



Gambar 24. *Overload Motor Protector*
(sumber: <http://teachintegration.wordpress.com>)



Gambar 25. Komponen overload pada *kompresor*
(sumber: <http://teachintegration.wordpress.com>)

4. *PTC relay*

Positive Temperature Coefficient atau yang sering disingkat menjadi PTC merupakan alat yang biasa terpasang pada terminal *kompresor* yang berfungsi sebagai *relay* yang bekerja berdasarkan temperatur, jika temperatur naik maka nilai resistansi akan naik atau dengan kata lain ketika temperatur pada PTC naik maka listrik yang mengalir akan terputus. Pemakaian PTC pada *dispenser* berfungsi untuk mengendalikan aliran listrik yang masuk kedalam lilitan bantu, pada saat dispenser belum bekerja nilai resistansi PTC rendah sebab temperatur PTC masih sama dengan lingkungan sehingga arus listrik yang mengalir pada lilitan dapat menimbulkan kutub bantu yang kuat, ketika arus listrik mengalir melewati PTC maka nilai resistansi PTC akan naik seiring bertambahnya temperatur pada PTC dan pada waktu yang sama putaran rotor *kompresor* akan semakin cepat dan sampai pada kecepatan

maksimal. Nilai resistansi akan sangat tinggi pada saat rotor berputar dengan maksimal sehingga yang mendapat aliran listrik hanya lilitan utama.

Kerusakan yang sering terjadi pada PTC diantaranya adalah kepingan PTC pecah dan nilai resistansi PTC telah jenuh hal ini disebabkan oleh perubahan suhu yang berulang-ulang. Ciri-ciri yang ditimbulkan akibat PTC rusak adalah lilitan bantu tidak mendapatkan aliran listrik sehingga rotor kompresor tidak dapat berputar atau sebaliknya lilitan bantu mendapatkan aliran listrik secara terus menerus sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada lilitan bantu..



(sumber: <http://www.zonateknik.com/>)

Gambar 26. PTC relay



Gambar 27. PTC Relay pada kompresor

5. Starter capacitor

Starter capacitor (*start kapasitor, start capacitor, start condensator, motor start capacitor*) adalah suatu kapasitor yang dipasang/dihubungkan seri dengan *start relai* dan kumparan pembantu pada *kompresor*. Kapasitor adalah alat listrik yang dapat menyimpan arus listrik, semakin besar kapasitasnya maka kemampuan menyimpan

listriknya semakin besar. Kapasitor terdiri dari dua lapis logam tipis yang mempunyai penghantar listrik yang baik dan di antaranya diberi isolator.



Gambar 28. Kapasitor
(sumber: <http://doktertech.blogspot.com>)

Motor *start kapasitor* mempunyai dua satuan kapasitor dan tegangan: MDF (*microfarad*) dan VAC (*Volt alternating current*). *Start* kapasitor biasanya mempunyai kapasitas yang besar dengan bentuk yang kecil. Kapasitas dari *start* kapasitor mempunyai toleransi 0-20%. Umumnya pada *start kapasitor* disebutkan dua nilai MFD, yaitu MFD yang terendah dan MFD tertinggi. Jika hanya disebutkan satu nilai MFD, itu adalah MFD yang terendah.

Kelemahannya dari pemasangan *start* kapasitor adalah pada saat arus listrik yang sangat besar yang mengalir melalui terminal (kontak-kontak) start relai akan menyebabkan timbulnya percikan api ketika *start* relai bekerja sehingga *start* relai menjadi panas dan mudah rusak antara kedua kaki start kapasitor dipasang tahanan (resistor) sebesar 15-18 K Ω 2 Watt yang gunanya untuk membuang sisa muatan listrik yang tersimpan pada start kapasitor untuk menghindarkan kerusakan *start* relai.

E. Peningstalsian Sistem

Proses peningstalsian sistem terdiri dari dua bagian, yaitu proses peningstalsian sistem pemipaan (mekanik) dan instalasi sistem kelistrikan.

1. Instalasi Sistem Pemipaan

Sistem *dispenser hot and cool*, terdiri dari komponen-komponen pemanas berupa elemen pemanas dan empat komponen utama pendinginan berupa *kompresor*, *kondensor*, mesin *ekspansi* dan *evaporator*. Komponen-komponen tersebut saling dihubungkan dengan menggunakan pipa. Pipa yang banyak digunakan dalam peralatan refrigerasi adalah pipa tembaga. Pipa lain yang sering digunakan adalah pipa alumunium, pipa baja, pipa baja tahan karat, dan pipa plastik. Pemilihan ukuran pipa yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Drop tekanan harus sekecil mungkin
- b. Dapat mengalirkan bahan *refrigerant* sesuai dengan perencanaan atau kecepatan sirkulasi *refrigerantnya* sesuai.

Pipa yang digunakan terlalu kecil akan mengakibatkan kerugian gesekan dan bunyi yang keras dan bising karena kecepatan yang tidak sesuai, sedangkan apabila pipa yang digunakan ukurannya terlalu besar akan mengakibatkan kegagalan pengembalian minyak/oli *kompresor* serta pengeringan minyak/oli *kompresor* yang akhirnya *komprosor* menjadi macet.

Pipa yang banyak digunakan pada sistem *refrigerasi* yaitu tembaga, aluminium, baja, *stainless steel*, dan plastik. Pipa untuk *Refrigerasi* sering disebut juga pipa ACR. Pipa ACR biasanya diisi dengan nitrogen supaya bersih dan kering. Sampai saat ini masih sering digunakan. Nitrogen harus diisikan selama proses penyolderan dan *brazing*, tetapi harus hati-hati karena berbahaya.

Pipa yang telah dipotong harus segera disumbat, untuk menjaga bahaya oksidasi di dalam pipa tersebut. Pipa tembaga terdiri dari 2 tipe yaitu *soft* dan *hard*. Tipe K dengan dinding keras dan tipe L dengan dinding sedang. Pipa yang banyak digunakan pada ACR adalah tipe L. Pipa *soft coper* setiap rolnya mempunyai panjang 25 dan 50 *feet*.

a. *Soft Coper Tubing*

Jenis ini digunakan pada sistem *refrigerasi* dan AC domestik dan komersial. Pipa ini mudah dibengkokkan dan dikembangkan. Sering digunakan untuk sambungan dengan *flared fitting* atau *soft soldered fitting*. Setiap rolnya mempunyai panjang 25, 50 dan 100 *feet*. Ukuran yang biasa digunakan yaitu 3/16", 1/4", 1/2", 5/8" dan 3/4" serta mempunyai diameter luar (OD).

b. *Hard – Drawn Coper Tubing*

Pipa ini digunakan pada sistem *refrigerasi* dan AC komersial. Digunakan klem untuk membuatnya yang keras dan kaku. Terutama pada diameter yang besar. Pipa ini tidak perlu dibengkokkan, tapi gunakan pipa yang lurus dan fitting yang

diperlukan pada sambungan pipa. Sistem yang menggunakan pipa ini harus di *brazing* dengan *silver* sedangkan *soft* solder hanya digunakan pada pipa air, panjang pipa ini yaitu 7 m.

c. *Steel Tubing*

Pipa baja yang digunakan adalah pipa baja dengan dinding yang tipis. Sambungan yang digunakan pada pipa baja menggunakan *flared joints* atau *silver brazed joints*. Pipa baja ini digunakan untuk R-717 9 (amonia). Pipa baja yang biasa digunakan terdiri dari 2 tipe yaitu *double lap brazed* dan *butt welded* (ujungnya dilas menggunakan tipe baja yang sama).

d. *Stainless Steel Tubing*

Jenis pipa ini adalah pipa yang kuat, sangat tahan pada korosi dan dapat disambungkan dengan mudah, yaitu dengan menggunakan *fitting*, *flaring* dan *brazing*. Pipa *stainless steel* yang banyak digunakan pipa no.304 yang mempunyai kadar karbon (C), nikel (N1) dan chromium (Cr) yang rendah. Pipa *stainless steel* sering digunakan untuk proses pembuatan makanan, es krim dan susu.

e. *Plastic Tubing*

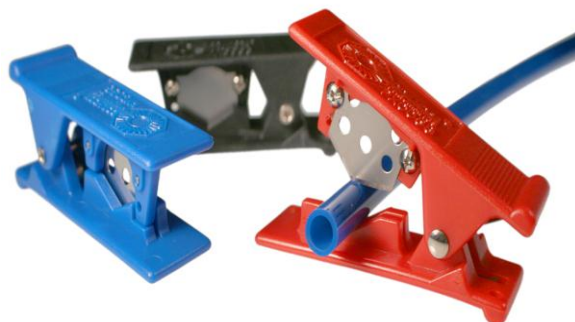
Polythylene adalah salah satu bahan yang digunakan dalam proses pembuatan pipa plastik. Pipa plastik digunakan pada sistem yang mempunyai temperatur antara 73-79°C. Pipa ini tidak digunakan dalam siklus refrigerasi mekanik tetapi untuk *cold water*

lines dan *water cooled condensor*. Pipa ini mudah dibengkokkan, dipotong dengan pisau dan dipakai pada mesin *refrigerasi* dan AC dengan menggunakan spesial *fitting*.

Pemrosesan pipa merupakan salah satu dasar yang harus diperhatikan atau bahkan dipertanggungjawabkan didalam instalasi dan mekanisme sistem *refrigerasi*. *Step-step* atau langkah-langkah di dalam pengerjaan pipa untuk sistem terdiri dari pemotongan (*cutting*), peluasan (*reaming*), pembengkokkan (*bending*), *Flaring and swanging*, dan *welding*.

a. Pemotong Pipa (*Tubing Cutter*)

Cutting adalah pengerjaan pemotongan pipa yang biasanya dilakukan dengan menggunakan alat khusus yang disebut *Tubbing Cutter* atau disebut juga *Cutter Pipe*. Digunakan untuk memotong pipa tembaga dari 1/8 – 1,1/8". Pipa kapiler dipotong dengan kikir, sedangkan pipa tembaga yang besar dan keras dipotong dengan gergaji besi.

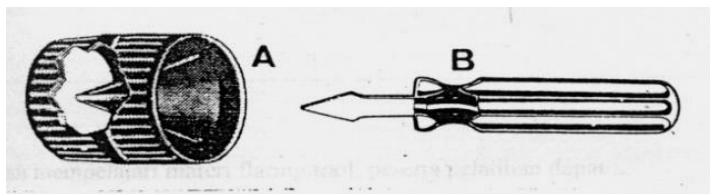


Gambar 29. Tubbing cutter
(Sumber: Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)

b. Peluasan (*reaming*)

Proses perluasan pada pipa tidak sama dengan proses perluasan pada lubang seperti bor. Peluasan pada pipa merupakan proses untuk menghilangkan ketajaman sisi-sisi setelah dipotong dan biasanya sebelum proses perluasan, permukaan pipa yang telah dipotong diratakan dahulu.

Tujuan dari proses *reaming*/peluasan ini adalah agar serpihan pipa setelah proses pemotongan tidak terbawa masuk ke dalam sistem dan menghindari kebocoran pada saat pipa tersebut disambungkan. *Reamer* dan *deburrer* dibuat dari baja yang dikeraskan. Dipakai untuk meratakan ujung pipa yang telah dipotong agar rata kembali, untuk dapat meratakan ujung pipa dari 3/16-1,1/2 inch pada bagian dalam dan bagian luarnya.



Gambar 30 a. Reamer b. Deburrer
(Sumber: Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)

c. Pembengkokan (*bending*)

Membengkokkan pipa harus mempunyai radius bengkokkan minimum $R=5$ kali diameter pipa. Pipa tembaga yang telah dibengkokkan sifatnya menjadi makin keras. Sebelum pipa dibengkokkan kita harus menentukan bagian pipa yang akan dibengkokkan dan arahnya kemana pipa akan dibengkok. Jika kita

salah membengkok pipa, lalu hendak diluruskan kembali, sebaiknya pipa tersebut dipanasi dahulu sampai menjadi lunak kembali. Alat pembengkok pipa ada dua macam, yaitu:

1) Dengan Rol Dan Tuas (*Lever Type Tube Bender*)

Bentuknya ringan, tetapi kuat dan sangat mudah dipakai. Pembengkokan pipa dengan radius tertentu sesuai dengan diameter dari rol dapat membengkok pipa tepat pada tempatnya. *Lever type tube bender* dapat diselipkan pada bagian yang akan dibengkokkan, lalu pipa tersebut dibengkokkan, setelah pipa tersebut bengkok alat tersebut dapat dilepaskan kembali dari pipa.



Gambar 31. *Lever Type Tube Bender*
(Sumber: <http://www.bizviet.net>)

2) Dengan Pegas (*Spring Type Tube Bender*)

Alat pembengkok pipa yang paling sederhana dan murah harganya. Pembengkok pipa tersebut ada dua macam: lilitan pegas didalam dan lilitan pegas diluar. Lilitan pegas di dalam (*inside spring*) hanya dapat dipakai untuk

membengkokkan ujung pipa. Lilitan pegas di luar (*outside spring*) dapat dipakai untuk membengkokkan semua bagian dari pipa, bagian tengah dan ujungnya. Lilitan pegas mempunyai bermacam-macam ukuran pipa dari $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ inci. Lilitan pegas di luar $\frac{1}{4}$ inci dapat dipakai sebagai lilitan pegas di dalam untuk membengkokkan pipa tembaga lunak $\frac{1}{2}$ inci.



Gambar 32. *Spring Type Tube Bender*
(sumber: <http://www.micromark.com>)

Setelah pipa dimasukkan kedalam pegas dan dibengkokkan bersama-sama, maka melepasnya pegas dari pipa menjadi sangat sukar. Cara untuk memudahkan melepas pegas dari pipa setelah dibengkokkan adalah sebagai berikut: sebelumnya permukaan pipa dilumasi dengan minyak, lalu kita membengkokkan pipa dan pegas sedikit lebih dari yang kita hendaki, kemudian pipa dibengkokkan kembali sedikit. Pegas akan menjadi sedikit lebih longgar dari pipa, untuk melepasnya pegas tidak boleh ditarik saja, tetapi harus sambil diputar.

d. *Flaring and swanging,*

1) *Flaring tool*

Flaring tool berfungsi untuk membuat *flare* (mengembangkan) ujung pipa, agar pipa dapat disambungkan dengan *flare fitting* (sambungan pipa dari kuningan yang berulir). *Flaring tool* terdiri dari dua buah penjepit (*bar* atau *block*) yang disatukan dengan baut dan mur kupu-kupu. (*wing nut*). Kedua penjepit ini diberi lubang dari beberapa ukuran pipa 3/16 – 5/8 inci. Sebuah *joke* ujungnya bercabang dapat diselipkan pada penjepit tersebut. Bagian atas *joke* mempunyai sebuah baut yang panjang. Bagian atas dari baut tersebut diberi batang yang dapat diputar dan bagian bawah diberi sebuah *flare cone* (*spimer*). *Flare cone* tersebut berbentuk kerucut dengan sudut 45^o untuk menekan dan mengembangkan ujung pipa.



Gambar 33. *Flaring Tool*
(sumber: <http://www.toolsnworkwear.com>)

Sebelum ujung pipa dikembangkan, jangan lupa memasukkan *flare cone* (mur dari kuningan), setelah itu ujung pipa dimasukkan pada penjepit dengan ujung pipa dibuat 3 mm diatas penjepit. Keraskan mur kupu-kupu yang dekat dengan pipa lebih dahulu, setelah itu baru sisi yang lain. Menjepit pipa harus sampai cukup keras, agar waktu *cone* dikeraskan jangan sampai tergeser. Pipa akan rusak dan meninggalkan bekas pada dinding pipa yang tidak dapat diperbaiki. Sebelum ujung pipa ditekan sebaiknya ujung *cone* diberi sedikit minyak pelumas, lalu batang pemutar diputar. Kita dapat terus memutar batang pemutar sampai ujung pipa cukup mengembang atau dengan memutarnya sedikit demi sedikit. Batang diputar satu putaran dan dikembalikan $\frac{1}{4}$ putaran, lalu diputar lagi satu putaran kembali dan dikembalikan $\frac{1}{4}$ putaran, demikianlah seterusnya sampai ujung pipa cukup mengembang, dengan maksud agar ujung pipa yang dikembangkan tidak menjadi keras.

2) *Sweaging tool* (pembesar pipa)

Sweaging tool (pembesar pipa) berfungsi untuk memperbesar ujung pipa, agar dua buah pipa yang sama diameternya dapat disambung dengan solder timah atau las perak. Panjang sambungan untuk tiap pipa berbeda, pada umumnya diambil sepanjang diameter dari pipa yang akan

disambung. *Sweaging tool* ada dua macam, yaitu *punch type* (model dipukul) *screw type* (model diputar).

a) *Punch Type* (Model Dipukul)

Punch Type (Model Dipukul) berfungsi untuk memperbesar ujung pipa tembaga lunak dari $3/16 - 5/8$ inci. Harganya murah, alatnya kecil dan ringan, tetapi memakainya lebih sukar. Ujung pipa dijepit pada penjepit (*bars*) dengan membuat ujung pipa satu kali diameternya ditambah 3 mm berada di atas penjepit, lalu mur kupu-kupu dikeraskan. Pembesar pipa ujungnya diberi minyak pelumas, lalu ditaruh di atas ujung pipa. Dipukul dengan martil sampai pembesar pipa masuk ke dalam pipa minimum satu kali diameter pipa. Waktu memukul harus hati-hati, jangan sampai ujung pipa menjadi bengkok atau pecah.

b) *Screw Type* (Model Diputar)

Screw Type (Model Diputar) berfungsi untuk memperbesar ujung pipa tembaga lunak dari $3/16 - 3/4$ inci. Mengerjakannya lebih mudah dan hasilnya juga lebih baik, tetapi harganya lebih mahal.

Pemakaiannya hampir sama dengan *flaring tool*, disini *flare cone* ditukar dengan *sweaging punch* (*sweaging dies* atau *swage adaptor*) yang mempunyai

beberapa macam ukuran diameter pipa. Pipa dijepit pada penjepit dengan membuat ujung pipa di atas penjepit satu kali diameter pipa di tambah 3 mm. Beri sedikit minyak pelumas pada *sweaging punch* masuk kedalam pipa. Setelah *sweaging punch* masuk kedalam pipa minimum satu kali diameter pipa, lalu pemutar diputar kembali ke atas.

Hasil perbesaran pipa sangat baik, bagian yang dibesarkan dindingnya sama tebal dan sangat licin. Alat yang dipakai sebagai *flaring tool* dan *swaging tool* dengan hanya menukar *flare cone* dengan *swaging punch* disebut *flaring and swaging tool*.

e. *Welding (brasing)*

Brasing (penyolderan) adalah suatu cara penyambungan dua buah logam atau banyak yang sejenis maupun tidak sejenis dengan menggunakan bahan tambahan yang titik cairnya jauh lebih rendah dibanding dengan logam yang akan disambungkan. *Brasing* dapat juga disebut dengan pengelasan dengan alat pemanas dengan temperatur rendah. Pengelasan pipa tembaga bahan tambahan yang digunakan adalah kawat las silver/perak, untuk pengelasan penyambungan besi atau baja misalnya pada *kondensor* digunakan kawat las kuningan, untuk penyambungan aluminium digunakan

kawat las platinum. Sistem penyambungan yang umum digunakan pada sistem pemipaan terdiri dari:

- 1) *Solder fitting* (sambungan patri)
- 2) *Flare fitting* (sambungan Flare)
- 3) *Pipe Fitting* (Sambungan Pipa)
- 4) *Weld Fitting* (Sambungan Las)
- 5) *Compression Fitting* (Sambungan Tekan)
- 6) *Plastic Fitting* (Sambungan Plastik)

Penginstalasian pipa di sistem trainer *dispenser hot and cool* terdapat dua macam sambungan yaitu sambungan patri dan sambungan las.

- 1) *Solder Fitting* (Sambungan Patri)

Solder fitting adalah sistem penyambungan yang biasanya digunakan pada bahan-bahan lunak seperti tembaga, seng, aluminium dan lain-lain. Bahan tambahan yang sering digunakan untuk sistem penyambungan di atas adalah timah dan perak. Bahan tambahan ini harus mempunyai titik didih yang lebih rendah dari pada bahan yang akan disambung.

- 2) *Weld Fitting* (Sambungan Las)

Weld Fitting yaitu penyambungan dengan cara menggunakan bahan tambahan, hanya disini perbedaannya untuk *weld fitting* digunakan pada bahan-bahan keras seperti baja, atau sejenisnya, jadi busur api yang digunakan lebih

keras/panas dibandingkan dengan busur api yang digunakan pada *solder fitting*. Sambungan las ini juga bisa digunakan untuk menyambung bahan yang lunak seperti tembaga dengan bahan tambahan perak dan besi dengan bahan tambahan kuningan diberi serbuk boraks.

Ada beberapa perangkat las yang biasa digunakan pada sistem sambungan *Weld Fitting* diantaranya adalah:

- a) Las *Asetilin* atau las karbit
- b) Las Listrik

2. Instalasi sistem kelistrikan

Tahap pengerjaan instalasi sistem kelistrikan dan kontrol meliputi:

- a. Penempatan komponen-komponen sistem kelistrikan dan kontrol.
- b. Menyambungkan semua komponen kelistrikan sesuai dengan diagram kelistrikan pada sistem
- c. Pengetesan sistem kelistrikan

Sistem kelistrikan dirakit dalam satu panel yang terletak pada bagian samping kanan dari unit trainer tersebut. Rangkaian kelistrikan pada sistem terbagi dalam dua bagian yaitu rangkaian daya dan rangkaian kontrol.

- a. Rangkaian daya

Rangkaian daya merupakan rangkaian pokok dari suatu sistem kelistrikan. Komponen yang digunakan juga merupakan komponen yang terkontrol. Rangkaian daya terdapat satu buah

motor *kompresor* yang dihubungkan dengan kontaktor yang teraliri arus pada rangkaian kontrol. Selain motor *kompresor*, terdapat beberapa komponen lain seperti termometer digital, pilot lamp untuk sumber pada sistem, *ampere meter*, *voltmeter*, dan *wattmeter* pada saluran rangkaian daya yang dilengkapi dengan *switch* MC sebagai saklar *on/off* pada sistem.

b. Rangkaian kontrol

Rangkaian kontrol merupakan bagian yang mengontrol sistem kelistrikan, dalam pengoperasiannya dilakukan secara otomatis dan komponennya terpasang terpisah dengan rangkaian daya. Rangkaian kontrol terdiri dari beberapa komponen yang digunakan seperti saklar (toggel dan MCB) kontraktor, delay timer, HLP, *fault pilot lamp* (sebagai indikasi jika HLP bekerja), *solenoida valve* dengan pilot lampnya, *switch on/off* rangkaian kontrol.

Setelah rangkaian kelistrikan selesai di instal, kemudian dilakukan pengetesan terhadap rangkaian dayanya dan kontrol.

3. Deteksi Kebocoran

Setelah penginstalasian sistem telah selesai, yang mana pipa/pemipaan telah tersambungkan dengan komponen, maka selanjutnya dilakukan pengecekan kebocoran. Cara untuk mengetahui kebocoran dalam sistem atau komponen, dapat digunakan beberapa cara antara lain:

a. Mencari kebocoran dengan air sabun (*soap bubbles*)

- b. Diberi tekanan lalu direndam dalam cairan/air (untuk memeriksa kebocoran dalam komponen; misalnya *evaporatornya* saja)
- c. Alat pencari kebocoran dengan nyala api (*Halida Torch*)
- d. Detektor kebocoran elektronik (*Electronic leak detector*)
- e. Mencari kebocoran dengan zat pewarna (*colored tracid agent*)



Gambar 34. *Halida torch* dan *Electronic Detector*
(Sumber: Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)

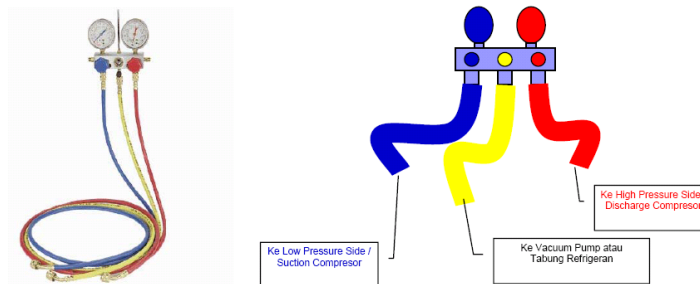


Gambar 35. *Analog dan Digital Multimeter (Multitester)*
(Sumber: Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)

4. Pemasangan Manifold Gauge

Setelah yakin sistem tidak bocor, maka akan dilakukan pemfakuman dan pengisian *refrigerant*, untuk itu perlu dipasang manifold gauge pada sistem.

Manifold gauge adalah suatu alat yang digunakan untuk membantu saat pemvakuman ataupun pengisian. Gambar dari *Manifold gauge* dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 36. *Manifold Gauge*
(Sumber: Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)

5. Pemvakuman Sistem

Evacuating atau *Dehydrating* adalah cara untuk mengosongkan atau menghampakan sistem dari udara dan gas-gas lain. Membuat vakum pada sistem sebelum dilakukan proses pengisian bahan pendingin dengan menggunakan pompa vakum dan alat ukur yang baik adalah suatu keharusan atau standar dari pengisian sistem pendingin. Setiap kali sistem diperbaiki atau bagian dari sistem yang ditukar baru, setelah selesai dipasang kembali, selalu harus diperiksa dahulu terhadap kemungkinan adanya kebocoran dari bagian yang baru diperbaiki, setelah pemeriksaan kebocoran selesai, barulah sistem siap untuk divakum.

Pekerjaan pemvakuman ini merupakan suatu keharusan dalam setiap proses penginstalasian terhadap sistem refrigerasi. Sisa udara pada sistem yang tidak divakum akan mengakibatkan udara tersebut tidak dapat diembunkan pada temperatur dan tekanan pengembunan dari *refrigerant* juga udara dapat menaikkan temperatur dan tekanan

kondensasi serta saluran discharge *kompresor*. Membuat vakum pada sistem dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu:

- a. Memakai *kompresor* dari sistem itu sendiri
- b. Memakai pompa vakum yang khusus untuk memvakum sistem.

Pemvakuman yang digunakan pada sistem trainer ini, menggunakan pompa khusus. Penggunaan pompa khusus ini dimaksudkan agar lebih aman dan mudah, juga tidak banyak bahan pendingin yang terbuang (untuk sistem yang telah terisi *refrigerant* sebelumnya).

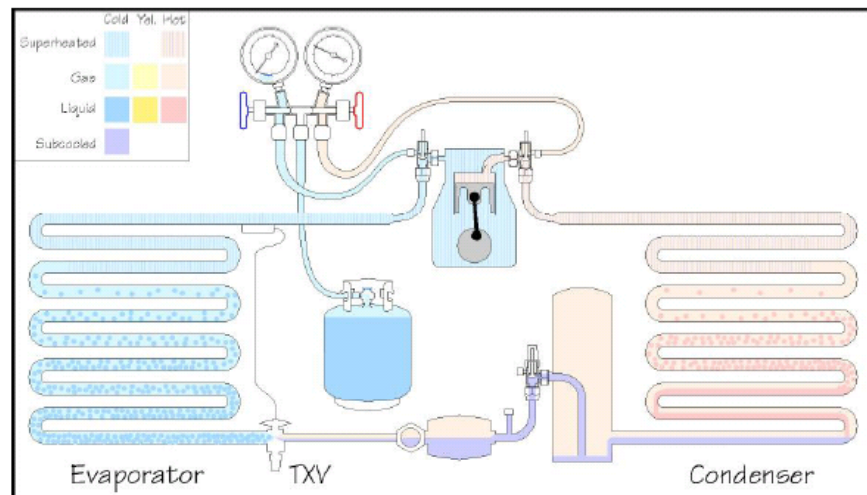
Pembuatan vakum dengan pompa vakum, dapat juga menghubungkan bagian yang keluar dari pompa vakum ke dalam gelas yang telah diisi dengan minyak pelumas *kompresor*, jika tidak ada gelembung udara yang keluar dari minyak, ini menunjukkan bahwa sistem telah bersih dari udara, jika masih ada gelembung udara yang keluar dari dalam minyak, maka sistem masih kurang vakum atau ada yang bocor. Apabila ada yang bocor, harus diperbaiki dahulu, baru kemudian dibuat vakum lagi. (Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)

6. Pengisian Refrigeran

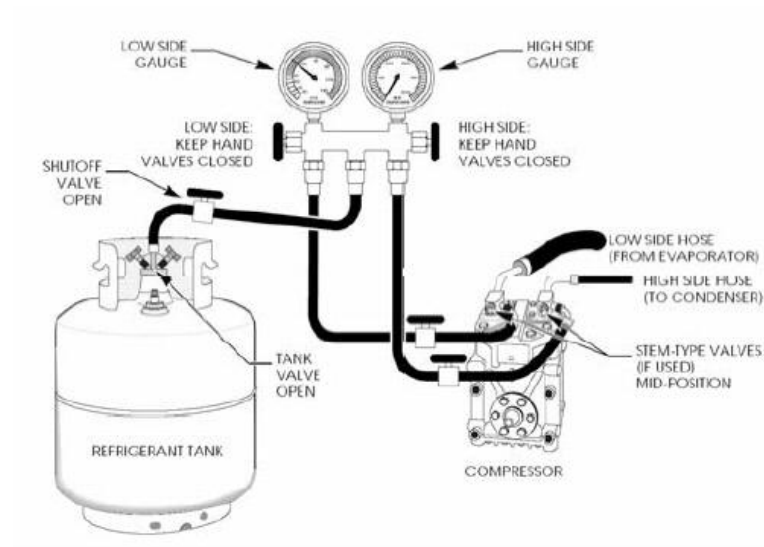
Pengisian *refrigerant* ke dalam sistem harus dilakukan dengan baik dan jumlah *refrigerant* yang diisikan sesuai/tepat dengan takaran. Kelebihan *refrigerant* dalam sistem dapat menyebabkan temperatur evaporasi yang tinggi akibat dari *refrigerant* tekanan yang tinggi, dapat menyebabkan *kompresor* rusak akibat dari *refrigerant* tekanan yang

tinggi, dapat menyebabkan *kompresor* rusak akibat kerja *kompresor* yang terlalu berat, dan adanya kemungkinan *liquid suction*. Sebaliknya bila jumlah *refrigerant* yang diisi sedikit, dengan kata lain kurang dari yang ditentukan, maka sistem akan mengalami kekurangan pendinginan. Cara proses pengisian *refrigerant* ke dalam sistem, diantaranya yaitu:

- a. Mengisi sistem berdasarkan berat *refrigerant*
- b. Mengisi sistem berdasarkan banyaknya bunga es yang terjadi di *evaporator*
- c. Mengisi sistem berdasarkan temperatur dan tekanan. (Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)



Gambar 37. Penyambungan manifold untuk pengisian
(Sumber: Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)



Gambar 38. Detail pemasangan manifold untuk pengisian
(Sumber: Apip Badarudin, dan Tandi Sutandi: 2009)