

Modul ini berjudul *Elemen Dasar Sistem Refrigerasi* merupakan salah satu bagian dari keseluruhan empat belas judul modul, dimana tiga belas modul lainnya adalah refrigean & lubrican, sistem refrigerasi kompresi uap, dasar tata udara, psikrometrik chart, penggunaan alat ukur, interpretasi gambar listrik, interpretasi gambar refrigerasi, teknik listrik, teknik elektronika, komponen & asesori sistem refrigerasi, pengontrolan sistem refrigerasi, pengujian operasi sistem refrigerasi dan pengujian kompresor.

Keempat belas judul modul ini ditemukan melalui analisis kebutuhan pembelajaran dari unit kompetensi menguji unjuk kerja sistem refrigerasi (K.RAD.O1). Pengembangan isi modul ini diarahkan sedemikian rupa, sehingga materi pembelajaran yang terkandung didalamnya disusun berdasarkan topik-topik selektif untuk mencapai kompetensi dalam menguji unjuk kerja sistem refrigerasi.

- Pengetahuan : memahami elemen dasar sistem refrigerasi sebagai kesatuan dari unit sistem refrigerasi
- Ketrampilan : Melakukan penyetelan, pengaturan dan pengujian pada sistem refrigerasi
- Sikap : Penyetelan, pengaturan dan pengujian sistem refrigerasi dilakukan secara cermat berdasarkan kerja serta mentaati prosedur K3.

MODUL PEMBELAJARAN

KODE : MK.RAD.01/01 (80 Jam)

ELEMEN DASAR SISTEM REFRIGERASI

**BIDANG KEAHLIAN : KETENAGALISTRIKAN
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK PENDINGIN DAN TATA UDARA**



**PROYEK PENGEMBANGAN PENDIDIKAN BERORIENTASI KETERAMPILAN HIDUP
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2003

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
PERISTILAHAN	vii
PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul	1
D. Tujuan Akhir.....	2
E. Kompetensi	2
F. Cek Kemampuan	2
PEMBELAJARAN	4
A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT.....	4
B. KEGIATAN BELAJAR.	5
KEGIATAN BELAJAR 1 SISTEM REFRIGERASI	5
A. Tujuan Kegiatan	5
B. Uraian Materi	5
C. Rangkuman 1	20
D. Tugas 1	21
E. Test Formatif 1	22
F. Jawaban Test Formatif 1	23
G. Lembar Kerja I Mengukur Tekanan Sistem	24
KEGIATAN BELAJAR 2	26
A. Tujuan Kegiatan	26

B.	Uraian Materi	26
C.	Rangkuman 2	51
D.	Tugas 2	53
E.	Test Formatif 2	54
F.	Jawaban Test Formatif 2	57
	EVALUASI	59
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN	

I. PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Modul ini berisi bahan belajar menguji sistem refrigerasi tentang *Elemen Dasar Sistem Refrigerasi* yang diberikan kepada peserta/siswa untuk membekali penguasaan kemampuan kerja dalam bidang *Teknik Pendinginan dan Tata Udara* .

Ruang lingkup modul ini terdiri dari :

- ✍ Sistem Refrigerasi
- ✍ Dasar-dasar refrigerasi

Setelah mempelajari modul ini, peserta diharapkan mampu mengaplikasikan konsep elemen dasar sistem refrigerasi dalam menangani pekerjaan teknik pendinginan dan tata udara.

B. PRASYARAT

Untuk dapat mengikuti modul ini, peserta harus memiliki pengetahuan matematika dan IPA dan tingkat SLTP

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dari usaha belajar para peserta. Ikutilah semua petunjuk berikut ini dengan seksama :

1. Modul ini terdiri dari serangkaian program uraian materi, tugas, tes formatif, kunci jawaban tes formatif, evaluasi dan kunci jawaban evaluasi
2. Peserta hanya dibolehkan melanjutkan dengan kegiatan belajar berikutnya, setelah menyelesaikan kegiatan belajar sebelumnya secara keseluruhan dan telah pula mengerjakan lembaran tes formatif dengan benar sesuai dengan kunci jawaban
3. Peserta harus terlebih dahulu memiliki kemampuan awal sesuai dengan prasyarat. Jika kemampuan awal tersebut belum dimiliki, sebaiknya tidak memulai memahas modul ini. Kuasailah prasyarat tersebut terlebih dahulu
4. Setelah peserta menyelesaikan uraian materi, kerjakanlah lembaran tugasnya. Kemudian kerjakanlah tes formatif. Pada halaman berikutnya diberikan kunci jawaban terhadap lembaran tes formatif, agar peserta dapat memeriksa, apakah telah mengerjakan tes formatif itu dengan benar.
5. Peserta hanya dibenarkan melihat lembaran kunci jawaban, setelah menyelesaikan lembaran tes formatif secara keseluruhan.

6. Setelah peserta menyelesaikan uraian materi dari seluruh kegiatan belajar yang ada pada modul, maka kerjakanlah lembaran evaluasinya. Pada halaman berikutnya diberikan kunci jawaban terhadap lembaran evaluasi, agar peserta dapat memeriksa, apakah telah mengerjakan lembaran evaluasi itu dengan benar. Peserta hanya dibenarkan melihat lembaran kunci jawaban, setelah menyelesaikan lembaran evaluasi cara keseluruhan.

D. TUJUAN AKHIR

Setelah mempelajari modul ini dengan diberikan satu unit sistem refrigerasi lengkap dengan satu peralatan diharapkan mampu menguji unjuk kerja sistem refrigerasi dalam waktu delapan jam sesuai dengan prosedur yang benar.

E. STANDAR KOMPETENSI

Kode Kompetensi : K.RAD.01/01

Unit Kompetensi : Menguji unjuk kerja sistem refrigerasi

Ruang Lingkup :

Unit kompetensi ini berkaitan dengan pemahaman tentang prosedur pemeliharaan peralatan refrigerasi dan tata udara. Pekerjaan ini mencakup identifikasi komponen sistem refrigerasi dan memperbaiki/mengganti sesuai standar dan peraturan yang berlaku serta merakit kembali komponen sistem.

Sub Kompetensi 1 :

Menangani pemeliharaan, pencegahan, pemeriksaan dan pengaturan sistem

KUK :

1. Masing-masing komponen dapat diidentifikasi sesuai dengan gambar teknik yang berlaku
2. Prosedur kerja pemeliharaan dapat ditangani sesuai dengan prosedur pemeliharaan

Sub Kompetensi 2 :

Menangani pelacakan gangguan sistem

KUK :

1. Perlengkapan kerja untuk pelacakan gangguan sistem diidentifikasi sesuai dengan kebutuhan pelacakan gangguan
2. Perlengkapan kerja untuk pelacakan gangguan sistem disiapkan sesuai dengan kebutuhan pelacakan gangguan

Sub Kompetensi 3 :

Memperbaiki/mengganti komponen sistem

KUK :

1. Komponen sistem dibongkar sesuai rencana kerja dan prosedur kerja
2. Komponen sistem diperbaiki sesuai rencana kerja dan prosedur kerja
3. Komponen sistem diganti sesuai dengan spesifikasi

Sub Kompetensi 4 :

Merakit kembali komponen sistem

KUK :

1. Komponen sistem dibersihkan sesuai dengan kerja dan prosedur kerja
2. Komponen sistem dirakit kembali sesuai dengan rencana kerja dan prosedur kerja.

Pengetahuan : Memahami elemen dasar sistem refrigerasi sebagai kesatuan dari unit sistem refrigerasi

Ketrampilan : Melakukan penyetelan, pengaturan dan pengujian pada sistem refrigerasi

Sikap : Penyetelan, pengaturan dan pengujian sistem refrigerasi dilakukan secara cermat berdasarkan prosedur kerja serta mentaati prosedur K3

Kode modul : MK.RAD.01 (01)

F. CEK KEMAMPUAN

Daftar pertanyaan untuk mengukur penguasaan peserta terhadap kompetensi pada modul ini adalah :

1. Apakah peserta telah mengamati sistem refrigerasi pada lemari es dan AC ?
2. Apakah peserta telah mengidentifikasi komponen-komponen sistem refrigerasi ?
3. Apakah peserta telah mengoperasikan sistem refrigerasi ?
4. Apakah peserta telah memeriksa kondisi refrigerasi pada sistem?
5. Apakah peserta telah mengukur besaran tekanan yang ada pada sistem refrigerasi?
6. Apakah peserta telah melakukan pengukuran suhu pada sistem refrigerasi ?
7. Apakah peserta telah melakukan pemeliharaan dan perbaikan motor komponen hermetik sistem ?
8. Apakah peserta telah melakukan pengujian sistem refrigerasi pada lemari es?

B. KEGIATAN BELAJAR

1. KEGIATAN BELAJAR I

SISTEM REFRIGERASI

a. TUJUAN

Setelah mempelajari kegiatan belajar ini dengan diberikan satu unit sistem refrigerasi lengkap dengan satu set peralatan diharapkan mampu mengidentifikasi komponen sistem refrigerasi dengan prosedur yang benar.

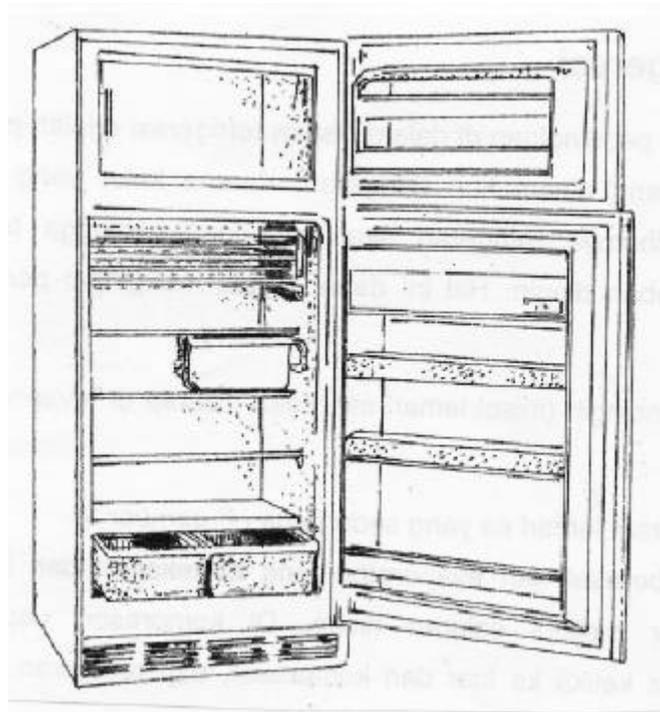
b. URAIAN MATERI I

1.1. Umum.

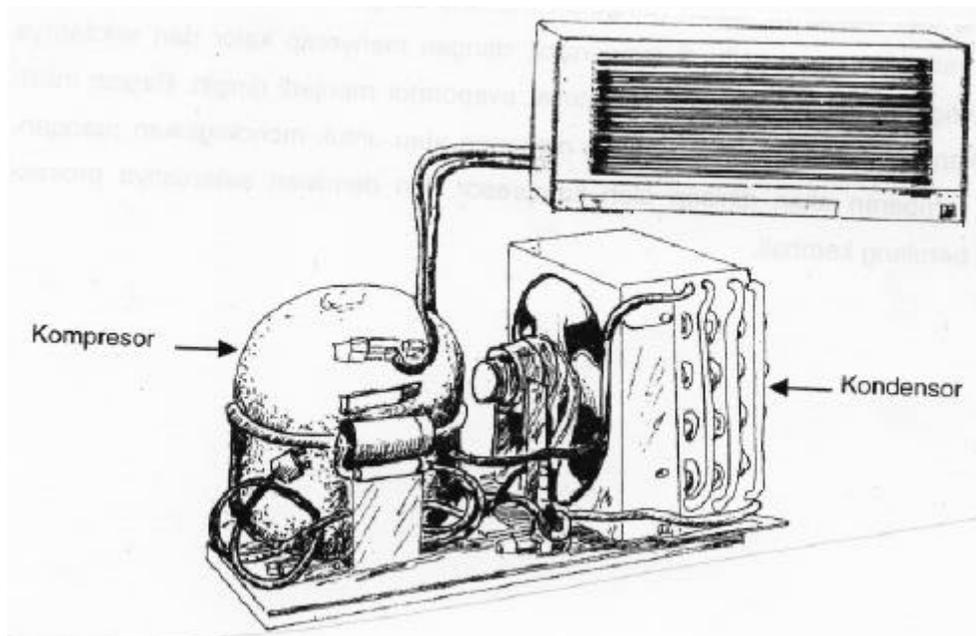
Sistem refrigerasi sangat menunjang peningkatan kualitas hidup manusia. Kemajuan dalam bidang refrigerasi akhir-akhir ini adalah akibat dari perkembangan sistem kontrol yang menunjang kinerja dari sistem refrigerasi.

Applikasi dari sistem refrigerasi tidak terbatas, tetapi yang paling banyak digunakan adalah untuk pengawetan makanan dan pendingin suhu, misalnya lemari es gambar 1 freezer, cold storage, air conditioner/AC Window, AC split gambar 2 dan AC mobil. Dengan perkembangan teknologi saat ini, refrigeran (bahan pendingin) yang di pasarkan dituntut untuk ramah lingkungan, disamping aspek teknis lainnya yang diperlukan.

Apapun refrigeran yang dipakai, semua memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing oleh karena itu, diperlukan kebijakan dalam memilih refrigeran yang paling aman berdasarkan kepenitngan saat ini dan masa yang akan datang. Selain itu, tak kalah pentingnya adalah kemampuan dan ketrampilan dari para teknisi untuk mengaplikasikan refrigeran tersebut, baik dalam hal mekanisme kerja sistem, pengontrolan maupun keselamatan kerja dalam pemakaiannya.



Gambar 1. Freezer



Gambar 2. AC Split

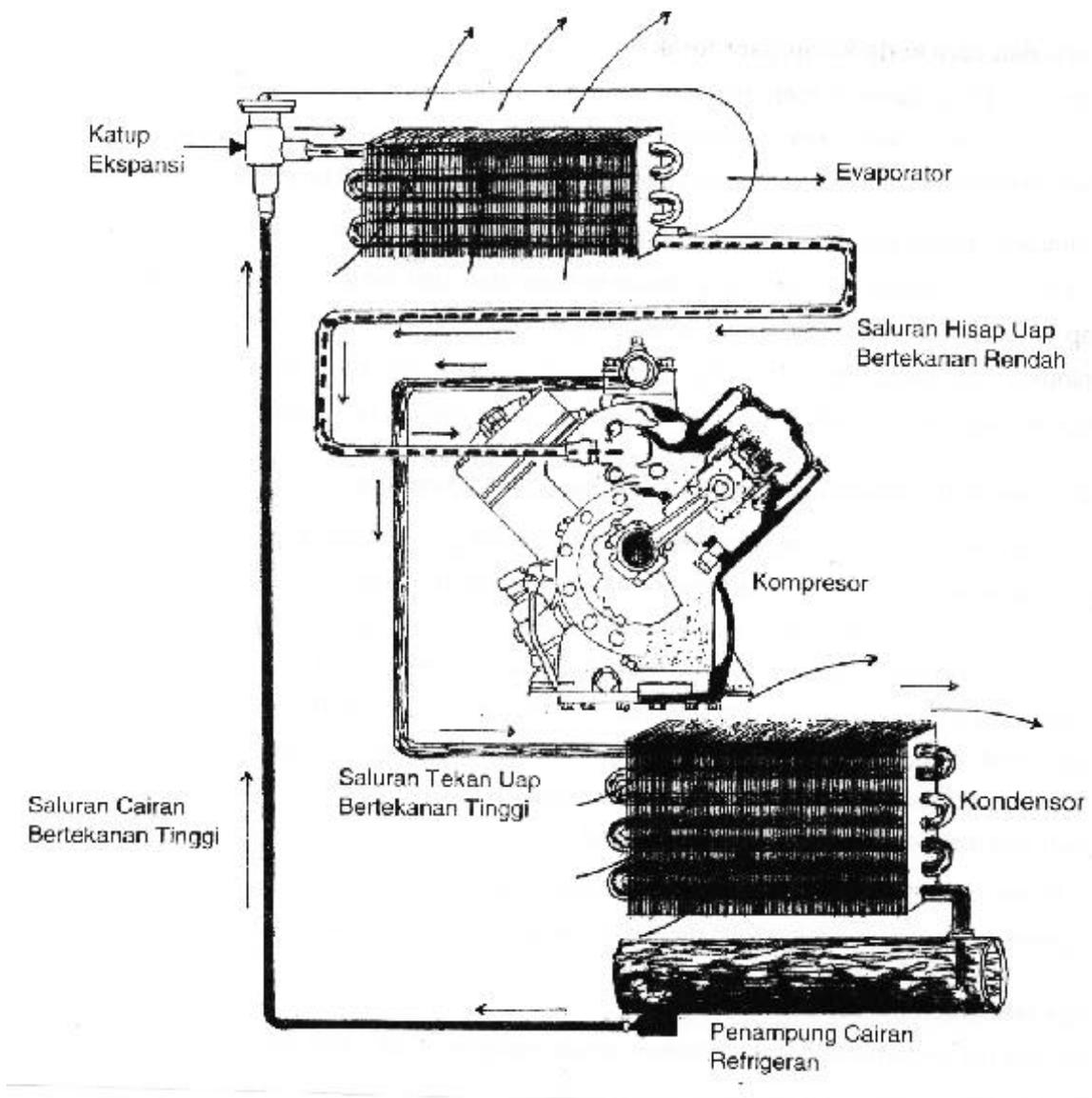
1.2. Siklus Refregerasi

Prinsip terjadinya suatu pendinginan di dalam sistem refrigerasi adalah penyerapan kalor oleh suatu zat pendingin yang dinamakan refrigeran. Karena kalor yang berada disekeliling refrigeran diserap, akibatnya refrigeran akan menguap, sehingga temperatur di sekitar refrigeran akan bertambah dingin. Hal ini dapat terjadi mengingat penguapan memerlukan kalor.

Di dalam suatu alat pendingin (misal lemari es) kalor diserap di “ evaporator” dan dibuang ke “kondensor”

Perhatikan skema dengan lemari es yang sederhana gambar 3.

Uap refrigeran yang berasal dari evaporator yang bertekanan dan bertemperatur rendah masuk ke kompresor melalui saluran hisap. Di kompresor, uap refrigeran tersebut dimampatkan, sehingga ketika ke luar dari kompresor, uap refrigeran akan bertekanan dan bersuhu tinggi, jauh lebih tinggi dibanding temperatur udara sekitar. Kemudian uap menunjuk ke kondensor melalui saluran tekan. Di kondensor, uap tersebut akan melepaskan kalor, sehingga akan berubah fasa dari uap menjadi cair (terkondensasi) dan selanjutnya cairan tersebut terkumpul di penampungan cairan refrigeran. Cairan refrigeran yang bertekanan tinggi mengalir dari penampung refrigeran ke katup ekspansi. Keluar dari katup ekspansi tekanan menjadi sangat berkurang dan akibatnya cairan refrigeran bersuhu sangat rendah. Pada saat itulah cairan tersebut mulai menguap yaitu di evaporator, dengan menyerap kalor dari sekitarnya hingga cairan refrigeran habis menguap. Akibatnya evaporator menjadi dingin. Bagian inilah yang dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan makanan atau untuk mendinginkan ruangan. Kemudian uap refrigeran akan dihisap oleh kompresor dan demikian seterusnya proses-proses tersebut berulang kembali.



Gambar 3. Diagram lemari Es

1.3. Komponen Sistem Refrigerasi

1.3.1. Kompresor

Fungsi dan cara kerja kompresor torak

Kompresor gambar 4 merupakan jantung dari sistem refrigerasi. Pada saat yang sama komrpesor menghisap uap refrigeran yang bertekanan rendah dari evaporator dan mengkompresinya menjadi uap bertekanan tinggi sehingga uap akan tersirkulasi.

Kebanyakan kompresor-kompresor yang dipakai saat ini adalah dari jenis torak. Ketika torak bergerak turun dalam silinder, katup hisap terbuka dan uap refrigeran masuk dari saluran hisap ke dalam silinder. Pada saat torak bergerak ke atas, tekanan uap di dalam silinder meningkat dan katup hisap menutup, sedangkan katup tekan akan terbuka, sehingga uap refrigeran akan ke luar dari silinder melalui saluran tekan menuju ke kondensor.

Kebocoran katup kompresor dan terbakarnya motor kompresor.

Beberapa masalah pada kompresor adalah bocornya katup terbakarnya motor kompresor.

Jika katup tekan bocor ketika torak menghisap uap dari saluran hisap, sebagian uap yang masih tertinggal di saluran tekan akan terhisap kembali ke dalam silinder, sehingga mengakibatkan efisiensinya berkurang. Hal yang sama juga dapat terjadi bila katup hisap bocor ketika torak menekan uap ke saluran tekan, sebagian uap di dalam silinder akan tertekan kembali ke saluran hisap.

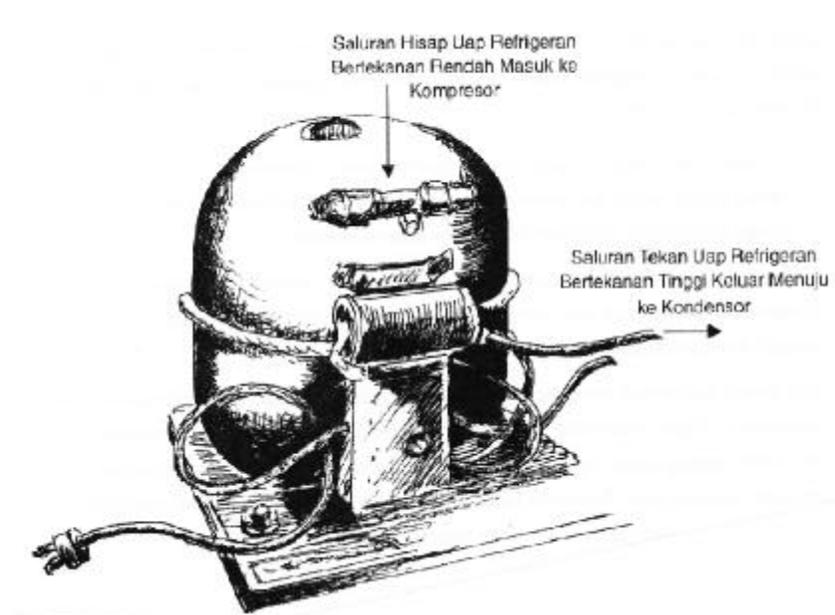
Untuk mencegah kebocoran torak terhadap dinding silinder, biasanya dipasang cincin torak. Jika cincin ini aus atau pecah, refrigeran dapat bocor sehingga “tekanan tekan” akan lebih rendah dan menyebabkan kekurangan efisiensi.

Jika motor kompresor terbakar, terutama untuk jenis hermetik dan semi hermetik, dan jika refrigeran yang dipakai adalah CFC dan HCFC, maka akan timbul asam yang bersifat korosif.

Pengecekan kompresor.

Beberapa tes sederhana dapat dilakukan untuk mengetahui jika ada kebocoran yang nyata dalam kompresor. Pertama jika saluran hisap disumbat, maka saluran hisap kompresor akan vakum/hampa udara. Jika katup hisap atau katup tekan atau torak bocor, refrigeran yang akan dipompa oleh kompresor tak akan sebesar yang dikehendaki. Tes kebocoran yang lain diperlihatkan jika kompresor dapat mempertahankan vakum yang dapat dicapai.

Jika kompresor dimatikan, tekanan hisap diamati apakah turun dengan nyata. Jika katup hisap atau katup tekan torak bocor, tekanan bisap akan turun. Tes yang sama dapat dilakukan dengan mengamati “tekanan tekan”. Jika saluran tekan disumbat, kompresor akan mempertahankan tekanan tersebut. Jika katup tekan bocor tekanan tekan akan turun.



Gambar 4. Kompresor

1.3.2. Kondensor

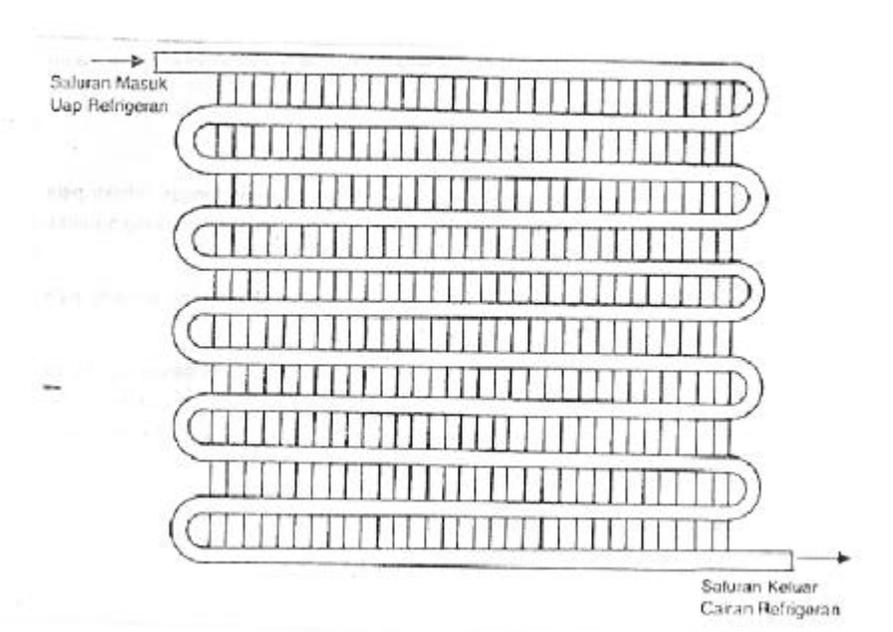
Kondensor gambar 5 juga merupakan salah satu komponen utama dari sebuah mesin pendingin. Pada kondensor terjadi perubahan wujud refrigeran dari uap super-heated (panas lanjut) bertekanan tinggi ke cairan sub-cooled (dingin lanjut) bertekanan tinggi. Agar terjadi perubahan wujud refrigeran (dalam hal ini adalah pengembunan/ condensing), maka kalor harus dibuang dari uap refrigeran.

Kalor/panas yang akan dibuang dari refrigeran tersebut berasal dari :

1. Panas yang diserap dari evaporator, yaitu dari ruang yang didinginkan
2. Panas yang ditimbulkan oleh kompresor selama bekerja

Jelas kiranya , bahwa fungsi kondensor adalah untuk merubah refrigeran gas menjadi cair dengan jalan membuang kalor yang dikandung refrigeran tersebut ke udara sekitarnya atau air sebagai medium pendingin/condensing.

Gas dalam kompresor yang bertekanan rendah dimampatkan/dikompresikan menjadi uap bertekanan tinggi sedemikian rupa, sehingga temperatur jenuh pengembunan (condensing saturation temperature) lebih tinggi dari temperatur medium pengembunan (condensing medium temperature). Akibatnya kalor dari uap bertekanan tinggi akan mengalir ke medium pengembunan, sehingga uap refrigeran akan terkondensasi.



Gambar 5. Kondensor

1.3.3. Katup Ekspansi

Setelah refrigeran terkondensasi di kondensor, refrigeran cair tersebut masuk ke katup ekspansi yang mengontrol jumlah refrigeran yang masuk ke evaporator. Ada banyak jenis katup ekspansi, tiga diantaranya adalah pipa kapiler, katup ekspansi otomatis, dan katup ekspansi termostatik.

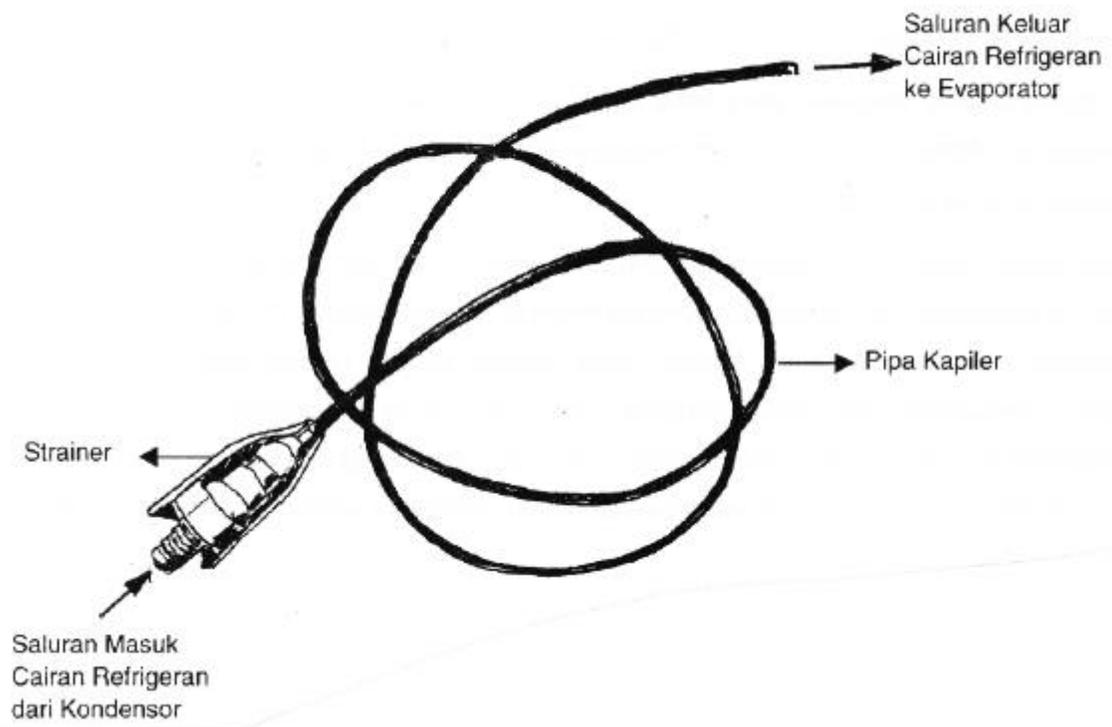
a. Pipa Kapiler (capillary tube)

Katup ekspansi yang umum digunakan untuk sistem refrigerasi rumah tangga adalah pipa kapiler. Pipa kapiler adalah pipa tembaga dengan diameter lubang kecil dan panjang tertentu. Gambar 6.

Besarnya tekanan pipa kapiler bergantung pada ukuran diameter lubang dan panjang pipa kapiler. Pipa kapiler diantara kondensor dan evaporator

Refrigeran yang melalui pipa kapiler akan mulai menguap. Selanjutnya berlangsung proses penguapan yang sesungguhnya di evaporator. Jika refrigeran mengandung uap air, maka uap air akan membeku dan menyumbat pipa kapiler. Agar kotoran tidak menyumbat pipa kapiler, maka pada saluran masuk pipa kapiler dipasang saringan yang disebut strainer.

Ukuran diameter dan panjang pipa kapiler dibuat sedemikian rupa, sehingga refrigeran cair harus menguap pada akhir evaporator. Jumlah refrigeran yang berada dalam sistem juga menentukan sejauh mana refrigeran di dalam evaporator berhenti menguap, sehingga pengisian refrigeran harus cukup agar dapat menguap sampai ujung evaporator. Bila pengisian kurang, maka akan terjadi pembekuan pada sebagian evaporator. Bila pengisian berlebih, maka ada kemungkinan refrigeran cair akan masuk ke kompresor yang akan mengakibatkan rusaknya kompresor. Jadi sistem pipa kapiler mensyaratkan suatu pengisian jumlah refrigeran yang tepat.



Gambar 6. Pipa Kapiler

b. Katup Ekspansi Otomatis

Sistem pipa kapiler sesuai digunakan pada sistem-sistem dengan beban tetap (konstan) seperti pada lemari es atau freezer, tetapi dalam beberapa keadaan, untuk beban yang berubah-ubah dengan cepat harus digunakan katup ekspansi jenis lainnya.

Beberapa katup ekspansi yang peka terhadap perubahan beban, antara lain adalah katup ekspansi otomatis (KEO) yang menjaga agar tekanan hisap atau tekanan evaporator besarnya tetap konstan. Gambar 7.

Bila beban evaporator bertambah maka temperatur evaporator menjadi naik karena banyak cairan refrigeran yang menguap sehingga tekanan di dalam saluran hisap (di evaporator) akan menjadi naik pula.

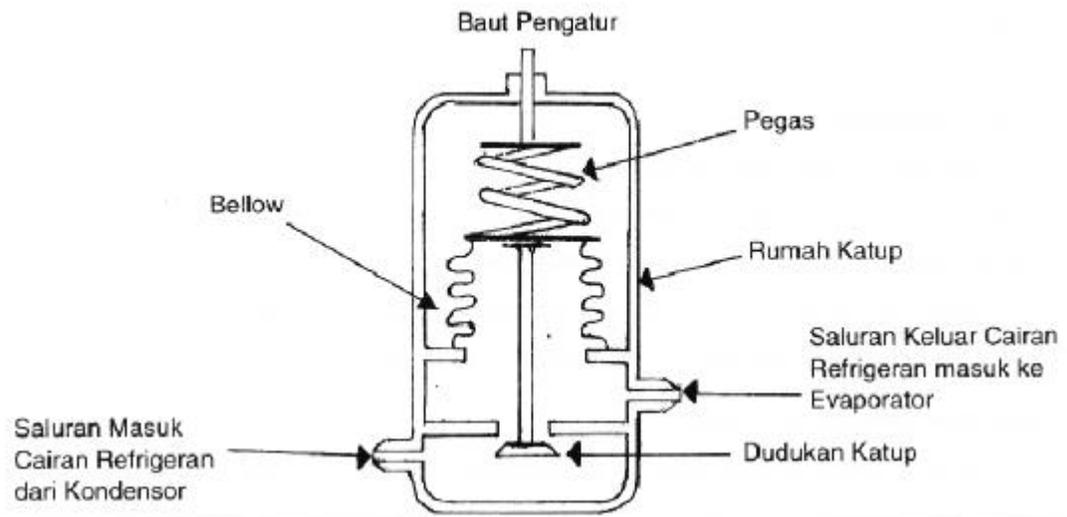
Akibatnya “bellow” akan bertekan ke atas hingga lubang aliran refrigeran akan menyempit dan aliran refrigeran yang masuk ke evaporator menjadi berkurang. Keadaan ini menyebabkan tekanan evaporator akan berkurang dan “bellow” akan tertekan ke bawah sehingga katup membuka lebar dan cairan refrigeran akan masuk ke evaporator lebih banyak. Demikian seterusnya.

c. Katup Ekspansi Termostatik (KET)

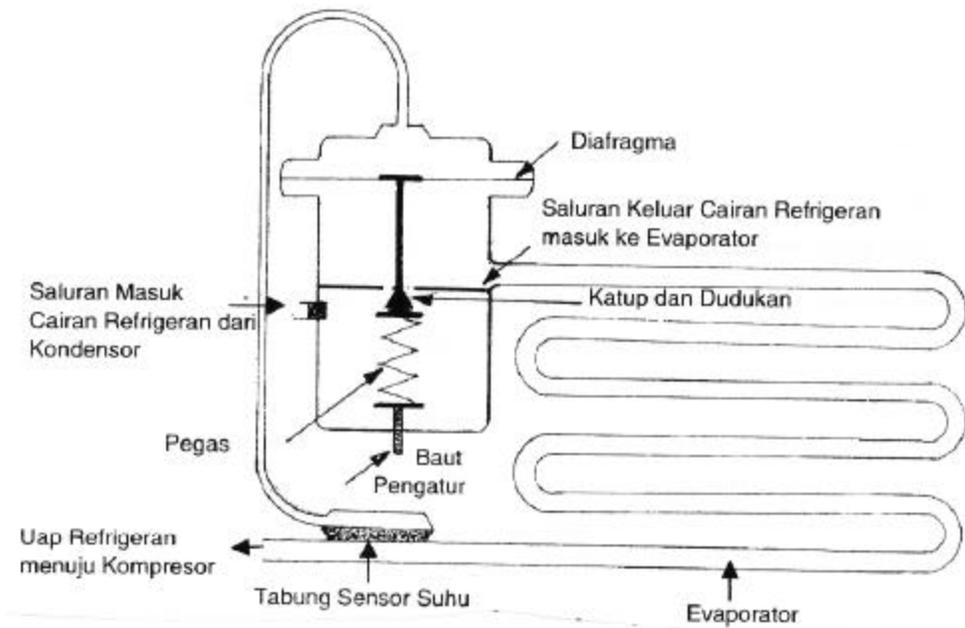
Jika KEO bekerja untuk mempertahankan tekanan konstan di evaporator, maka katup ekspansi termostatik (KET) adalah satu katup ekspansi yang mempertahankan besarnya panas lanjut pada uap refrigeran di akhir evaporator tetap konstan, apapun kondisi beban di evaporator. Lihat gambar 8.

Cara kerja KET adalah sebagai berikut :

Jika beban bertambah, maka cairan refrigeran di evaporator akan lebih banyak menguap, sehingga besarnya suhu panas lanjut di evaporator akan meningkat. Pada akhir evaporator diletakkan tabung sensor suhu (sensing bulb) dari KET tersebut. Peningkatan suhu dari evaporator akan menyebabkan uap atau cairan yang terdapat di tabung sensor suhu tersebut akan menguap (terjadi pemuaiian) sehingga tekanannya meningkat. Peningkatan tekanan tersebut akan menekan diafragma ke bawah dan membuka katup lebih lebar. Hal ini menyebabkan cairan refrigeran yang berasal dari kondensor akan lebih banyak masuk ke evaporator. Akibatnya suhu panas lanjut di evaporator kembali pada keadaan normal, dengan kata lain suhu panas lanjut di evaporator di jaga tetap konstan pada segala keadaan beban.



Gambar 7. K. E. O



Gambar 8. K.E.T

1.3.4. Evaporator

Pada evaporator, refrigeran menyerap kalor dari ruangan yang didinginkan. Penyerapan kalor ini menyebabkan refrigeran mendidih dan berubah wujud dari cair menjadi uap (kalor/panas laten).

Panas yang dipindahkan berupa :

1. Panas sensibel (perubahan tempertaur)

Temperatur refrigeran yang memasuki evaporator dari katup ekspansi harus demikian sampai temperatur jenuh penguapan (evaporator saturation temperature). Setelah terjadi penguapan, temperatur uap yang meninggalkan evaporator harus pupa dinaikkan untuk mendapatkan kondisi uap panas lanjut (super-heated vapor)

2. Panas laten (perubahan wujud)

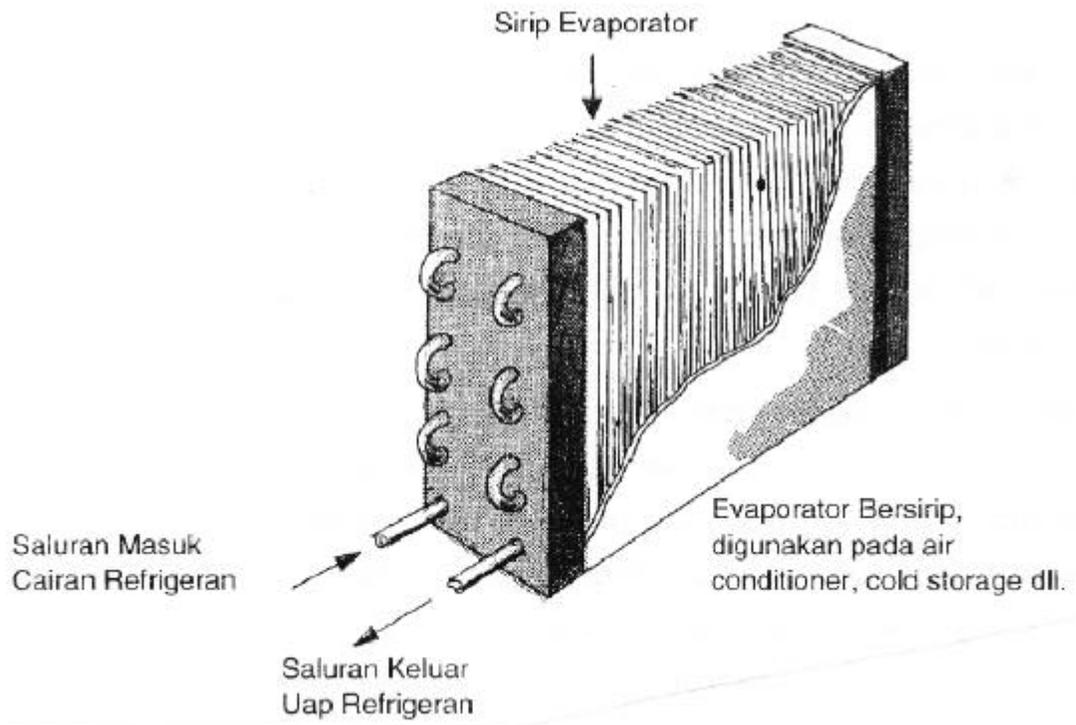
Perpindahan panas terjadi penguapan refrigeran. Untuk terjadinya perubahan wujud, diperlukan panas laten. Dalam hal ini perubahan wujud tersebut adalah dari cair menjadi uap atau menguap (evaporasi). Refrigeran akan menyerap panas dari ruang sekelilingnya.

Adanya proses perpindahan panas pada evaporator dapat menyebabkan perubahan wujud dari cair menjadi uap.

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 jenuh evaporator (evaporator saturation temperature) dengan temperatur substansi/benda yang didinginkan.

Kemampuan memindahkan panas dan konstruksi evaporator (ketebalan, panjang dan sirip) akan sangat mempengaruhi kapasitas evaporator lihat gambar 9.



Gambar 9. Evaporator

c. Rangkuman 1

Lemari es, Freezer, cold storage, dan AC merupakan peralatan sistem refrigerasi yang berfungsi untuk pengawetan makanan dan pendinginan suhu. Refrigeran sebagai bahan pendingin yang digunakan dalam sistem refrigerasi haruslah memenuhi aspek teknis dan ramah lingkungan.

Siklus refrigerasi pada sistem adalah terjadinya perubahan menjadi refrigeran gas menjadi cair pada kondensor dan sebaliknya perubahan wujud refrigeran cair menjadi gas pada evaporator.

Komponen utama pada sistem refrigerasi terdiri dari kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.

Katup ekspansi terdiri dari katup ekspansi otomatis dan katup ekspansi thermostatis.

c. Tugas 1

1. Amati sistem refrigerasi yang terdapat pada lemari es dan air conditioner (AC)
2. Identifikasi komponen-komponen yang ada pada lemari es dan AC
3. Operasikan sistem selama lebih kurang 15 menit, kemudian ukur temperatur pada evaporator
4. Bandingkan antara sistem yang memakai katup ekspansi thermostatis dengan pipa kapiler selama sistem dioperasikan
5. Lakukan tes sederhana pada kompresor untuk mengetahui kompresinya.

d. Tes Formatif 1

1. Apakah fungsi kompresor pada sistem refrigerasi ?
2. Mengapa cairan refrigeran menjadi mendidih setelah melalui katup ekspansi?
3. Mengapa temperatur gas menjadi naik setelah ditekan oleh kompresor ?
4. Bentuk wujud apakah refrigeran antara katup ekspansi dengan kompresor?
5. Apa sebabnya refrigeran cair tidak diharapkan terdapat pada saluran isap?
6. Mengapa refrigeran dapat menguap di evaporator setelah melalui katup ekspansi.
7. Mengapa refrigeran dapat mencair di kondensor ?
8. Filter adalah suatu alat dalam sistem refrigerasi untuk menyaring kotoran. Dimanakah letak yang paling baik penempatan filter tersebut ?

f. Jawaban Formatif 1

1. Untuk mensikulasikan refrigeran dengan cara menghisap uap refrigeran yang berasal dari evaporator dan dikompresikan menjadi uap refrigeran bertekanan tinggi untuk dialirkan menuju kondensor
2. Karena refrigeran cair tersebut menyerap kalor/panas untuk kemudian mendidih dan menguap menjadi uap/gas dengan tekanan yang rendah.
3. Karena adanya pemampatan tekanan dari kompresor sehingga tekanan dan temperaturnya naik
4. Wujud refrigeran dalam bentuk gas dengan tekanan dan suhu rendah
5. Karena kompresor sistem adalah kompresor gas. Apabila terdapat cairan pada saluran isap dikhawatirkan mengalir masuk ke kompresor yang akan merusak katup kompresor
6. Karena menyerap kalor dari sekelilingnya dengan tekanan yang rendah
7. Karena kalor yang ada dibuang, sehingga terjadi kondensasi dari refrigeran gas menjadi cair
8. Penempatan filter yang baik adalah diantara katup ekspansi dengan kondensor yang berfungsi untuk menjaring kotoran.

f. Lembar Kerja 1. Mengukur Tekanan Sistem

? Tujuan

Setelah melaksanakan tugas praktek ini peserta diharapkan mampu melakukan pemeriksaan tekanan kondensing dan menentukan besarnya tekanan sistem yang optimal

? Alat dan Bahan

1. Unit sistem refrigerasi idial charge
2. Gauge manifold
3. Ratchet spanner
4. Timbangan
5. Thermometer
6. Tabung redrigeran

? Keselamatan Kerja

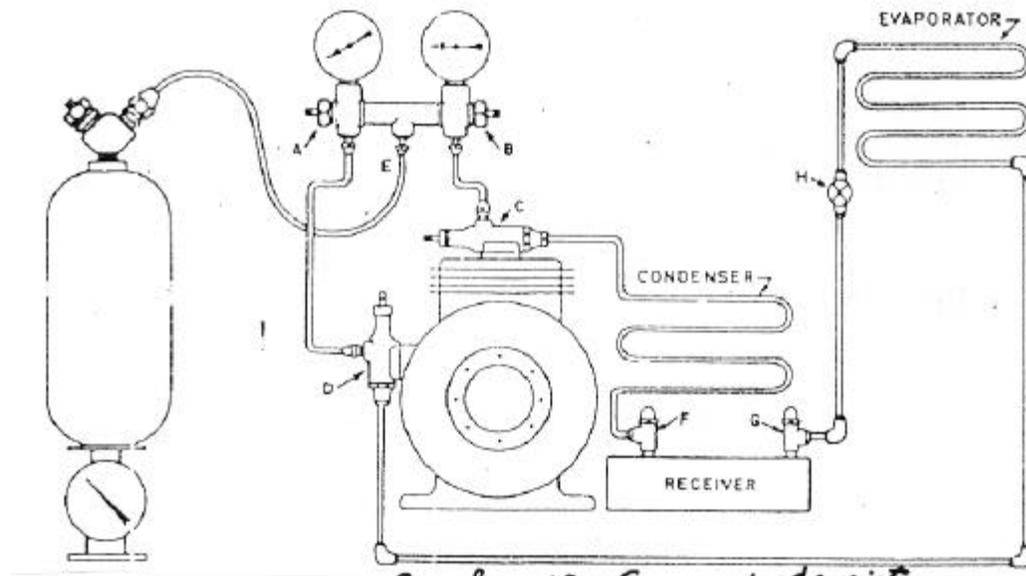
1. Gunakan alat sesuai fungsinya
2. Pakailah kacamata pengaman
3. Laporkan dan periksakan pada guru/instruktur sebelum dihubungkan dengan sumber tegangan listrik

? Langkah Kerja

1. Amati unit sistem refrigerasi yang akan diukur tekanannya
2. Pasang slang dan gauge manifold pada sistem seperti gambar 10
3. Operasikan unit sistem refrigerasi selama lebih kurang 30 menit
4. Buka servis valve yang ada pada unit
5. Baca besaran tekanan dan suhu pada gauge manifold

? Tekanan discharge

- ? Tekanan suction
 - ? Suhu kondensing
 - ? Suhu evaporasi
6. Tutup servis valve yang ada pada unit
 7. Matikan unit sistem refrigerasi dan lepaskan dari sumber tegangan listrik
 8. Dari data hasil praktek tentukan kondisi unit sistem refrigerasi yang telah diamati.



2. KEGIATAN BELAJAR 2

DASAR-DASAR REFRIGERASI

a. TUJUAN

Setelah mempelajari kegiatan belajar ini dengan diberikan satu unit sistem refrigerasi lengkap dengan satu set peralatan diharapkan mampu memelihara dan memperbaiki motor kompresor hermetik sistem sesuai prosedur yang benar.

b. URAIAN MATERI 2

2.1. Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja persatuan luas. Bilama gaya terbagi rata di atas suatu permukaan, maka tekanan pada semua titik di atas permukaan tersebut adalah sama dan dapat dihitung dengan membagi gaya total yang bekerja pada permukaan tersebut dengan luas permukaan pedoman gaya tersebut bekerja, secara matematis dapat ditulis :

$$P = \frac{F}{A}$$

Dimana :

P = Tekanan dalam M/m^2 atau pascal (Pa)

F = Gaya dalam Newton

A = Luas dalam m^2

Contoh :

Sebuah tangki yang mempunyai luas penampang alas 6m² diisi dengan air seberat 176.526 N. Hitunglah tekanan pada alat tangki tersebut.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{176.526}{6} = \frac{N}{m^2} \\ &= 29.421 \text{ N/m}^2 \text{ atau Pascal} \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas, dapat diketahui bahwa tekanan satu Pascal (Pa) adalah apabila gaya satu Newton bekerja rata di atas permukaan seluas satu meter bujur sangkar (1 m²) namun dalam prakteknya lebih banyak dinyatakan dalam N/m² dari pada Pascal.

Satuan lain yang juga sering digunakan untuk tekanan adalah bersama dengan 101.3 kPa. Disamping itu tekanan juga dapat diukur dalam satuan tinggi cairan, biasanya adalah air raksa (Hg) dan air (H₂O)

Apabila yang digunakan adalah air raksa, maka satuan tekanannya adalah mm Hg dan apabila yang digunakan air satuannya adalah ,, H₂O. Selain satuan-satuan di atas juga sering digunakan satuan dalam British Unit yaitu psi (pound per square inchi).

HUKUM PASCAL

Sebagai penghormatan pada Tuan Pascal maka dalam SI metric sistem, nama beliau diabadikan sebagai satuan untuk tekanan, satu pascal adalah satu newton per meter bujur sangkar (N/m²). Dimana Newton adalah satuan

untuk gaya. Satu newton sama dengan satu kilogram masa yang mendapat percepatan satu meter per detik kwadrat (kg m/df^2).

Sedangkan hukum Pascal itu sendiri menyatakan bahwa tekanan yang diberikan di atas permukaan zat cair akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama.

TEKANAN ATMOSIFR

Seperti ketahui bahwa bumi dikelilingi oleh atmosfer atau udara yang tersebar secara luas di atas permukaan bumi sampai pada jarak 50 ml atau lebih.

Karena udara mempunyai masa dan juga mendapat pengaruh grafitasi bumi, maka dia akan memberikan tekanan pada bumi yang dikenal dengan tekanan atmosfer (Atmaspheric pressure).

Tekanan normal atmosfer pada permukaan air laut adalah 107.325 kPa atau 14,7 psi. namun untuk keperluan-keperluan praktek biasanya dibulatkan menjadi 100 kPa atau 15 psi. tekanan atmosfer pada permukaan air laut ini kadang-kadang dinyatakan sebagai tekanan satu atmosfer (a atm) atau disebut juga satu bar (1 bar). Tekanan atmosfer sebetulnya tidak lah konstan tetapi akan bervariasi sesuai dengan pengaruh temperatur. Humidity dan kondisi serta juga dipengaruhi oleh tinggal permukaan air laut. Tekanan atmosfer akan turun kalau permukaan air laut naik.

BAROMETER

Barometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan atmosfer dan ada beberapa tipe. Barometer yang sederhana mengukur tekanan dengan menggunakan tinggi air raksa sebagai ukuran.

Alat ini dibuat dengan mengisikan air raksa pada sebuah pipa kaca dengan panjang kira-kira 7m yang salah satu ujungnya tertutup. Ujungnya yang terbuka ditutup dengan ibu jari kemudian dimasukkan terbalik ke dalam sebuah bejana yang juga berisi air raksa. Apabila ibu jari dilepaskan maka tinggi air raksa dalam pipa akan turun meninggalkan ruang vacuum pada bagian akhir pipa yang tertutup.

Tekanan atmosfer pada air raksa dalam bejana yang terbuka akan menyebabkan air raksa dalam pipa kaca tertahan pada suatu ketinggian.

Tinggi air raksa dalam pipa kaca menunjukkan besarnya tekanan atmosfer yang bekerja pada air raksa dalam bejana terbuka dan dibaca dalam satuan mm Hg. Tekanan normal atmosfer pada permukaan laut sebesar 101,325 kPa akan dapat menahan air raksa setinggi 760 mm.

Dari itu didapatkan bahwa 760 mm Hg sama dengan 101,325 Pa, sehingga didapatkan hubungan seperti berikut :

$$1 \text{ mm Hg} = 133,32 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ cm Hg} = 1333,2 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Pa} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm Hg}$$

Contoh : Berapakah tekanan atmosfer dalam kPa yang dapat menahan air raksa setinggi 764 mm Hg.

$$\begin{aligned} \text{Pemecahan : } 764 \text{ mm Hg} &= 764 \cdot 133,32 \text{ Pa} \\ &= 101.856 \text{ P} \\ &= 101.856 \text{ kPa} \end{aligned}$$

PENGUKUR TEKANAN (PRESSURE GAGES)

Pengukur tekanan adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (cairan dan gas) yang terdapat dalam bejana atau ruang tertutup. Pengukur tekanan yang umum digunakan dalam teknik pendingin ada dua tipe yaitu manometer dan bourdon tube.

Manometer.

Manometer adalah tipe alat yang menggunakan tinggi cairan untuk mengukur tekanan sama halnya dengan barometer. Tinggi cairan menunjukkan besarnya tekanan cairan yang digunakan dalam manometer biasanya air dan air raksa.

Bila air yang digunakan maka manometernya disebut manometer air. Dan apabila yang digunakan air raksa maka manometernya disebut manometer air raksa, contoh manometer air raksa yang sederhana adalah seperti ditunjukkan gambar 1-1.



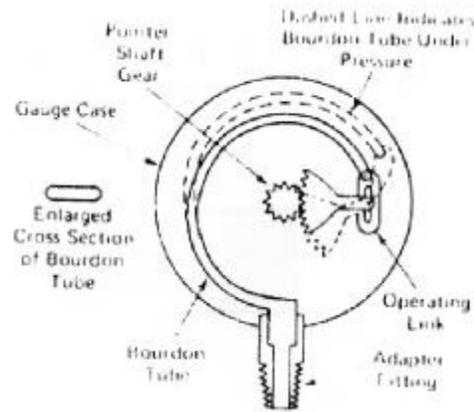
Gambar 1-1. Manometer

Gambar b menunjukkan bahwa tekanan dalam tabung 40 mm Hg lebih besar dari tekanan atmosfer. Sedangkan pada gambar C berarti tekanan dalam tabung 40mm Hg lebih rendah dari tekanan atmosfer.

Bourdon Tube

Untuk mengukur tekanan yang lebih dari 1 atmosfer maka manometer akan membutuhkan pipa yang sangat panjang, sehingga akan kurang praktis, oleh sebab itu manometer jarang digunakan untuk mengukur tekanan yang tinggi seperti pada sistem teknik pendingin.

Sebagai penggantinya digunakan alat ukur Bourdon Tube. Gerakan mekanik daripada alat ukur Bourdon Tube ini adalah seperti diilustrasikan pada gambar 1-3.



Bourdon tube ini terbuat daripada pipa baja yang terbentuk kurva elliptis. Pipa ini akan meluruskan apabila tekanan fluida didalam pipa naik dan akan melengkung kembali apabila tekanan dalam pipa turun. perubahan lengkungan dari pada pipa ini ditransmisikan pada sebuah pointer dengan sistem roda gigi.

Gambar 1.2. Prinsip Bourdon Tube

Besar dan arah gerakan pointer tergantung pada besar dan arah lengkungan pipa.

Alat ukur Bourdon Tube dapat digunakan untuk mengukur tekanan baik di atas maupun di bawah tekanan atmosfer. Bourdon Tube yang dirancang

untuk mengukur tekanan di atas tekanan atmosfer disebut *Pressure Gages*. Sedangkan yang dirancang untuk mengukur tekanan di bawah tekanan atmosfer disebut *Vacum gages*. Dalam banyak hal kadang-kadang dirancang pula satu alat ukur yang dapat mengukur tekanan baik di atas maupun di bawah tekanan atmosfer dan disebut dengan *Compound gages*.

Tekanan absolut dan tekanan terukur.

Pembacaan semua alat tekanan bukanlah merupakan tekanan fluida yang sebenarnya, tetapi menunjukkan perbedaan tekanan antar tekanan fluida dengan tekanan atmosfer. Tekanan yang terbaca pada alat ukur biasanya disebut tekanan terukur atau tekanan manometer. Sedangkan tekanan yang sebenarnya disebut tekanan absolut atau tekanan mutlak. Apabila tekanan fluida lebih besar dari tekanan atmosfer, maka tekanan absolut fluida adalah penjumlahan tekanan terukur dengan tekanan atmosfer. Dan apabila tekanan fluida lebih kecil dari tekanan atmosfer maka tekanan fluida adalah pengurangan tekanan atmosfer dengan tekanan terukur secara matematis, dapat dituliskan :

$$P \text{ absolut} = P \text{ terukur} + P \text{ atmosfer}$$

Tekanan atmosfer sebagai patokan biasanya diambil tekanan atmosfer pada permukaan air laut yang sebesar 100 kPa atau 15 psi.

Hubungan antara tekanan absolut dan tekanan terukur adalah seperti ditunjukkan sebagai berikut :

Tekanan terukur		Tekanan absolut		Tekanan terukur		Tekanan absolut
1010 kPa		200 kPa		10		25 psi
0 kPa	Tekanan atmosfer	100 kPa	opsi		Tekanan atmosfer	15 psi
-100 kPa	No. absolut SI unit	0 kPa		-15 psi	Nol absolut British unit	0 psi

Contoh :

1. Tekanan terukur sebuah kondensor 850 kPa, hitunglah tekanan absolut.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 P \text{ absolut} &= P \text{ terukur} + P \text{ atmosfer} \\
 &= 950 \text{ kPa} + 100 \text{ kPa} \\
 &= 950 \text{ kPa absolut}
 \end{aligned}$$

2.2. TEMPERATUR

Suhu atau temperatur adalah derajat panas atau dinginnya suatu benda. Dimana temperatur itu sendiri tidak memberikan informasi tentang banyaknya panas yang dikandung oleh suatu benda sebagai contoh nyala api dari suatu kompor gas bisa saja mempunyai temperatur yang sama dengan temperatur besi yang dibakar tetapi belum tentu panas dari nyala api kompor gas tersebut sama panas dengan yang dihasilkan besi.

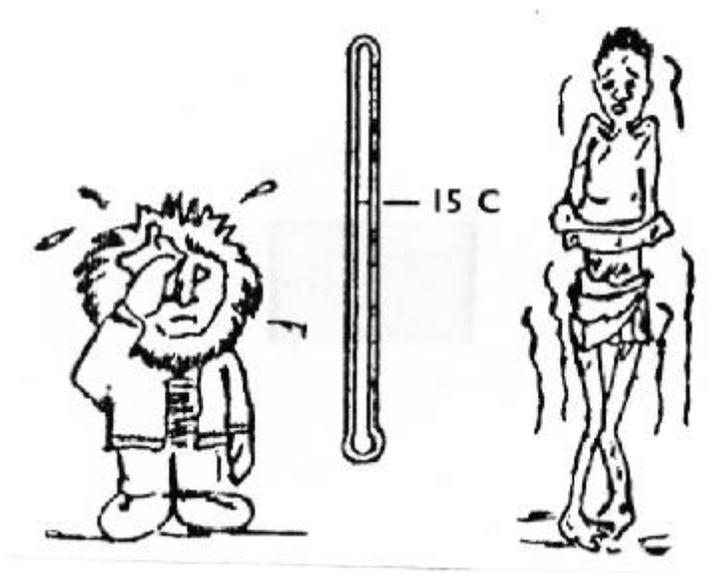
Dan temperatur mempunyai ukuran yang relatif, temperatur yang panas buat seseorang bisa jadi dingin untuk orang lain.

Alat yang digunakan untuk mengukur temperatur disebut termometer. Termometer yang sangat umum digunakan adalah termometer air raksa,

yaitu sebuah tabung kaca dengan lubang yang sangat sempit dan uniform serta tertutup dikedua ujungnya. Salah satu ujungnya dibuat agak sedikit besar untuk menampung air raksa.

Pada waktu terjadi penanaman maka air raksa dalam tabung kaca tersebut akan memuai dan apabila tabung kaca tersebut dilengkapi dengan skala tertentu yang telah dikalibrasikan, maka permukaan air raksa tersebut akan menunjukkan temperatur daripada panas yang menyebabkannya.

Titik standar yang dipakai adalah titik cair es dan titik didih air pada tekanan atmosfer.



Gambar 1.3. Suhu Relatif

SKALA TERMOMETER, CELCIUS DAN FAHRENHEIT

Skala yang sangat umum digunakan untuk mengukur temperatur adalah celcius dan fahrenheit.

Seperti disinggung di atas bahwa titik standar yang dipakai untuk mengkalibrasikan skala termometer adalah titik cair es dan titik didih air.

Pada termometer celcius, temperatur/suhu titik cair es adalah 0°C dan titik didih air pada tekanan atmosfer adalah 100°C . Jadi ada 100 derajat skala antara titik cair es (titik beku air) dengan titik didih air. Sedangkan pada termometer fahrenheit, temperatur/suhu titik cair es atau titik beku air adalah 32°F dan temperatur titik didih air adalah 212°F . jadi pada termometer fahrenheit ini terdapat 180 derajat skala antara titik cair es dengan titik didih air.

Dari penjelasan di atas dapat dibuat perbandingan antara kedua skala termometer ini seperti rumus berikut :

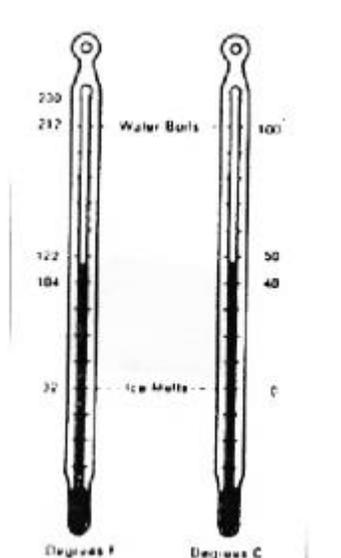
$$t_f = \frac{9}{5} t_c + 32$$

$$t_c = \frac{5}{9} (t_f - 32)$$

Dimana :

t_f = skala fahrenheit

t_c = skala celcius



Gambar 1.4. Perbandingan suhu

Contoh :

1. Berapa derajat celcius 60°F

$$\begin{aligned}t_c &= 5/9 (t_f - 32) \\ &= 5/9 (60 - 32) \\ &= 15,55^\circ\text{C}\end{aligned}$$

2. Berapa derajat fahrenheitkah -20°C

$$\begin{aligned}t_f &= 9/5 (t_c - 32) \\ &= 9/5 (-20) + 32 \\ &= -4^\circ\text{C}\end{aligned}$$

TEMPERATUR ABSOLUT

Nol absolut (*absolut zero*) adalah temperatur pada mana berhentinya gerakan molekuler dalam suatu substansi. Dan ini adalah merupakan temperatur terendah yang mungkin dapat dicapai. Dimana pada titik ini tidak ada lagi panas yang terkandung dalam substansi tersebut. Skala temperatur absolut yang digunakan ada dua yaitu skala Kelvin (*absolut celcius*) dan skala Rankine (*absolut fahrenheit*) skala kelvin menggunakan divisi yang sama dengan skala celcius.

Nol skala kelvin sama dengan 273 derajat di bawah 0oC (-273°C). Secara matematis hubungan skala kelvin dan celcius dapat dituliskan seperti berikut :

$$K = ^\circ\text{C} + 273$$

$$^\circ\text{C} = K - 273$$

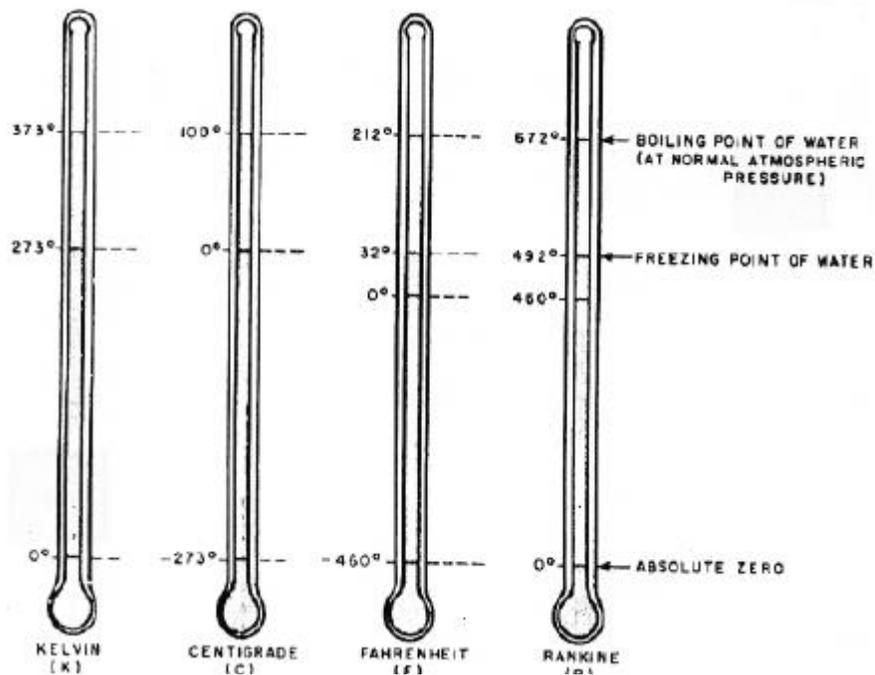
Sedangkan skala rankine menggunakan divisi yang sama dengan skala fahrenheit. Dimana nol derajat rankine (OR) sama dengan 460 derajat di

bawah nol derajat fahrenheit (-460° F) secara matematis hubungan skala fahrenheit dan rakine dapat ditulis :

$$R = {}^{\circ}\text{F} + 460$$

$${}^{\circ}\text{F} = R - 460$$

Perbandingan ke empat skala di atas adalah seperti ditunjukkan gambar 1.5. berikut :



Gambar 1.5. Macam-macam thermometer

Contoh :

Pada temperatur berapakah air membeku dan mendidih dalam skala kelvin?

Titik beku air = 0°C

$$K = {}^{\circ}\text{C} + 273$$

$$= 0 + 273$$

$$= 273 \text{ K}$$

Titik didih air = 100°C

$$\begin{aligned} K &= ^\circ C + 273 \\ &= 100 + 273 \\ &= 372 K \end{aligned}$$

2.3. PANAS

Panas adalah salah satu bentuk energi. Hal ini jelas dari kenyataan bahwa panas dapat dirubah ke bentuk energi lain dan bentuk energi lain dapat dirubah menjadi panas. Secara termodinamik panas didefinisikan sebagai energi yang melintan dari suatu badan ke badan lain sebagai hasil dari perbedaan temperatur antara kedua badan tersebut. Jumlah panas yang dikandung oleh suatu zat dapat diukur, dalam SI sistem satuan untuk semua bentuk energi termasuk panas dan usaha (kerja) adalah joule. Sedangkan dalam British sistem satuan panas adalah Btu (British thermal Unit). Dimana 1 Btu adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan/menurunkan suhu 1 pound air sebesar 1°F

$$1 \text{ Btu} = 0,252 \text{ kkal} = 1055 \text{ joule}$$

Panas selalu mengalir dari substansi yang hangat ke substansi yang dingin dan perpindahan panas ini dapat menyebabkan perubahan wujud, apakah dari padat menjadi cair atau gas atau sebaliknya gas menjadi cair dan cair menjadi padat. Jika suatu zat melepaskan panas maka suhunya akan turun dan apabila menerima panas suhunya akan naik.

Panas jenis (specific heat)

Pada SI sistem panas jenis suatu zat adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan temperatur/suhu 1 kg zat tersebut sebesar 1°C. Sedangkan dalam British sistem panas jenis suatu zat adalah jumlah

panas yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan suatu temperatur 1 pound zat tersebut sebesar 1°F.

Semua zat mempunyai panas jenis (specific heat) yang berbeda. Tabel berikut menunjukkan panas jenis beberapa zat yang berbeda.

SUBSTANCE	SPECIFIC HEAT (J/kg°C)
Water	4200
Ice	2100
Copper	400
Steel	480
Riz	2500

Panas sensibel (sensible heat)

Panas sensibel adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan atau menurunkan suhu suatu zat atau benda. Apabila suatu zat menerima tambahan panas maka suhu zat tersebut akan naik, karena dengan penambahan panas tersebut molekul-molekul zat itu akan bergerak lebih cepat. Dan apabila melepaskan panas, maka suhu tersebut akan turun karena gerak molekul-molekulnya menjadi lambat. Perubahan ini dapat diamati dan diukur dari perubahan suhu pada termometer.

Dari definisi panas jenis, kiranya jelas bahwa jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikkan atau menurunkan suhu suatu zat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q = m.C. (T_2 - T_1)$$

Dimana :

Q = Jumlah panas (sensible heat) dalam joule

m = Massa zat dalam kg

C = Panas jenis dalam $\text{j/kg}^\circ\text{C}$
 $(T_2 - T_1)$ = Perubahan suhu dalam $^\circ\text{C}$

Contoh :

Hitunglah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur suhu 5 kg air dari 20°C ke 100°C

Penyelesaian :

$$M = 5 \text{ kg}$$

$$C = 4200 \text{ j/kg}^\circ\text{C}$$

$$(T_2 - T_1) = 100 - 20 = 80$$

$$Q = m.C (T_2 - T_1)$$

$$= 5.4200.80$$

$$= 1.680.000 \text{ j}$$

$$= 1680 \text{ kj}$$

Panas laten (laten heat)

Panas laten adalah jumlah panas yang diperlukan untuk merubah wujud zat apakah dari padat menjadi cair, dari cair menjadi gas atau sebaliknya, tanpa menyebabkan perubahan temperatur.

Setiap zat mempunyai dua jenis panas laten yaitu panas laten yang diperlukan untuk merubah wujud dari padat menjadi cair atau dari cair menjadi padat (peleburan dan pembekuan). Dan panas laten yang diperlukan untuk merubah wujud dari cair menjadi gas atau sebaliknya dari gas menjadi cair (penguapan dan pengembunan).

Karena laten itu sendiri berarti tidak tampak atau tersembunyi maka panas laten itu sendiri tidak dapat diketahui atau didapatkan dengan termometer.

Jumlah panas laten yang diperlukan untuk merubah wujud suatu zat dapat dihitung dengan persamaan.

$$Q_L = m \cdot L$$

Dimana :

Q_L = Jumlah panas laten dalam joule

m = Massa zat dalam kg

L = Panas laten dalam kJ/kg

2.4. PERUBAHAN WUJUD

Seperti diketahui bahwa zat mempunyai tiga tingkat wujud : pada (solid) cair (liquid) dan gas (gas) tingkat wujud zat ini tergantung pada temperatur, tekanan dan energi panas yang dikandungnya. Seperti air misalnya pada tekanan atmosfer akan berbentuk padat (es) kalau temperaturnya di bawah 0°C dan akan berbentuk cair pada temperatur 0°C sampai 100°C dan diatas 100°C akan berbentuk gas (vapor). Jika terjadi perubahan panas yang dikandung oleh suatu zat pada temperatur yang tetap apakah panasnya ditambah atau diambil maka akan terjadi perubahan wujud zat tersebut bisa dari padat menjadi cair atau sebaliknya dari cair menjadi padat.

Perubahan wujud dari cair menjadi gas disebut menguap (evaporation), sebaliknya dari gas menjadi cair disebut mengembun (condensation). Perubahan wujud dari padat menjadi cair disebut mencair atau melebur (fusion) dan sebaliknya dari cair menjadi padat disebut membeku (solidification). Sedangkan perubahan wujud yang langsung dari padat menjadi gas disebut sublimasi (sublimation).

Seperti telah disinggung dalam pembahasan terdahulu bahwa jumlah panas yang ditambahkan hasil perubahan wujud disebut panas laten (laten heat). Panas laten yang diperlukan untuk merubah wujud zat dari padat menjadi cair atau sebaliknya disebut panas laten peleburan (laten heat of fusion). Sedangkan panas laten yang diperlukan untuk merubah wujud zat dari cair

menjadi gas atau sebaliknya dari gas menjadi cair disebut panas laten penguapan (latent heat of evaporation).

Temperatur Penjenuhan (saturation temperature)

Temperatur pada mana fluida berubah wujud dan fase cair ke fasa gas atau sebaliknya dari fasa gas ke fase cair disebut temperatur penjenuhan (saturation temperature) dan tekanan pada kondisi ini tekanan penjenuhan (saturation temperature) zat cair (liquid) yang berada pada temperatur penjenuhan disebut cairan jenuh (saturation liquid) dan uap yang berada pada temperatur penjenuhan disebut uap jenuh (saturation vapour).

Adalah sangat penting untuk diketahui bahwa pada tekanan tertentu temperatur penjenuhan zat cair (temperatur pada mana zat cair akan menguap) adalah sama dengan temperatur penjenuhan uap (temperatur pada mana uap akan mengembun) pada tekanan tertentu, temperatur penjenuhan adalah temperatur maximum yang dapat dimiliki oleh zat cair dan temperatur minimum yang dapat dimiliki oleh gas (uap).

Menguap (evaporation)

Seperti dikatakan di atas bahwa menguap adalah perubahan zat dari wujud cair menjadi gas. Pada saat menguap diperlukan panas laten penguapan (latent heat of evaporatotion) untuk merubah wujud zat tersebut dari cair menjadi uap pada temperatur yang tatap sama.

Zat cair menguap pada temperatur tertentu yang berbeda-beda pada tekanan dan temperatur tertentu penguapan dapat terjadi pada seluruh permukaan zat cair, dimana penguapan semacam ini disebut mendidih. Temperatur sewaktu zat mendidih pada tekanan satu atmosfer disebut titik didih. Proses pendidihan ini terjadi manakala tekanan uap jenuh pada titik didih sama dengan tekanan di atas permukaan zat cair. Apabila tekanan di atas

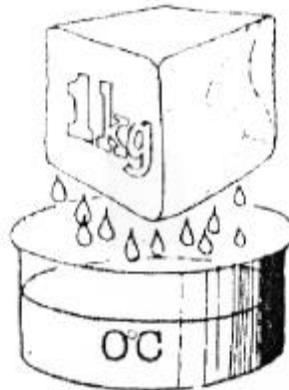
permukaan zat cair diturunkan maka zat cair tersebut dapat mendidih pada temperatur yang lebih rendah.

Karena itu dalam teknik pendingin selalu diusahakan tekanan dalam evaporator dapat lebih rendah agar supaya bahan pendingin (refrigerant) dapat mendidih pada temperatur yang lebih rendah pula.

Bahan pendingin dalam evaporator akan berubah wujud dari cair menjadi gas dengan jalan mengambil panas dari sekelilingnya, sehingga temperatur disekitar evaporator ini akan menjadi lebih dingin.

Uap panas lanjut (superheated vapor)

Jika uap dari hasil proses penguapan dipanaskan terus sehingga temperturnya berada di atas atau lebih tinggi dari temperatur penjumlahan (saturation temperature) disebut uap panas lanjut (superheated vapor). Zat cair yang sudah menguap temperturnya masih dapat dinaikan dengan jalan penambahan energi panas, seperti ditunjukkan gambar.



Gambar 16. Penambahan energi panas

Bilamana temperatur uap tersebut dinaikkan sedemikian rupa, sehingga temperaturnya berada di atas temperatur penjumlahan, maka uap ini dikatakan dipanaslanjutan, dan energi yang disuplai untuk memanaskan lanjutkan uap ini disebut superheat (panas lanjut) seperti misalnya pada gambar di atas dimana temperaturnya setelah dipanaslanjutan menjadi 130°C sedangkan temperaturnya penjumlahan 100°C, maka dikatakan uap tersebut panas lanjut (superheated) sebesar 30°C.

Mengembun (condensation)

Mengembun adalah kebalikan menguap yaitu proses perubahan zat dari wujud gas (uap) menjadi cairan pada titik embunnya. Pada saat mengembun dilepaskan panas laten pengembunan. Seperti halnya penguapan pengembunan juga terjadi pada temperatur dan tekanan yang tetap. Proses pengembunan dapat terselenggara melalui beberapa cara seperti dengan pencabutan panas, dengan menaikkan tekanan, uap atau kombinasi dari keduanya. Pada sistem teknik pendingin proses pengembunan bahan pendingin (refrigerant) yang telah menjadi uap dalam evaporator terjadi pada kondensor, karena proses pengembunan dapat terjadi dengan cara menaikkan temperatur uap maka sebelum bahan pendingin memasuki kondensor tekanannya dinaikkan terlebih dahulu dalam kompresor.

Cairan dingin lanjut (subcooled liquid)

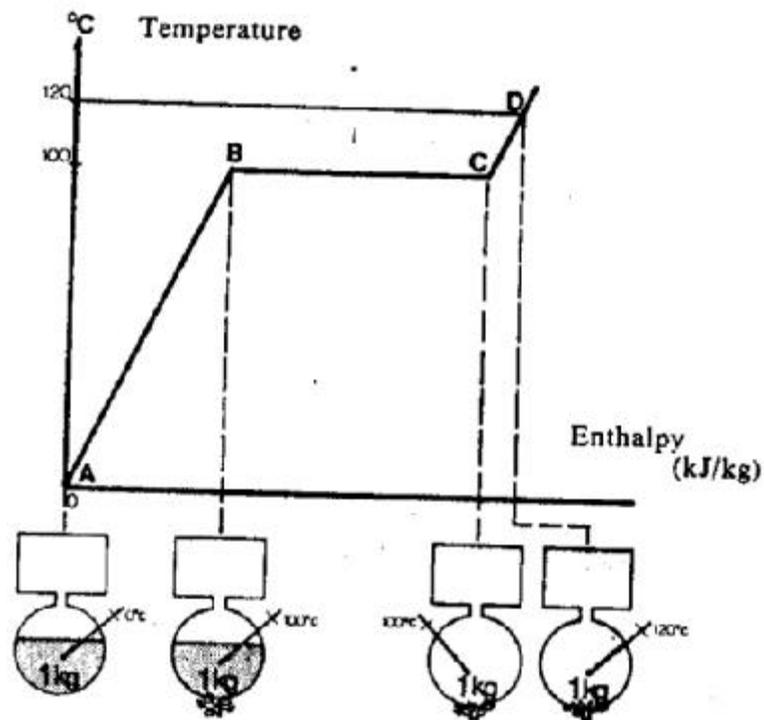
Apabila setelah pengembunan, cairan yang dihasilkannya didingin terus dengan jalan pengembalian panas sensibel dari cairan tersebut sehingga temperatrnya turun sampai dibawah temperatur penjumlahan (saturation temperature) dikatakan cairan tersebut dilanjutkan karenanya cairan pada temperatur di bawah temperatur penjumlahan disebut cairan dingin lanjut

(subcooled liquid). Dalam sistem teknik pendingin proses ini terjadi pada bagian akhir kondensor dan pada pemindah panas (heat exchanger).

Dari uraian di atas kiranya dapat dipahami bahwa proses yang terjadi selama perubahan wujud adalah sangat penting dalam teknik pendingin, dengan perubahan wujud dari cair menjadi gas dan dari gas menjadi cair (evaporation dan condensation) inilah yang memungkinkan.

Refrigerant untuk bekerja mendinginkan ruangan disekitarnya.

Sebagai rangkuman apa yang telah dibicarakan di atas, diagram berikut menggambarkan harga perpindahan panas, apabila air pada tekanan atmosfer dipanaskan sampai wujudnya berubah.



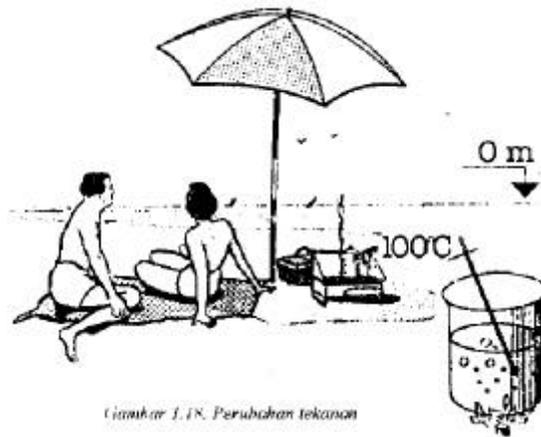
Gambar 1.7. Diagram suhu enthalpy

$$\begin{aligned}
 &= 210 + 1675 + 2100 + 11.250 \\
 &= 15.235 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

2.5. PENGARUH TEKANAN TERHADAP PERUBAHAN WUJUD

Seperti diketahui bahwa sesuai dengan fungsinya refrigerant dalam sistem teknik pendingin yang berbentuk fluida mengambil panas untuk menguap pada temperatur dan tekanan yang rendah. Dan memberikan panas untuk mengembun pada temperatur dan tekanan yang tinggi.

Dari uraian di atas kiranya dapat dipahami bahwa adanya hubungan antara tekanan dari temperatur. Gambar 1.11 menunjukkan bahwa temperatur didih air dapat dirubah dengan merubah tekanan disekitarnya.

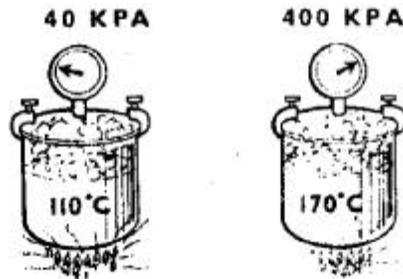


Gambar 1.18. Perubahan tekanan

Gambar 1.18. Perubahan tekanan

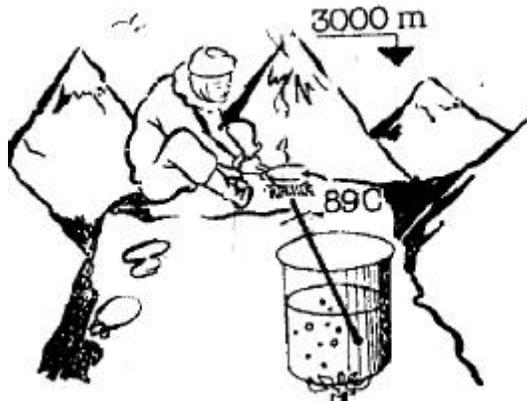
Pada permukaan air laut dengan tekanan 101,3 kPa air mendidih pada temperatur 100°C. Apabila tekanan lebih besar dari 101,3 kPa (0 kPa gauge) maka air akan mendidih di atas 100°C seperti misalnya pada

sebuah ketek yang bertekanan 40 kPa gauge, air akan mendidih pada temperatur 110°C. Dan apabila tekananya dinaikkan menjadi 400 kPa gauge, maka titik didihnya naik menjadi 170°C seperti ditunjukkan pada gambar 1.12.



Gambar 19. Perbandingan tekanan

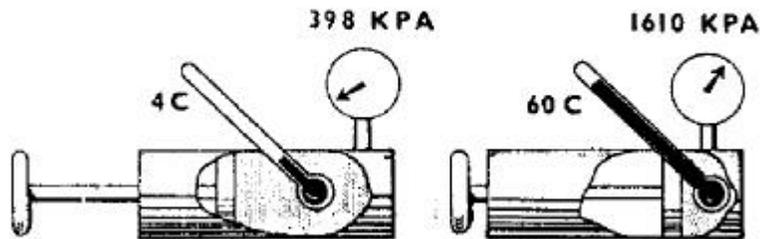
Apabila tekanan diturunkan, maka titik didih air juga akan turun seperti diilustrasikan pada gambar 20. Dimana air direbus pada ketinggian 3000m di atas permukaan laut, laut sehingga tekanan lebih rendah dari 101,3 kPa (0 kPa gauge). Maka air akan mendidih pada temperatur 89°C. Jadi pada titik didih baik tekanan maupun temperatur saling menentukan.



Gambar 20. Perubahan Suhu

Dari pembahasan di atas kiranya dapat dipahami bahwa :

- ? Semua zat cair menyerap banyak panas tanpa menjadi hangat, apabila dia mendidih menjadi uap
- ? Tekanan dapat digunakan untuk memungkinkan uap mengembun menjadi cair
- ? Perubahan wujud selalu terjadi pada temperatur dan tekanan yang konstan
- ? Perubahan wujud membutuhkan jumlah panas yang relatif besar
- ? Pada proses perubahan wujud cairan dan uap berada pada temperatur yang sama.



Gambar 21. Pengaruh kompresi

Dari pressure/temperatur chart dapat diketahui hal-hal sebagai berikut :

1. Saturation temperature (temperatur penjumlahan) R22 adalah 0°C pada sisi tekanan rendah dan 44°C pada sisi tekanan tinggi
2. Kondisi refrigerant ketika memasuki kompressor adalah superheated vapor (uap panas lanjut) sebesar 4°C

3. Kondisi refrigerant ketiga meninggalkan kompressor adalah superheated vapor (uap panas lanjut) sebesar 60°C
4. Refrigerant akan mengembun pada temperature 44°C dan tekanan 1610 kPa
5. Refrigerant menguap pada temperatur 4°C dan tekanan 398 kPa.

c. Rangkuman 2

Semua benda padat, cair dan gas mempunyai tekanan. Kerja suatu sistem refrigerasi pada umumnya tergantung dari perbedaan tekanan didalam sistem. Tekanan yang berhubungan dengan sistem refrigerasi ada tiga macam, yaitu tekanan atmosfer, tekanan manometer dan tekanan absolut.

Suhu tidak mengambil panas atau memberikan panas dari suatu benda. Suhu hanya memberikan petunjuk keadaan benda misalnya dingin, hangat atau panas. Apabila suhu suatu benda berubah maka pada benda tersebut dapat terjadi berbagai perubahan kimia, wujud warna dan lain-lain.

Alat untuk mengukur suhu disebut thermometer. Pada thermometer air raksa, pemuaian air raksa digunakan sebagai petunjuk suhu. Skala thermometer dibuat dalam derajat celcius, fahrenheit dan kelvin. Kalor tidak sama dengan suhu. Kalor adalah energi yang diterima oleh benda, sehingga suhu benda atau wujudnya berubah. Jika kalor dilepaskan suhu benda akan turun. Jika kalor ditambahkan pada suatu benda, maka pergerakan molekul-molekulnya bertambah cepat. Kejadian ini dapat dilihat dengan naiknya suhu pada thermometer.

Zat adalah sesuatu yang menempati ruang dan memiliki massa. Benda terdiri dari zat dan memiliki energi. Zat bila ditambah atau diambil kalornya pada suhu yang tetap, dapat berubah wujud dari cair menjadi gas atau sebaliknya. Misalnya es jika diberi kalor mencair dan air jika diberi kalor menguap menjadi uap. Sebaliknya uap bila diambil kalornya mengembun dan air bila diambil kalornya akan membeku menjadi es.

Perubahan wujud dari cair menjadi gas disebut menguap, kebalikannya dari gas menjadi cair disebut mengembun. Untuk mempercepat penguapan dapat dilakukan dengan :

1. Menaikan suhu dengan memberikan pemanasan
2. Mengurangi tekanan pada permukaan zat
3. Memperluas permukaan zat
4. Meniupkan udara di atas permukaan zat

d. Tugas 2

1. Tunjukkan dua jenis skala yang ada pada compound gauge!
2. Periksa kondisi refrigeran pada suhu ambien, suhu silinder dan tekanan silinder!
3. Periksa besaran tekanan discharge, tekanan suction dan jenis refrigeran pada satu sistem refrigerasi yang ada!
4. Lakukan pengukuran temperatur pada permukaan evaporator dengan menggunakan thermometer!
5. Gambarkan diagram suhu/enthalpy dari hasil pengukuran yang telah dilakukan tersebut !

e. Tes Formatif 2

Ubahlah besaran-besaran berikut sesuai yang diminta.

1. 25 psig ke psi abs
2. psig ke psi abs
3. 2 kPag ke kPa abs
4. 32 kPag ke kPa abs
5. 100°C ke kelvin
6. 30°C ke kelvin
7. 40°C ke fahrenheit
8. 86°C ke rankin
9. Hitunglah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 12 liter air menjadi 90°C .
10. Jika panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu dari 25°C menjadi 80°C adalah 39 kjoule. Hitunglah masa air tersebut.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif 2

1. 40 psi abs
2. 21 psi abs
3. 102 kPa abs
4. 132 kPa abs
5. 373 K
6. 303 K
7. 103°F
8. 546 R
9. 45369 k joule
10. 0,17 liter

**g. LEMBAR KERJA 2. PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN
MOTOR KOMPRESOR HERMETIK**

? TUJUAN

Setelah melaksanakan tugas praktek ini peserta diharapkan mampu melakukan pemeliharaan dan perbaikan motor komponen hermetik.

? ALAT DAN BAHAN

1. Tang ampere
2. AVO meter
3. Kunci ring dan kunci pas
4. Obeng pelat dan obeng kembang
5. Tang kombinasi
6. Tang lancip
7. Tang potong

? KESELAMATAN KERJA

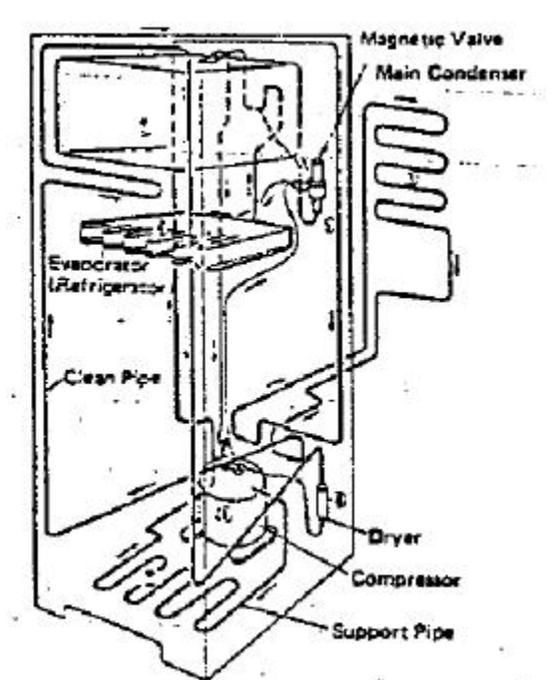
1. Gunakan alat sesuai fungsinya
2. Laporkan dan periksakan pada guru/instruktur sebelum dihubungkan dengan sumber tegangan listrik.

? LANGKAH KERJA

1. Bersihkan kompresor dari kotoran
2. Periksa kompresor dengan menggunakan AVO meter
3. Ukur terminal-terminal kompresor dengan menggunakan AVO meter
4. Tes dengan menggunakan hermetik check
5. Apabila jalan, ukur arusnya dengan tang ampere
6. Bila kompresor tidak jalan, periksa sekali lagi sambungannya

7. Ketentuan terakhir apabila kompresor tidak dapat digunakan maka harus diganti dengan kompresor baru dengan spesifikasi yang sama.

Perhatikanlah gambar di bawah ini !



Gambar 2.2 Buka an Lemari Es

BAB III

EVALUASI

JAWABLAH SOAL-SOAL DI BAWAH INI DENGAN TEPAT!

1. Hitunglah rasio kompresi dan volumetric efisiensi kompresor apabila tekanan suction 79 kPag dan tekanan discharge 871 kPag
2. Apabila volumetric efisiensi kompresor 74,9% dan tekanan discharge 560 kPa. Tentukan besarnya tekanan suction
3. Hitunglah volumetric efisiensi dan rasio kompresi apabila suhu penguapan -10°C dan tekanan discharge 716 kPag refrigerant R 12
4. Hitunglah tekanan isap dari sistem yang mempunyai volumetric efisiensi 73,7% dan suhu pengembunan 16°C refrigerant R12
5. Apabila volumetric efisiensi 47% dan tekanan discharge 120 psia, tentukan suhu penguapan
6. Sebuah kompresor bekerja dengan efisiensi 60%, jika tekanan isap 15 psia. Tentukan rasio kompresi dan suhu pengembunan
7. Perbedaan suhu sebuah kondensor yang menggunakan refrigeran R12 adalah $11,2^{\circ}\text{F}$. Bila suhu medium 82°F , hitunglah suhu saturasi
8. Refrigeran R12 mempunyai tekanan saturasi 93 psig, suhu medium pengembunan 68°F , tentukan perbedaan suhunya.
9. Perbedaan suhu kondensor sebuah sistem refrigerasi yang menggunakan refrigeran R11 sebesar 6°C . Hitunglah tekanan saturasi jika suhu medium kondensor 18°C
10. Refrigeran R22 mengembun pada tekanan 155 psig. Jika perbedaan suhu kondensor 18°F , tentukan temperatur mediumnya
11. Hitunglah perbedaan temperatur evaporator untuk refrigeran R500 yang menguap pada tekanan 436 kPag dan suhu ruang 20°C .
12. Sistem refrigeasi yang menggunakan R11 mempunyai perbedaan suhu 5°C dan tekanan penguapan -36 kPag. Tentukan temperatur udara ruang

13. Hitunglah tekanan saturasi penguapan refrigeran R11 apabila suhu ruang 20°C dan perbedaan temperatur 15°C
14. Hitunglah panas yang diserap dalam kJ/detik pada sebuah evaporator yang menggunakan refrigeran R12, apabila tekanan pengupaan 65 kPag , panas jenis $2500\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$, panas laten 165 kJ/kg , refrigeran yang mengalir 30 kg/ menit dan suhu panas lanjut 4°C .
15. Suhu udara dalam lemari es sebesar 8°C , jika perbedaan suhu evaporator 6°C dan suhu uap yang keluar dari evaporator dipanaslanjutkan sebesar 4°C . Tentukan panas yang diserap dari lemari es oleh 5 kg refrigeran R12.
16. Hitunglah energi panas yang dibutuhkan untuk merubah 2 kg es pada suhu -15°C menjadi uap yang bertemperatur 100°C
17. Suatu campuran aluminium mempunyai panas jenis $0,88\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$ dan panas laten peleburan 400 kJ/kg . Tentukan energi panas yang dibutuhkan untuk mencairkan 12 kg campuran aluminium tersebut dari 20°C jika titik cairnya 660°C
18. Dalam sebuah sistem pendingin, refrigeran R12 memasuki kondensor pada suhu 30°C dan mengembun pada suhu 20°C . Hitunglah energi panas yang dibuang dari kondensor tiap menitnya, bila refrigeran yang mengalir 10 kg/ menit , paas laten R12 pada suhu 20°C adalah 165 kJ/kg dan panas jenisnya $2,5\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$.
19. Tentukan banyaknya panas yang harus dibuang untuk menemukan suhu 1 kg ikan dari 12°C menjadi -18°C . Suhu beku rata-rata ikan -2°C dan panas latennya $105\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$, panas jenis ikan di atas titik beku $1,95\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$ dan di bawah titik beku $1\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$.
20. Sebuah watercooled kondensor dengan suhu airnya 77°C refrigeran yang digunakan R 500. Tentukan perbedaan suhu kondensornya jika tekanan penjenuhannya 89 psig .

KUNCI JAWABAN EVALUASI

1. Ratio compresi = 5,15
Volumetric efisiensi = 68%
2. Tekanan suctionnya = 39 kPag
3. Volumetric efisiensi = 76,6 %
Ratio compresi = 3,73
4. Tekanan suctionnya = 120,24 kPag
5. Suhu penguapannya = - 30°C
6. Ratio compresi = 6,6
Suhu pengembunan = 55°C
7. Tempertur saturasinya = 93,2°F
8. Perbedaan suhunya = 18°F
9. Tekanan saturasinya = 1 kPa
10. Tekanan mediumnya = 11°C
11. Perbedaan suhunya = 7,625°C
12. Suhu udara ruang = 17°C
13. Tekanan saturasi penguapannya = -52 kPag
14. Panas yang diserap = 110 k joule/detik
15. Panas yang diserap refrigeran = 875 kjoule
16. Energi panasnya = 6073 kj
17. Energi panasnya = 11.558,4 kj
18. Energi panasnya = 1900 kj
19. Banyaknya panas = 15025 kj
20. Perbedaan suhunya = -15°F

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta dalam mengikuti modul ini dilakukan evaluasi baik terhadap aspek pengetahuan, keterampilan dan sikap.

Aspek pengetahuan dievaluasi secara tertulis menggunakan jenis tes essay sedangkan aspek keterampilan dievaluasi melalui pengamatan langsung terhadap proses kerja dan sikap kerja.

Peserta dinyatakan lulus dalam modul ini apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Selesai mengerjakan semua tugas
2. Selesai mengerjakan semua soal-soal tes formatif dan evaluasi dengan mencapai nilai standar minimum masing-masing 75 (tujuh puluh lima)
3. Pengerjaan tugas praktek mencapai standar keterampilan sesuai kompetensi.

DAFTAR PUSTAKA

Andrew D. Althouse, 1982, *Modern Refrigeration and Air Conditioning*, Willcok Company Publisher, Philadelphia

Dowenes, 1986, *Basic Elements of Refrigeration*, RMIT Press, Melbourne

Handoko, 1981, *Teknik Memperbaiki Lemari Es*, ITB Press, Bandung

Tatang Sukendar, 1999, *Hidrokarbon sebagai Bahan Pendingin*, VEDC, Malang