

BAB II

DASAR TEORI

2.1 VAKSIN

Vaksin (dari kata *vaccinia*, penyebab infeksi cacar sapi yang ketika diberikan kepada manusia, akan menimbulkan pengaruh kekebalan terhadap cacar), adalah bahan antigenik yang digunakan untuk menghasilkan kekebalan aktif terhadap suatu penyakit sehingga dapat mencegah atau mengurangi pengaruh infeksi oleh organisme alami atau "liar" [3].

Vaksin dapat berupa galur virus atau bakteri yang telah dilemahkan sehingga tidak menimbulkan penyakit. Vaksin dapat juga berupa organisme mati atau hasil-hasil pemurniannya (protein, peptida, partikel serupa virus, dsb.). Vaksin akan mempersiapkan sistem kekebalan manusia atau hewan untuk bertahan terhadap serangan patogen tertentu, terutama bakteri, virus, atau toksin. Vaksin juga bisa membantu sistem kekebalan untuk melawan sel-sel degeneratif (kanker).

Sistem kekebalan mengenali partikel vaksin sebagai agen asing, menghancurkannya, dan "mengingat"-nya. Ketika di kemudian hari agen yang virulen menginfeksi tubuh, sistem kekebalan telah siap: menetralkan bahannya sebelum bisa memasuki sel; dan mengenali dan menghancurkan sel yang telah terinfeksi sebelum agen ini dapat berbiak.

Vaksin yang dilemahkan digunakan untuk melawan tuberkulosis, rabies, dan cacar; agen yang telah mati digunakan untuk mengatasi kolera dan tifus; toksoid digunakan untuk melawan difteri dan tetanus.

Meskipun vaksin sejauh ini tidak virulen sebagaimana agen "sebenarnya", bisa menimbulkan efek samping yang merugikan, dan harus diperkuat dengan vaksinasi ulang beberapa tiap tahun. Suatu cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan vaksinasi DNA. DNA yang menyandi suatu bagian virus atau bakteri yang dapat dikenali oleh sistem kekebalan dimasukkan dan diekspresikan dalam sel manusia/hewan. Sel-sel ini selanjutnya menghasilkan toksoid agen penginfeksi, tanpa pengaruh berbahaya lainnya. Pada tahun 2003, vaksinasi DNA masih dalam percobaan, namun menunjukkan hasil yang menjanjikan.

Berbagai penyakit seperti polio telah dapat dikendalikan di negara-negara maju melalui penggunaan vaksin secara massal (malah, cacar telah berhasil dimusnahkan, sedangkan rubella dilaporkan telah musnah dari AS).

Sepanjang mayoritas masyarakat telah diimunisasi, penyakit infeksi akan sulit mewabah. Pengaruh ini disebut herd immunity. Beberapa kalangan, terutama yang melakukan praktik pengobatan alternatif, menolak untuk mengimunisasi dirinya atau keluarganya, berdasarkan keyakinan bahwa efek samping vaksin merugikan mereka.

Para pendukung vaksinasi rutin menjawab dengan mengatakan bahwa efek samping vaksin yang telah berizin, jika ada, jauh lebih kecil dibandingkan dengan akibat infeksi penyakit, atau sangat jarang, dan beranggapan bahwa hitungan untung/rugi haruslah berdasarkan keuntungan terhadap kemanusiaan secara keseluruhan, bukan hanya keuntungan pribadi yang diimunisasi. Resiko utama rubella, misalnya, adalah terhadap janin wanita hamil, tapi resiko ini dapat secara efektif dikurangi dengan imunisasi anak-anak agar tidak menular kepada wanita hamil.

Untuk menjaga kondisi vaksin tetap aktif maka temperatur vaksin perlu dijaga di dalam pendingin dengan temperatur antara 2°C s/d 8°C. Ada jenis vaksin tertentu yang harus dijaga temperaturnya di bawah – 15°C.

Tabel di bawah ini merupakan jenis-jenis vaksin dengan temperatur penyimpanan yang direkomendasikan :

Tabel 2-1. Jenis-jenis vaksin dan temperatur penyimpanan [4]

Vaccine	Storage Requirement
DTaP, Td DT	2°– 8°C (35°– 46°F). Do not freeze.
Hepatitis A and B Vaccines	2°– 8°C (35°– 46°F). Do not freeze.
H. influenzae type B	2°– 8°C (35°– 46°F). Do not freeze.
Haemophilus (HiB)	2°– 8°C (35°– 46°F). Do not freeze.
Influenza Vaccine	2°– 8°C (35°– 46°F). Do not freeze.
IPV	2°– 8°C (35°– 46°F). Do not freeze.
MMR, MR	2°– 8°C (35°– 46°F). Protect from light
Measles Virus	MMR vaccine may be frozen.
Rubella Virus	
Mumps Virus	
Pneumococcal	2°– 8°C (35°– 46°F). Do not freeze.
Varicella Vaccine	Freeze immediately upon arrival. Store at or below -15°C (+5°F). Diluent can be stored at room temperature. Do not freeze diluent. May be stored at refrigerator temperature (2°– 8°C, 35°– 46°F) for up to 72 hours prior to reconstitution. Vaccine stored at 2°– 8°C which is not used within 72 hours of removal from -15°C storage must be discarded.

2.2 PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN/REFRIGERASI

Perhitungan beban pendinginan pada sistem refrigerasi merupakan penjumlahan dari beban-beban pendinginan yang berasal lebih dari satu sumber beban/panas. Di bawah ini adalah beberapa sumber panas yang umum yang menjadi beban pada peralatan refrigerasi :

1. Perpindahan panas yang masuk ke ruang yang didinginkan secara konduksi melalui dinding yang diinsulasi.
2. Perpindahan panas secara radiasi langsung melalui dinding transparan.
3. Panas yang terbawa oleh udara luar yang masuk ke dalam ruang yang didinginkan melalui pintu yang terbuka, pintu dan jendela yang bocor.
4. Panas dari produk itu sendiri yang akan didinginkan.
5. Panas yang berasal dari tubuh manusia yang berada di dalam ruang yang didinginkan.
6. Panas yang berasal dari peralatan-peralatan elektronik lainnya yang menghasilkan panas.

2.2.1 Perhitungan Beban Melalui Dinding

Beban yang melalui dinding merupakan panas dari luar yang mengalir melewati dinding secara konduksi masuk ke dalam ruang yang didinginkan. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang cukup besar antara lingkungan sekitar dengan ruang yang didinginkan. Proses perpindahan panas dari luar ke dalam dapat diminimalisir dengan cara menginsulasi dinding dengan bahan yang dapat menghambat laju perpindahan panas.

Besarnya nilai panas yang mengalir dari luar ke dalam ruang yang didinginkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_d = A \times U \times TD \quad (2-1)$$

Di mana :

- Q_d = beban panas yang mengalir melalui dinding (W)
- A = luas dinding bagian luar (m^2)
- U = koefisien perpindahan panas (W/m^2K)
- TD = Perbedaan temperatur (K)

Besarnya nilai U dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_o}} \quad \frac{x}{k} = \frac{1}{C} \quad (2-2)$$

Di mana :

- $\frac{1}{f_i}$ = koefisien konveksi dinding bagian dalam
- $\frac{1}{f_o}$ = koefisien konveksi dinding bagian luar
- x = tebal insulasi (m)
- k = Thermal conductivity (W/mK)
- C = Thermal conductance (W/m^2K)

Contoh 2-1 Hitung panas yang mengalir melalui dinding dengan dimensi 3 m x 6 m. Jika harga U 0,37 W/m^2K dan temperatur pada dinding bagian dalam 4 °C dan temperatur pada dinding bagian luar 35 °C.

Jawab

$$\text{Luas total dinding, } A = (3 \text{ m})(6 \text{ m}) = 18 \text{ m}^2$$

Perbedaan temperature, $TD = 35^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C} = 31 \text{ K}$

Dengan menggunakan persamaan 2-1 maka:

$$Q_d = (18 \text{ m}^2)(0,37 \text{ W/m}^2\text{K})(31 \text{ K})$$

$$= 206 \text{ W atau } 0,206 \text{ kW}$$

Contoh 2-2 Diperkirakan kecepatan angin 3,35 m/s, Hitung nilai U jika kontruksi dari dinding terdiri dari 200 mm sand aggregate, diinsulasi dengan polyurethane 75 mm dan plester semen 13 mm.

Jawab

Dari table 2-2 :

200 mm sand aggregate $C = 5,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

Polyurethane $k = 0,025 \text{ W/mK}$

plester semen $k = 0,72 \text{ W/mK}$

koefisien konveksi bag. dalam $f_i = 9,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

koefisien konveksi bag. luar $f_o = 22,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22,7} + \frac{1}{5,11} + \frac{0,075}{0,025} + \frac{0,013}{0,72} + \frac{1}{9,37}} = 0,297 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tabel 2-2 Thermal Conductivity of Material Used in Cold Storage Walls [5]

Material	Description	Thermal Conductivity (k) W/m K	Thermal Conductance (C) W/m ² K
Brick, face		1.30	
Concrete, mortar or plaster		0.72	
Concrete, sand aggregate		1.73	



2.2.2 Perhitungan Beban Melalui Pertukaran Udara

Jika pintu pada ruangan yang didinginkan dibuka, maka udara panas dari luar akan masuk ke dalam ruangan. Akibatnya terjadi pertukaran udara antara udara dingin yang berada di dalam ruangan yang didinginkan dengan udara panas dari luar. Kejadian tersebut dinamakan beban pertukaran udara. Beban ini dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$Q_{AC} = \dot{V}(h_o - h_i) \quad (2-3)$$

Di mana : Q_{AC} = beban pertukaran udara (kW)

\dot{V} = laju volume udara panas yang masuk (l/s)

h_o = enthalpi udara luar (kJ/kg)

h_i = enthalpi udara dalam (kJ/kg)

Contoh 2-2 Laju udara panas yang masuk ke dalam ruangan sebesar 8 l/s. Jika temperatur udara dalam ruangan dikondisikan pada 2°C dan temperatur udara luar 30°C dengan kelembaban 50%. Hitung beban pertukaran udara yang terjadi!

Jawab

Interpolasi pada tabel 2-3A, faktor pertukaran udara yang didapat 0,0598 kJ/L.

Menggunakan persamaan 2-2 maka :

$$\begin{aligned} Q_{AC} &= (8 \text{ l/s})(0,0598 \text{ kJ/l}) \\ &= 0,478 \text{ kW} \end{aligned}$$

Tabel 2-3A Kilojoules per Litre Removed in Cooling Air to Storage Condition Above 0° [5]

Storage Room Temp. °C	Inlet Air Temperature, °C									
	25°			30°			35°		40°	
	50	60	70	Inlet Air RH, %			50	60	50	60
15°	0.0128	0.0186	0.0246	0.0281	0.0357	0.0441	0.0500	0.0563	0.0663	0.0795
10°	0.0266	0.0323	0.0382	0.0319	0.0491	0.0574	0.0591	0.0694	0.0792	0.0992
5°	0.0388	0.0445	0.0502	0.0536	0.0610	0.0693	0.0708	0.0810	0.0906	0.1036
0°	0.0493	0.0550	0.0606	0.0639	0.0713	0.0794	0.0808	0.0910	0.1003	0.1141

Tabel 2-3B Kilojoules per Litre Removed in Cooling Air to Storage Condition Below 0° [5]

Storage Room Temp. °C	Inlet Air Temperature. °C									
	5°		10°		25° Inlet Air RH, %		30°		35°	
	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60
0°	0.0092	0.0111	0.0142	0.0154	0.0505	0.0562	0.0650	0.0724	0.0820	0.0921
- 5°	0.0193	0.0210	0.0235	0.0247	0.0592	0.0649	0.0736	0.0809	0.0903	0.1004
- 10°	0.0271	0.0288	0.0309	0.0321	0.0662	0.0719	0.0805	0.0877	0.0970	0.1071
- 15°	0.0350	0.0367	0.0383	0.0395	0.0732	0.0788	0.0873	0.0945	0.1037	0.1137
- 20°	0.0427	0.0444	0.0456	0.0468	0.0801	0.0857	0.0941	0.1013	0.1102	0.1203
- 25°	0.0501	0.0523	0.0525	0.0537	0.0866	0.0922	0.0998	0.1077	0.1165	0.1265
- 30°	0.0571	0.0588	0.0591	0.0604	0.0929	0.0985	0.1067	0.1138	0.1225	0.1325
- 35°	0.0640	0.0657	0.0656	0.0668	0.0989	0.1045	0.1126	0.1197	0.1283	0.1382
- 40°	0.0708	0.0725	0.0720	0.0732	0.1050	0.1106	0.1185	0.1256	0.1341	0.1440

Contoh 2-3 Sebuah ruang pendingin yang berdimensi bagian dalam 3,7 m x 4,7 m x 2,7 m dan dengan ketebalan dindingnya 150 mm. Temperatur luar 25°C dan RH 50%. Temperatur di dalam ruangan 2°C, hitung beban pertukaran udara!

Jawab

$$\text{Volume ruangan} = (3,7 \text{ m})(4,7 \text{ m})(2,7 \text{ m}) = 47 \text{ m}^3.$$

Dari tabel 2-4 :

dengan interpolasi didapat laju infiltrasi 7,3 l/s.

Dari tabel 2-3B :

dengan interpolasi didapat faktor pertukaran udara 0,0451 kJ/l.

$$Q_{AC} = (7,3 \text{ l/s})(0,0451 \text{ kJ/l}) = 0,329 \text{ kW}.$$

Tabel 2-4 Average Air Infiltration Rates in l/s Due to Door Openings [5]

Room Volume(m ³)	Infiltration Rate (L/s)	
	Rooms Above 0°C	Rooms Below 0°C
7	3.1	2.3
8.5	3.4	2.6
10.	3.7	2.8
15	4.4	3.3
20	5.0	3.8
25	5.5	4.2
30	5.9	4.6
40	6.6	5.4
50	7.5	5.3
75	9.0	6.9
100	10.2	7.9
150	12.2	9.4
200	13.9	10.9
250	15.3	11.9
300	16.7	12.9
400	19.0	14.9
500	21.4	16.8
600	23.6	18.1
700	24.3	18.6
800	25.9	20.4
900	27.1	21.9
1000	28.9	23.1

Note: For storage rooms with anterooms, reduce rate to 50% of table value. For heavy usage, add 50% to table values.

2.2.3 Perhitungan Beban Produk

Produk mengandung panas yang cukup besar sebagai beban yang harus didinginkan sesuai dengan temperatur yang diinginkan. Produk disini ialah semua jenis material (seperti udara, daging, air, buah-buahan, sayuran, obat-obatan dll), dimana temperaturnya akan diturunkan.

Besarnya beban panas dari produk dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\underline{Q_p} = m \times C_p \times \Delta T \quad (2-4)$$

Di mana : $\underline{Q_p}$ = Jumlah panas dari produk (kJ/kg)

\underline{m} = massa produk (kg)

$\underline{C_p}$ = *spesifik heat* (kJ/kgK)

$\underline{\Delta T}$ = perubahan temperatur produk (K)

Contoh 2-4 3500 kg daging sapi (beef) dimasukan ke dalam cooler pada 39°C. Daging tersebut didinginkan sampai 7°C selama 20 jam. Hitung beban dari daging sapi tersebut!

Jawab

Dari tabel 2-3, C_p daging sapi (above freezing) 3,14 kJ/kgK.

$$\begin{aligned} \text{Persamaan 2-3, } Q_p &= (3500 \text{ kg})(3,14 \text{ kJ/kgK})(39^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C}) \\ &= 351.680 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Daging tersebut didinginkan selama 20 jam maka :

$$Q_p = \frac{351.680}{20(3600)} = 4,88 \text{ kW}$$

2.2.4 Perhitungan Beban Lain-lain

Ruangan yang telah dikondisikan biasanya terdapat peralatan elektronik atau lampu sebagai penerangan untuk orang yang bekerja di dalamnya. Peralatan elektronik dan lampu jika dalam keadaan menyala melepaskan panas di dalam ruangan sehingga menjadi beban pendinginan yang harus di hitung.

Dalam aplikasi refrigerasi komersil, beban lain-lain kontribusinya pada beban pendinginan relatif kecil, beban biasanya berasal dari lampu dan motor kipas yang digunakan di dalam ruangan.

Dalam aplikasi tata udara, orang-orang dan peralatan elektronik merupakan faktor terbesar yang menyumbang panas ke dalam ruangan. Sebagai contoh dalam aplikasi tata udara di mana jumlah orang-orang yang begitu banyak yang menjadi beban pendinginan terdapat pada restoran, perkantoran, bioskop dll.

Untuk beban lain-lain yang berasal dari lampu dapat dihitung berdasarkan kapasitas lampu (watt) dikalikan dengan lamanya lampu beroperasi (jam) dibagi dengan 24 jam.

$$Q_l = \frac{\text{kapasitas lampu} \times \text{jam operasi}}{24 \text{ jam}} \quad (2-5)$$

Untuk beban lain-lain yang berasal dari motor dan orang-orang dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_m = \text{daya output motor} \times \text{faktor pengali (tabel 2-5)} \times \text{jam operasi} \quad (2-6)$$

24 jam

$$Q_p = \frac{\text{jumlah orang} \times \text{heat equivalent (tabel 2-6)} \times \text{jam operasi}}{24 \text{ jam}} \quad (2-7)$$

Tabel 2-5 Heat Equivalent of Electric Motors [5]

Motor Rating Kilowatt Output	Motor Efficiency	Multiplying Factor		
		Connected Load in Refr. Space ^a	Motor Losses Outside Refr. Space ^b	Connected Load Outside Refr. Space ^c
0.1-0.5	33.3	1.67	1.0	0.67
0.5-2.0	55.0	1.45	1.0	0.45
2.0-15.0	85.0	1.15	1.0	0.15

^a For use when both useful output and motor losses are dissipated within refrigerated space driving fans for forced circulation unit coolers.

^b For use when motor losses are dissipated outside refrigerated space and useful work c' expended within refrigerated space, pump on a circulating brine or chilled water system. outside refrigerated space driving fan circulating air within refrigerated space.

^c For use when motor heat losses are dissipated within refrigerated space and useful work e outside of refrigerated space. motor in refrigerated space driving pump or fan located outside c

Tabel 2-6 Heat Equivalent to Occupancy [5]

Motor Rating Kilowatt Output	Motor Efficiency	Multiplying Factor		
		Connected Load in Refr. Space ^a	Motor Losses Outside Refr. Space ^b	Connected Load Outside Refr. Space ^c
0.1-0.5	33.3	1.67	1.0	0.67
0.5-2.0	55.0	1.45	1.0	0.45
2.0-15.0	85.0	1.15	1.0	0.15

^a For use when both useful output and motor losses are dissipated within refrigerated space driving fans for forced circulation unit coolers.

^b For use when motor losses are dissipated outside refrigerated space and useful work c' expended within refrigerated space, pump on a circulating brine or chilled water system. outside refrigerated space driving fan circulating air within refrigerated space.

^c For use when motor heat losses are dissipated within refrigerated space and useful work e outside of refrigerated space. motor in refrigerated space driving pump or fan located outside c

2.2.5 Penggunaan Safety Factor

Setelah total beban pendinginan dihitung maka pada umumnya ditambahkan *safety factor* sebesar 5% s/d 10%. *Safety factor* yang biasa dipakai sebesar 10% [5].

$$Q_{t1} = Q_d + Q_{AC} + Q_p + Q_l$$

$$Q_t = Q_{t1} + (Q_{t1} \times \text{safetyfactor})$$

Setelah *safety factor* ditambahkan, maka beban pendinginan (Q_t) dikalikan dengan 24 jam dan dibagi dengan waktu operasi yang diinginkan.

$$Q = \frac{24 \text{ jam}}{RT} (Q_t) \quad (2-8)$$

Dimana : RT = Running Time (jam)

2.3 SISTEM REFRIGERASI

Secara garis besar, refrigerasi adalah sistem di mana terjadi proses penyerapan dan pelepasan kalor. Lebih khusus lagi, refrigerasi adalah cabang dari ilmu yang berhubungan dengan proses menurunkan dan mempertahankan temperatur ruangan atau temperatur suatu benda di bawah temperatur lingkungan.

Pada awalnya refrigerasi hanya menggunakan es saja. Es yang berasal dari danau pada musim dingin diambil dan disimpan di ruangan penyimpanan yang telah diisolasi dan digunakan pada saat musim panas. Refrigerasi domestik secara mekanik lahir sekitar tahun 1910. Pada tahun 1920 refrigerasi domestik menjadi salah satu industri yang penting.

Sekarang ini, refrigerasi mempunyai peranan penting di dalam kehidupan masyarakat. Seperti digunakan untuk mengawetkan makanan, obat-obatan, pertanian (menyimpan buah-buahan, bunga, sayuran, susu, daging serta mendinginkannya selama di dalam perjalanan), retail (menjaga makanan tetap segar, seperti : ikan segar dan minuman dingin), bangunan bertingkat dan instalasi komputer (air conditioning), klinik kesehatan (mengawetkan darah, vaksin dan obat-obatan), dll.

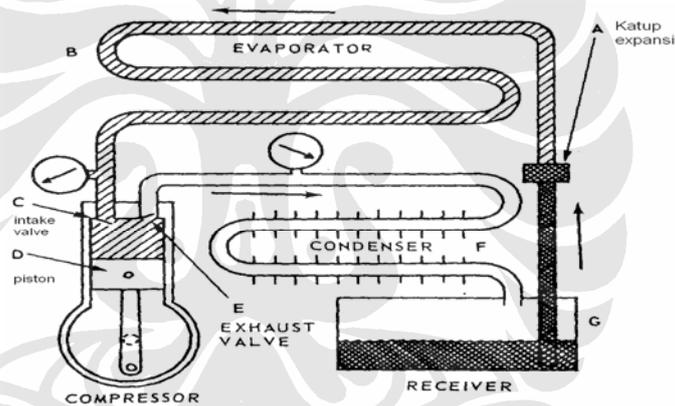
Semua sistem refrigerasi mengandung beberapa sifat termodinamika :

1. Cairan yang menyerap kalor fasanya akan berubah menjadi gas.

2. Temperatur dan tekanan konstan ketika terjadi perubahan fasa dari cairan ke gas atau dari gas ke cairan.
3. Kalor akan mengalir hanya dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang lebih rendah.
4. Bahan yang digunakan untuk unit kondenser dan evaporator harus memiliki konduktivitas thermal yang besar (tembaga, alumunium).
5. Energi panas atau bentuk energi yang lainnya bersifat *interchangeable*. Contoh, energi listrik bisa berubah menjadi energi panas, energi panas bisa berubah menjadi energi gerak.

2.3.1 Siklus Refrigerasi

Langkah dari siklus refrigerasi :



Gambar 2.1. Sistem refrigerasi sederhana [6]

Dari liquid receiver, G, cairan refrigeran yang bertekanan tinggi mengalir melalui katup ekspansi, A, tekanan refrigeran menjadi turun drastis dan menyebabkan temperaturnya juga turun. Refrigeran terus mengalir ke evaporator, B. Di evaporator terjadi penyerapan kalor dari lingkungan oleh refrigeran sehingga berubah fase menjadi gas dengan tekanan yang masih rendah. Gas refrigeran lalu mengalir ke kompresor melalui intake valve, C, terus masuk ke silinder kompresor. Piston, D, menekan gas refrigeran sehingga menaikkan tekanan refrigeran menjadi tinggi dan keluar melalui exhaust valve, E, menuju

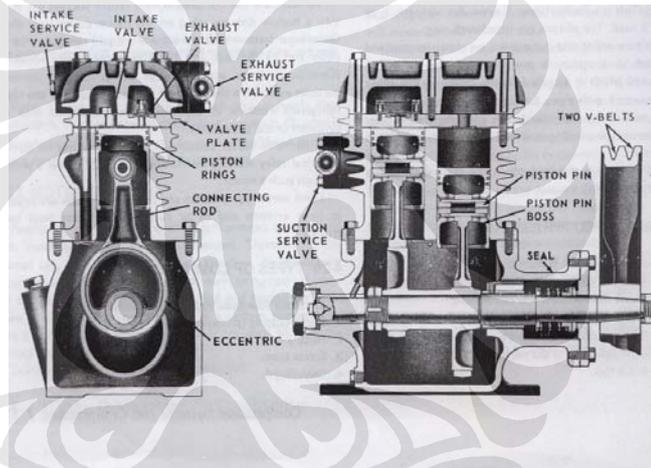
kondenser, F. Di kondenser, kalor dari refrigeran dibuang ke lingkungan sekitar sehingga berubah menjadi refrigeran cair dan kembali masuk ke liquid receiver.

2.3.2 Komponen Sistem Refrigerasi

Komponen dasar dari sistem refrigerasi adalah kompresor, kondenser, katup ekspansi, evaporator dan refrigeran.

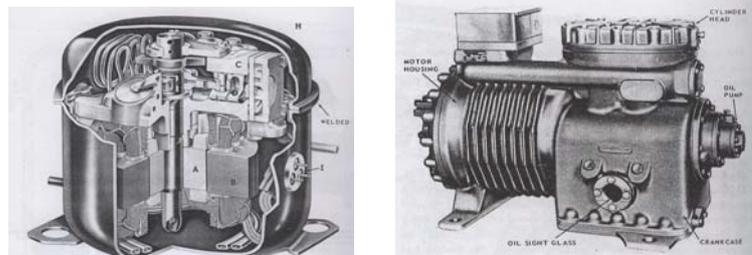
2.3.2.1 Kompresor

Kompresor berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk memindahkan gas refrigeran yang bertekanan rendah di sisi hisap ke sisi discharge bertekanan tinggi. Secara umum, kompresor ada 3 tipe : reciprocating, rotari dan sentrifugal.

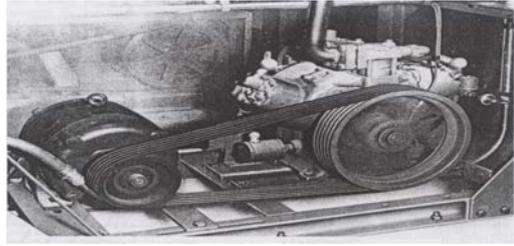


Gambar 2.2. Kompresor reciprocating [5]

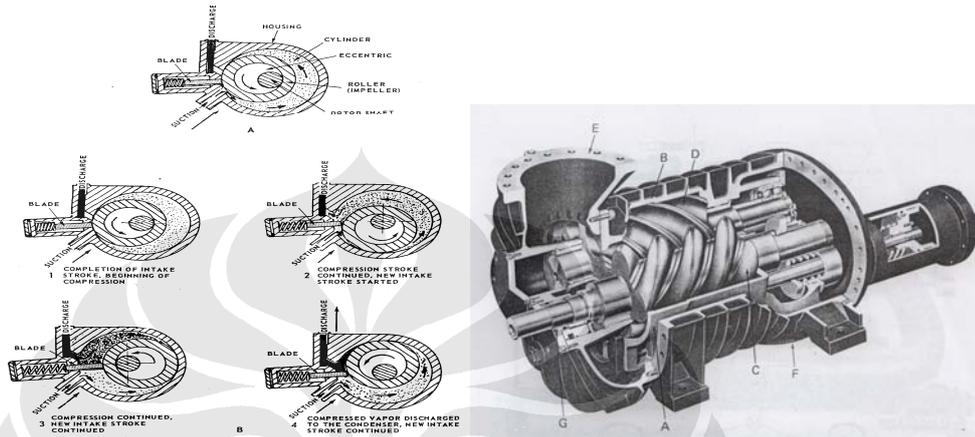
Berdasarkan casingnya kompresor dibagi menjadi 3 yaitu hermetic, semi hermetic dan open type.



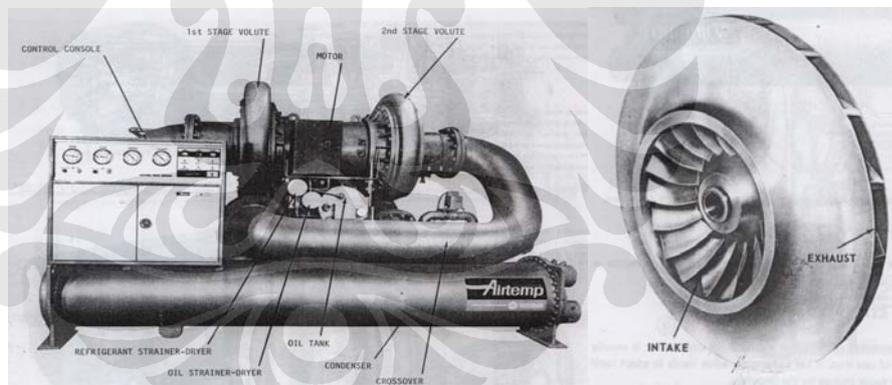
Gambar 2.3. Kompresor hermetic dan semi hermetic [5]



Gambar 2.4. Kompresor open type [5]



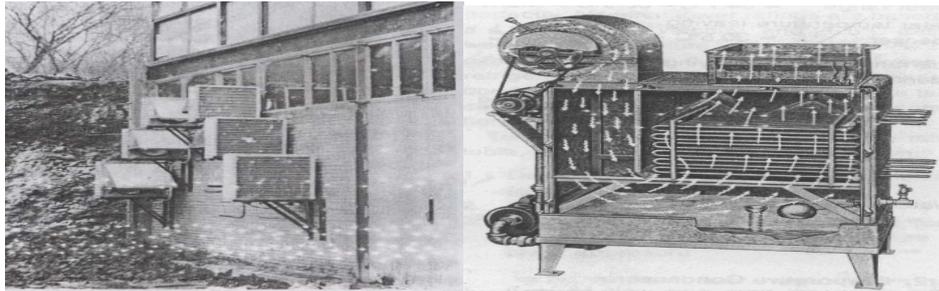
Gambar 2.5. Kompresor tipe rotary (tipe rotary dan screw) [5]



Gambar 2.6. Kompresor sentrifugal

2.3.2.2 Kondenser

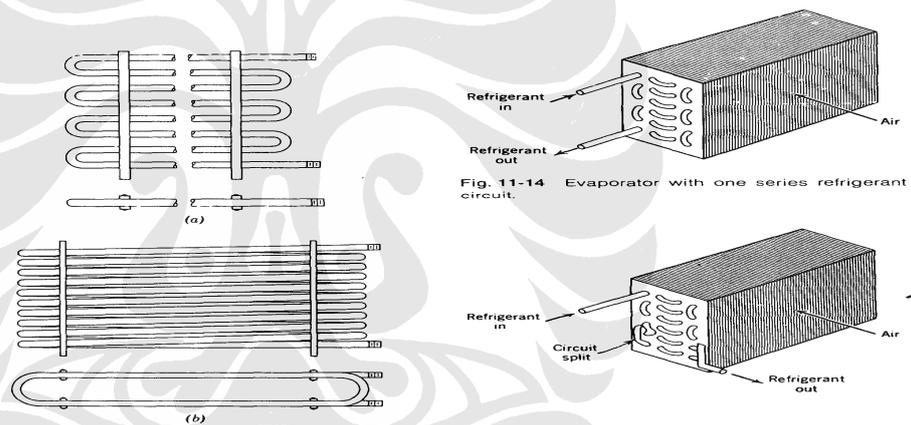
Kondenser berfungsi melepaskan kalor dari refrigeran ke lingkungan sekitar sehingga fasa refrigeran berubah menjadi cair. Kondenser secara umum ada 3 tipe : air-cooled, water-cool dan evaporative.



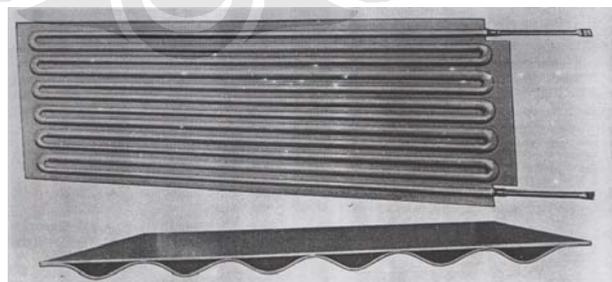
Gambar 2.7. Air cooled dan evaporative [5]

2.3.2.3 Evaporator

Evaporator berfungsi menyerap kalor dari lingkungan atau produk masuk ke dalam sistem refrigrasi. Evaporator secara prinsip ada 3 tipe : bare-tube, plate-surface dan finned.



Gambar 2.8. Evaporator bare-tube dan finned [5]



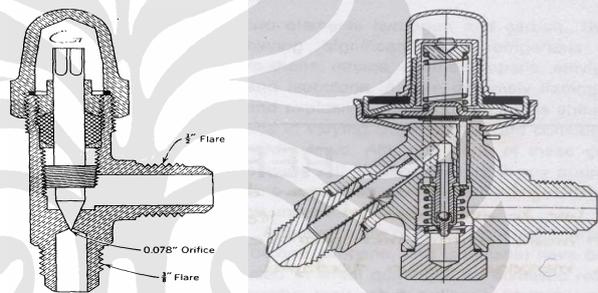
Gambar 2.9. Evaporator plate surface [5]

2.3.2.4 Katup ekspansi

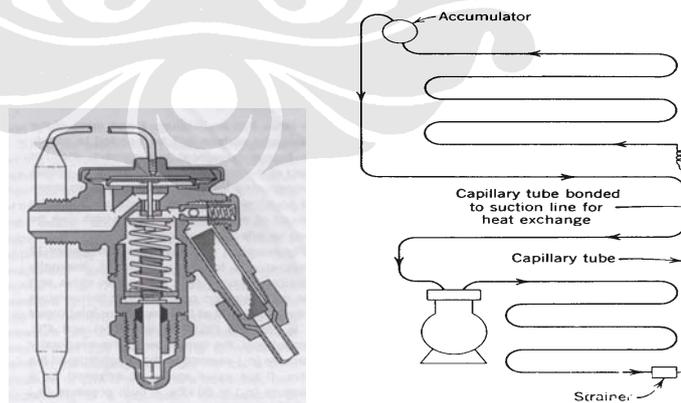
Katup ekspansi berfungsi untuk :

- mengatur cairan refrigeran dari liquid line ke evaporator pada laju yang sama dan cairan refrigeran akan menguap di evaporator.
- Menjaga supaya terdapat perbedaan tekanan antara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah sehingga refrigeran akan menguap pada tekanan rendah di evaporator dan mengembun pada tekanan tinggi di kondenser.

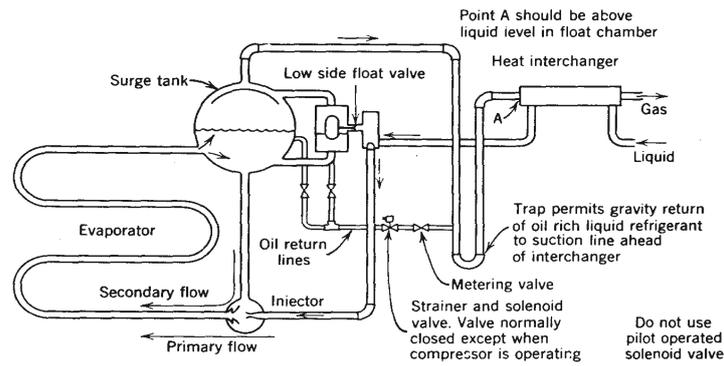
Ada 6 tipe dasar dari katup ekspansi : hand expansion valve, automatic expansion valve, thermostatic expansion valve, capillary tube, low pressure float dan high pressure float.



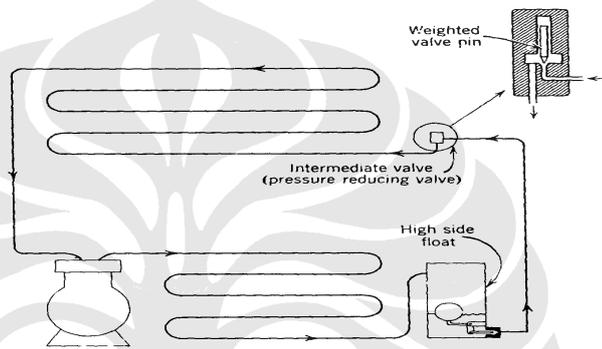
Gambar 2.10. Hand expansion valve dan automatic expansion valve [5]



Gambar 2.11. Thermostatic expansion valve dan pipa kapiler [5]



Gambar 2.12. Low pressure float [5]



Gambar 2.13. High pressure float [5]

2.3.2.5 Refrigeran

Refrigeran merupakan suatu bahan yang bertindak sebagai media pendingin dengan cara menyerap kalor dari media lain. Jika refrigeran mengalami kenaikan tekanan dengan cara dikompresi, maka temperaturnya akan naik sehingga terjadi perbedaan temperatur yang besar antara refrigeran dengan lingkungan sekitar. Akibatnya, refrigeran dengan mudah melepaskan sebagian kalornya ke lingkungan sehingga fasanya berubah menjadi cair atau dengan istilah lain mengalami kondensasi.

Cara memilih refrigeran :

- a. Titik didih rendah dari temperatur evaporator yang direncanakan.
- b. Tekanan kondensasi rendah.
- c. Tekanan penguapan sedikit lebih tinggi dari tekanan lingkungan (bila terjadi kebocoran udara luar tidak masuk ke sistem).
- d. Kalor laten uap yang besar agar evaporator dapat menyerap lebih banyak kalor.

- e. Tidak korosif terhadap logam.
- f. Ramah lingkungan, tidak beracun dan tidak mudah meledak.

Di bawah ini merupakan tabel untuk sistem penomoran untuk semua jenis refrigeran :

Tabel 2-7 ASRE Refrigerant Numbering System [5]

ASRE Standard Refrigerant Designation	Chemical Name	Chemical Formula	Molecular Weight	Boiling Point, C
Halocarbon Compounds				
10	Carbontetrachloride	CCl ₄	153.8	76.8
11	Trichloromonofluoromethane	CCl ₃ F	137.4	26.0
12	Dichlorodifluoromethane	CCl ₂ F ₂	120.9	29.8
13	Monochlorotrifluoromethane	CClF ₃	104.5	- 81.4
13B1	Monobromotrifluoromethane	CBrF ₃	148.9	- 57.8
14	Carbontetrafluoride	CF ₄	88.0	-128.0
20	Chloroform	CHCl ₃	119.4	61.0
21	Dichloromonofluoromethane	CHCl ₂ F	102.9	8.9
22	Monochlorodifluoromethane	CHClF ₂	86.5	40.8
23	Trifluoromethane	CHF ₃	70.0	84.4
30	Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	84.9	40.7
31	Monochloromonofluoromethane	CH ₂ ClF	68.5	8.9
32	Methylene fluoride	CH ₂ F ₂	52.0	- 51.9
40	Methyl chloride	CH ₃ Cl	50.5	238
41	Methyl fluoride	CH ₃ F	34.0	78.3
(50	Methane	CH ₄	16.0	161.7)1
110	Hexachloroethane	CCl ₃ CCl ₃	236.8	185.0
111	Pentachloromonofluoroethane	CCl ₃ CCl ₂ F	220.3	137.0
112	Tetrachlorodifluoroethane	CCl ₂ FCCl ₂ F	203.8	928
112a	Tetrachlorodifluoroethane	CCl ₃ CClF ₂	203.8	91.0
113	Trichlorotrifluoroethane	CCl ₂ FCClF ₂	187.4	47.6
113a	Trichlorotrifluoroethane	CCl ₃ CF ₃	187.4	45.7
114	Dichlorotetrafluoroethane	CClF ₂ CClF ₂	170.9	3.6
114a	Dichlorotetrafluoroethane	CCl ₂ FCF ₃	170.9	3.6
114B2	Dibromotetrafluoroethane	CBrF ₂ CBrF ₂	259.9	47.6
115	Monochloropentafluoroethane	CClF ₂ CF ₃	154.5	38.7
116	Hexafluoroethane	CF ₃ CF ₃	138.0	78.2
120	Pentachloroethane	CHCl ₂ CCl ₃	202.3	162.2
123	Dichlorotrifluoroethane	CHCl ₂ CF ₃	153	28.7
124	Monochlorotetrafluoroethane	CHClFCF ₃	136.5	- 12.0
124a	Monochlorotetrafluoroethane	CHF ₂ CClF ₂	136.5	- 10.0
125	Pentafluoroethane	CHF ₂ CF ₃	120	- 48.3
133a	Monochlorotrifluoroethane	CH ₂ ClCF ₃	118.5	6.1
140a	Trichloroethane	CH ₃ CCl ₃	133.4	73.9
142b	Monochlorodifluoroethane	CH ₃ CClF ₂	100.5	- 11.0
143a	Trifluoroethane	CH ₃ CF ₃	84	- 47.5
150a	Dichloroethane	CH ₃ CHCl ₂	98.9	60.0
152a	Difluoroethane	CH ₃ CHF ₂	66	- 24.7
160	Ethyl chloride	CH ₃ CH ₂ Cl	64.5	12.2
(170	Ethane	CH ₃ CH ₃	30	- 88.6)1
218	Octafluoropropane	CF ₃ CF ₂ CF ₃	188	- 38.0
(290	Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	- 42.3)1

Tabel 2-7 (Lanjutan...)

ASRE Standard Refrigerant Designation	Chemical Name	Chemical Formula	Molecular Weight	Boiling Point, C
Cyclic Organic Compounds				
C316	Dichlorohexafluorocyclobutane	C ₄ Cl ₂ F ₆	233	60.0
C317	Monochloroheptafluorocyclobutane	C ₄ ClF ₇	216.5	25.0
C318	Octafluorocyclobutane	C ₄ F ₈	200	- 6.1
Azeotropes				
500	Refrigerants-12/152a 73.8/26.2 wt %	CCl ₂ F ₂ /CH ₃ CHF ₂	99.29	- 33.3
501	Refrigerants-22/12 75/25 wt %	CHClF ₂ /CCl ₂ F ₂	93.1	- 41.1
502	Refrigerants-11 /115 48.8/51.2 wt %	CHClF ₂ /CClF ₂ CF ₃	112	- 45.6
Miscellaneous Organic Compounds				
Hydrocarbons				
50	Methane	CH ₄	16.0	-161.7
170	Ethane	CH ₃ CH ₃	30	- 88.6
290	Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	- 42.3
600	Butane	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	58.1	0.4
601	Isobutane	CH(CH ₃) ₃	58.1	10.0
(1150)	Ethylene	CH ₂ = CH ₂	28.0	103.9) ²
(1270)	Propylene	CH ₃ CH=CH ₂	42.1	47.6) ²
Oxygen Compounds				
610	Ethyl ether	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	74.1	34.6
611	Methyl formate	HCOOCH ₃	60.0	31.8
Sulfur Compounds				
620				
Nitrogen Compounds				
630	Methyl amine	CH ₃ NH ₂	31.1	- 6.5
631	Ethyl amine	C ₂ H ₅ NH ₂	45.1	16.6
Inorganic Compounds				
717	Ammonia	NH ₃	17	- 33.3
718	Water	H ₂ O	18	100
729	Air		29	-194.4
744	Carbon dioxide	CO ₂	44	- 78.3 (subl.)
744A	Nitrous oxide	N ₂ O	44	- 88.3
764	Sulfur dioxide	SO ₂	64	- 10.0

* Carrier Corp. Document 2-D-127, P. 1.

Tabel 2-7 (Lanjutan...)

ASRE Standard Refrigerant Designation	Chemical Name	Chemical Formula	Molecular Weight	Boiling Point, C
Unsaturated Organic Compounds				
1112a	Dichlorodifluoroethylene	$\text{CCl}_2=\text{CF}_2$	133	19.4
1113	Monochlorotrifluoroethylene	$\text{CClF}=\text{CF}_2$	116.5	- 26.8
1114	Tetrafluoroethylene	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	100	- 76.1
1120	Trichloroethylene	$\text{CHCl}=\text{CCl}_2$	131.4	86.1
1130	Dichloroethylene	$\text{CHCl}=\text{CHCl}$	96.9	47.8
1132a	Vinylidene fluoride	$\text{CH}_2=\text{CF}_2$	64	- 83.9
1140	Vinyl chloride	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	62.5	- 13.9
1141	Vinyl fluoride	$\text{CH}_2=\text{CHF}$	46	- 72.2
1150	Ethylene	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	28.0	-103.9
1270	Propylene	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	42.1	- 47.6

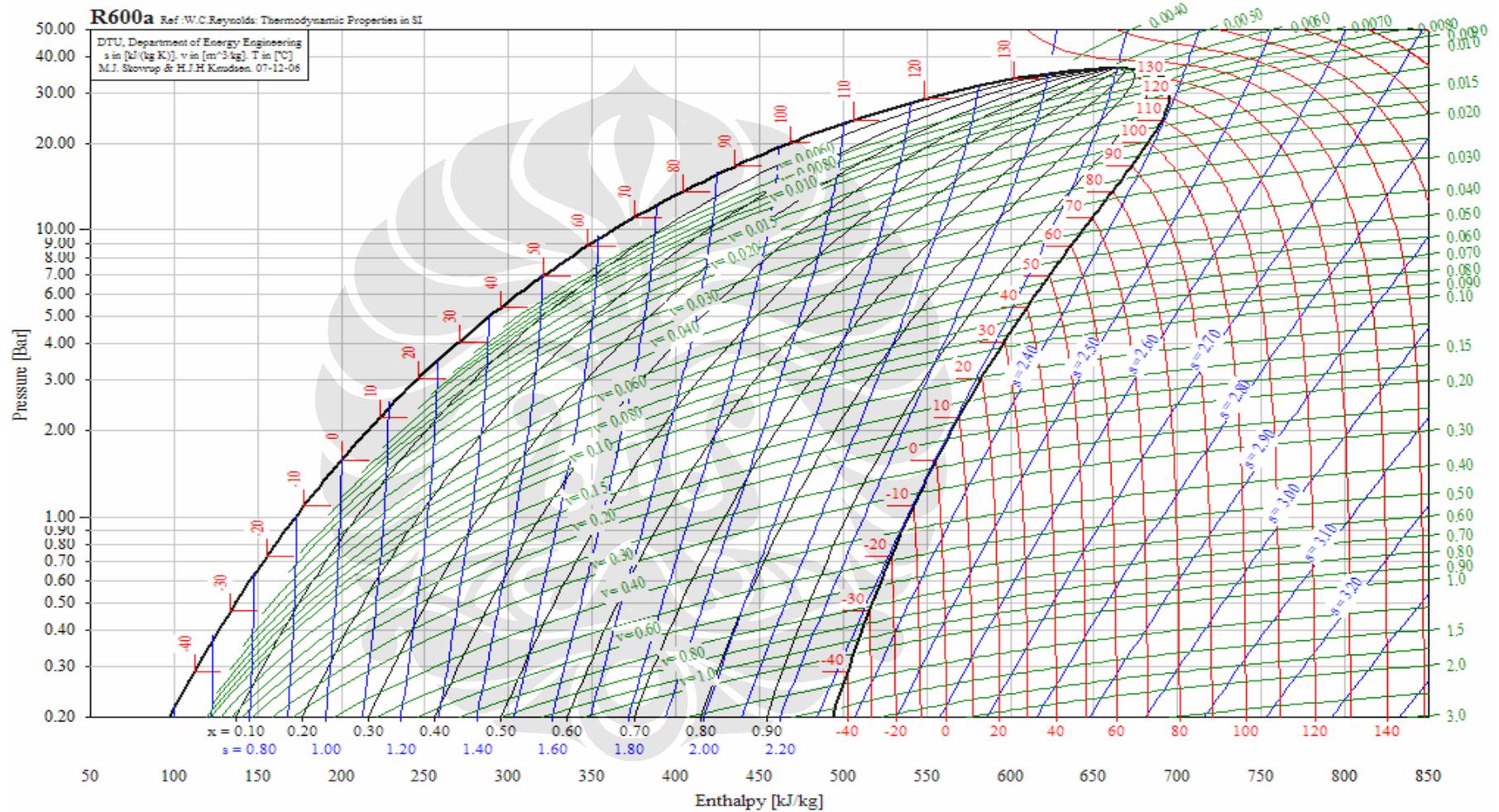
1. The compounds methane, ethane, and propane appear in the halocarbon section in their proper numeral positions, but in parentheses aside, these products are not halocarbons.

2. The compounds ethylene and propylene appear in the hydrocarbon section as parenthetical items in order to indicate that these compounds are hydrocarbons. Ethylene and propylene are properly identified under Unsaturated Organic Compounds.

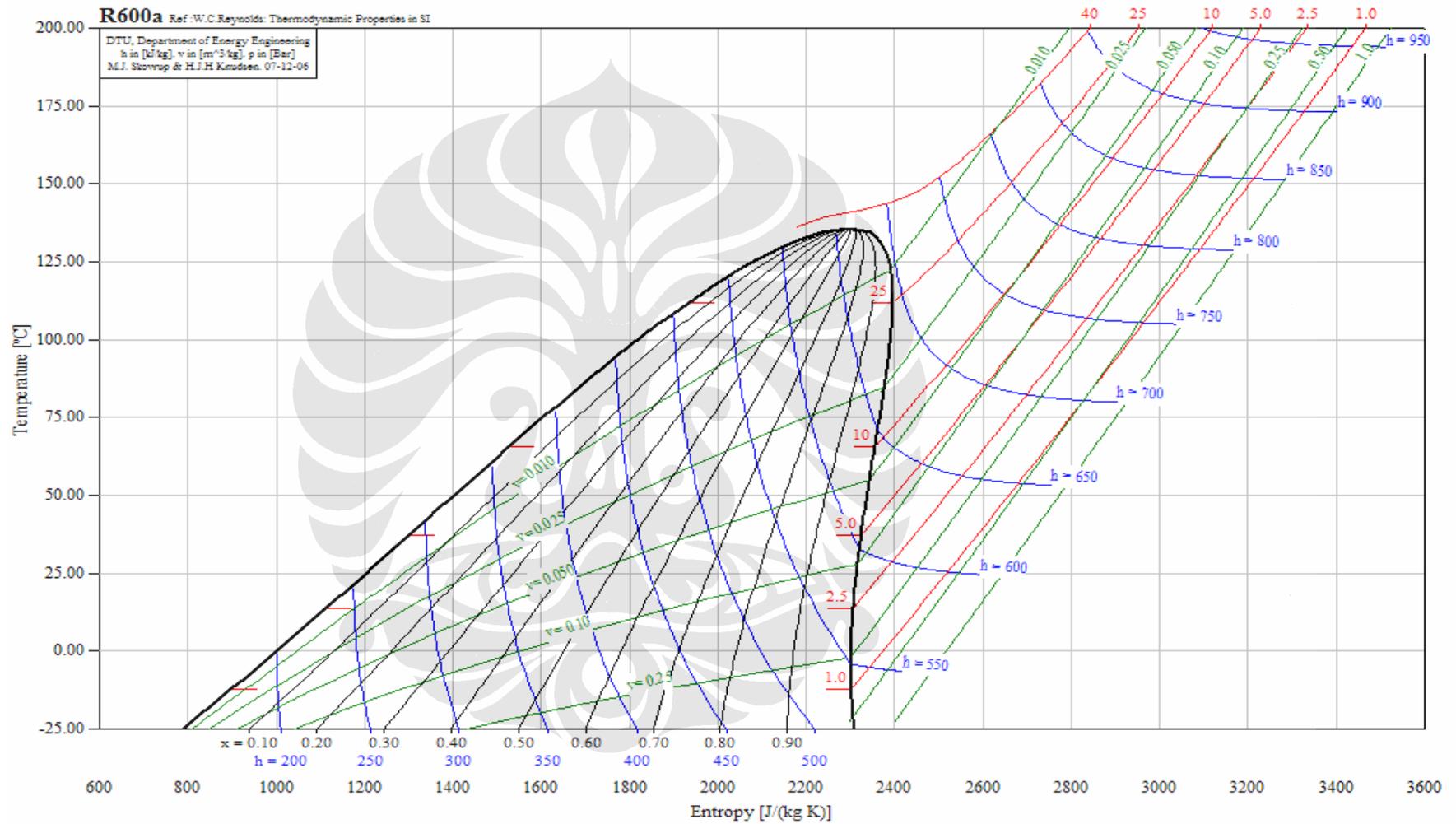
Adapted from the ASRE Data Book, Design Volume, 1957-58 Edition, by permission of the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

Karakteristik refrigeran yang mengalami berbagai proses secara terus menerus dan berubah pada tiap-tiap proses di dalam suatu siklus digambarkan dalam diagram. Diagram ini dikenal dengan diagram P-h (Pressure-Enthalpy). Selain diagram P-h ada juga diagram lain yang menggambarkan karakteristik refrigeran dalam suatu siklus yaitu diagram T-s (Temperature-Entropy). Diagram P-h dan diagram T-s sering digunakan untuk menganalisa siklus refrigerasi.

Pada diagram P-h (gambar 2-14), grafik dibagi menjadi 3 bagian yang terpisah satu sama lainnya. Bagian-bagian tersebut adalah bagian saturasi cair, saturasi uap dan bagian campuran. Sebelah kiri grafik merupakan daerah subcooled, daerah di mana fasa refrigeran cair. Sebelah kanan grafik merupakan daerah superheat, daerah di mana fasa refrigeran uap. Di tengah grafik merupakan daerah campuran, di mana refrigeran mempunyai fasa cair dan uap.



Gambar 2.14. Diagram P-h untuk Refrigeran R-600a



Gambar 2.15 Diagram T-s untuk refrigeran R-600a