

ANALISA PERFORMANSI REFRIGERATOR *DOUBLE SYSTEM*

Ahmad Farid* dan Royan Hidayat

Program Studi Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal

Jl. Halmahera KM. 01, Mintaragen, Tegal

*Email: mesinfutps@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung dan menganalisa kinerja/ performance refrigerator one system - double system sehingga dapat diketahui mana yang lebih efisien dan lebih hemat energi/listrik. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu dengan melakukan rancang bangun refrigerator dengan dua/double system yang bekerja pada refrigerator pada waktu yang bersamaan. Data yang diperoleh dari percobaan dengan variasi waktu pengambilan data dari menit ke 1 sampai ke-300, kemudian diukur tingkat konsumsi listriknya dan koefisien of performancenya (COP). Hasil pengujian yang dilakukan pada refrigerator double system diperoleh data bahwa pada masing-masing system mempunyai COP 2,73 dan 2,9 sedangkan pada refrigerator single system diperoleh COP 2,7. Adapun untuk konsumsi energy untuk double system 2,1 kWh/24 jam sedangkan untuk single system 2,4 kWh/24 jam. Jadi refrigerator double system memiliki konsumsi listrik lebih rendah 8,6% dan juga memiliki kecepatan pendinginan yang relative lebih singkat dan memiliki system cadangan.

Kata kunci : *Refrigerator, double system, performance*

PENDAHULUAN

Refrigerator double system adalah sistem pendingin yang terdiri dari dua sistem refrigerasi kompresi uap. Sistem ini di rancang dan dibuat untuk menghasilkan sistem pendingin dengan kemampuan pendinginan yang relatif lebih singkat daripada sistem pendingin biasa atau refrigerator yang terdapat di pasaran. Es krim adalah makanan yang mudah rusak dan tidak dapat bertahan di temperatur lingkungan dalam waktu lama. Penyimpanan es krim yang baik memerlukan sistem pendingin berkapasitas tinggi dan memiliki konsumsi energi tinggi pula. *Refrigerator double system* akan memberikan solusi penyimpanan bahan makanan tersebut dengan konsumsi energi yang relatif lebih rendah.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka pada penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- Bagaimana konsumsi energi *refrigerator double system*?
- Apakah penggunaan *refrigerator double system* lebih optimal?

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan variabel pada konsumsi daya listrik pada pemakaian refrigerator double system terhadap tingkat penggunaan energi.

Sedangkan manfaat dari penelitian ini selain untuk mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi daya listrik terhadap

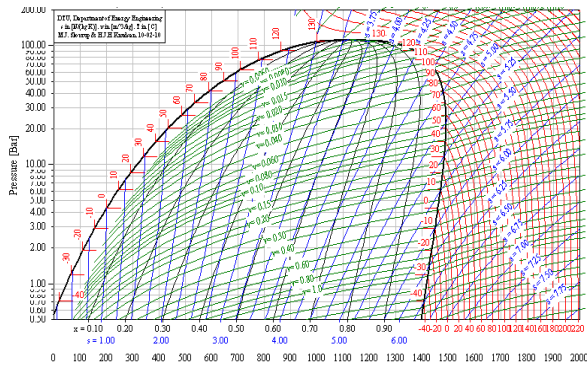
pengaturan pemakaian refrigerator double system, manfaat lain adalah untuk dapat menghitung dan menganalisa performance refrigerator dengan aplikasi software coolpack. Selain itu dapat bermanfaat untuk meningkatkan pengetahuan lebih lanjut khususnya Teknik Refrigerasi & AC dan perpindahan kalor.

Teori

Pada prinsipnya, sistem refrigerasi kompresi uap sesuai dengan namanya merupakan sistem yang mempergunakan kompresor sebagai alat kompresi refrigeran, yang dalam keadaan bertekanan rendah akan menyerap kalor dari tempat yang didinginkan, kemudian masuk pada sisi penghisap (*suction*) dimana uap refrigeran tersebut ditekan didalam kompresor sehingga berubah menjadi uap bertekanan tinggi yang dikeluarkan pada sisi keluaran (*discharge*). Dari proses ini kita menentukan sisi bertekanan tinggi dan sisi bertekanan rendah.

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan suatu sistem yang memanfaatkan aliran perpindahan kalor melalui refrigeran. Proses utama dari kompresi uap adalah (Dossat, 1981) : proses kompresi, proses kondensasi, proses ekspansi dan proses evaporasi.

Seluruh proses diatas dapat ditelusuri dengan menggunakan diagram tekanan-entalpi yang dikenal sebagai diagram Mollier seperti dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram p-h R 134 a (sumber software coolpack)

Siklus Kompresi Uap Gas Ideal

Sistem refrigerasi kompresi uap ideal mengacu kepada konsep dari sistem Carnot dimana pada sistem ini akan diperoleh jumlah energi masuk yang digunakan akan sama dengan energi yang diperoleh untuk dimanfaatkan. Pada kondisi semacam ini tidak ada perubahan berarti yang mempengaruhi unjuk kerja sistem. Akan tetapi siklus ideal ini dapat menghasilkan efisiensi yang tinggi, yang tidak dapat dilampaui oleh siklus refrigerasi kompresi uap aktual.

Siklus refrigerasi kompresi uap ideal ini perlu diketahui karena :

- Sebagai siklus refrigerasi standar.
- Sebagai pemberi petunjuk bahwa temperatur-temperatur siklus refrigerasi perlu dijaga agar menghasilkan efisiensi maksimum.

Akan tetapi kondisi yang akan diraih dengan konsep ideal ini tidak dapat tercapai. Jumlah energi yang masuk tidak dapat seluruhnya diubah menjadi energi yang diperoleh untuk dimanfaatkan. Secara teoritis dihitung melalui COP (*coefficient of performance*), yaitu :

Kondisi yang akan dicapai oleh sistem refrigerasi kompresi uap ideal adalah jumlah energi yang masuk sama dengan energi yang diperlukan untuk melakukan kerja ditentukan oleh $COP=1$. kenyataannya efek refrigerasi selalu lebih besar dari pada kerja kompresi yang mengakibatkan $COP>1$. dengan kata lain kondisi ideal siklus Carnot tidak tercapai. Pada Gambar 2 melihat siklus refrigerasi kompresi uap:

- *Proses Evaporasi (penguapan).*

Proses ini terjadi di evaporator, Pada proses evaporasi refrigeran yang keluar dari katup

ekspansi berfasa cair dan refrigeran yang masuk ke evaporator akan mengalami perubahan fasa menjadi uap, proses perubahan fasa dari cair menjadi uap akan memerlukan kalor, sehingga kalor yang terdapat pada kabin akan diserap untuk keperluan penguapan refrigeran yang mengakibatkan kabin menjadi dingin.

- *Proses Kompresi*

Proses ini terjadi dikompresor gaya gesek kompresor mempunyai efisiensi tersendiri, fasa yang masuk ke kompresor adalah uap jenuh, dengan tekanan dan temperatur yang rendah. Kerja diberikan pada refrigeran dengan cara di kompresi agar tekanannya naik sehingga temperaturnya pun ikut naik (titik didih naik). Pada fasa ini uap refrigeran berubah menjadi fasa uap superheat yang keluar dari kompresor dengan bertekanan tinggi.

Disini, temperatur refrigeran lebih tinggi dari temperatur lingkungan tempat kompresor tersebut ditempatkan. Refrigeran mengalami kompresi secara reversibel dan isentropik, dengan asumsi bahwa :

- Tidak ada gesekan di kompresor.
- Tidak terjadi pertukaran panas antara refrigeran dan kompresor.
- *Proses kondensasi*

Proses ini terjadi di kondenser, karena temperatur refrigeran lebih tinggi daripada temperatur lingkungan, maka kalor dari refrigeran panas akan dilepas melalui dinding pipa kondenser ke lingkungan sekitar. Proses pelepasan atau perpindahan kalor secara konveksi dari refrigeran ini dapat dilakukan secara konveksi alami/bebas maupun secara konveksi paksa. Pada saat uap refrigeran yang berasal dari discharge kompresor masuk kondenser maka uap superheat tersebut sebelumnya akan mengalami desuperheating akibatnya temperaturnya akan menjadi jenuh dan siap diembunkan pada keadaan saturasi didalam didalam kondenser. Selama dalam kondenser, baik tekanan ataupun temperatur akan tetap berharga tinggi (konstan), namun refrigerannya akan berubah fasa menjadi fasa cair.

- *Proses ekspansi*

Proses ini terjadi di katup ekspansi, setelah refrigeran melepas kalor di kondenser, refrigeran berfasa cair yang berasal dari kondenser akan mengalir menuju katup ekspansi untuk diturunkan tekanan dan temperaturnya. Diharapkan temperatur yang akan terjadi lebih rendah dari pada temperatur

lingkungan, sehingga dapat menyerap kalor pada saat berada di evaporator. Dalam proses ekspansi ini tidak terjadi proses penerimaan ataupun pelepasan energi (entapi konstan).

Siklus Kompresi Uap Aktual

Seperti yang telah dijelaskan di atas, kondisi yang ideal berbeda dengan kondisi yang sebenarnya (aktual). Energi yang digunakan tidak seluruhnya diubah menjadi energi kerja. Hal ini disebabkan karena adanya drop tekanan. Drop tekanan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

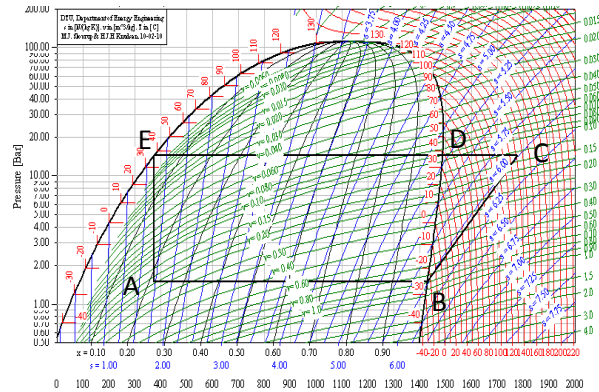
- Adanya partikel-partikel asing dalam sistem, seperti bram, kotoran, dan sebagainya.
- Panjangnya sistem sehingga tekanan berkurang di tengah jalan.
- Penambahan komponen-komponen yang jelas menyita tekanan sistem.
- Banyaknya belokan pipa.
- Penyambungan pipa yang tidak sempurna.

Dalam siklus aktual, komponen-komponen pembantu seperti penyaring refrigeran (*filter*), pengering kualitas refrigeran (*dryer*), penukar panas (*heat exchanger*), dan lain-lain. Ditambahkan guna memperoleh faktor unjuk kerja sistem yang lebih baik, dengan semakin tingginya COP maka cara kerja sistem akan semakin meningkat dengan kata lain proses pendinginan akan lebih cepat.

Semua komponen tersebut yang mempunyai paling banyak pengaruh terhadap *drop* tekanan adalah *heat exchanger*. *Heat exchanger* menyebabkan gesekan frontal antara keluaran evaporator yang dingin dan bertekanan rendah. Suhu yang rendah akan naik demikian pula sebaliknya, hal ini terjadi pada tekanan.

Kompresor akan menerima refrigeran dengan tekanan yang lebih rendah dari pada jika tidak menggunakan *heat exchanger*. Akibatnya beban kerja kompresor akan naik dengan catatan jika demikian maka suhu evaporator lebih rendah atau kondisi lingkungan lebih dingin.

Adapun proses kerja sistem yang aktual, dengan yang ideal adalah sama, hanya sistem aktual pada *liquid line*-nya, yaitu saluran antara kondenser dengan komponen pengekspansi, ditambahkan komponen-komponen seperti yang telah disebutkan tadi. Khusus untuk penukar kalor, *liquid line* tersebut digabungkan dengan *suction line* kompresor.



Gambar 2 Siklus Refrigerasi kompresi uap
(sumber software coolpack)

Keterangan :

B – C: Proses kompresi (isentropis) , Proses ini terjadi di kompresor.

Kerja yang dilakukan adalah:

$$W = m_{\text{ref}} (h_c - h_b) \quad (1)$$

C – E :Proses kondensasi (Isobar), Proses ini terjadi di condenser.

Besarnya kalor yang dilepas oleh refrigerant ke air dari cooling water adalah

$$Q_c = m_{\text{ref}} (h_c - h_e) \quad (2)$$

E – A : Proses ekspansi (Isentalphi), Proses isentalphi terjadi di katup ekspansi.

A – B : Proses evaporasi (Isobar dan isothermal), Proses ini terjadi di evaporator (economizer) , adapun kalor yang diserap refrigerant dari ammonia pada storage adalah :

$$Q_e = m_{\text{ref}} (h_b - h_a) \quad (3)$$

Untuk perhitungan performansi / prestasi siklus refrigerasi maka dikenal COP (Coefficient of Performance), Nilai COP dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{refrigerasi}} &= \frac{\text{Efekrefrigerasi}}{\text{Kerjakompresi}} \\ &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_3} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{COP}_{\text{carnot}} = \frac{T_e}{T_c - T_e} \quad (5)$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{CoP_{Refrigerasi}}{COP_{Carnot}} \quad (6)$$

METODE PENELITIAN

Studi literatur merupakan proses pengumpulan informasi yang berkaitan dengan materi bahasan yang berasal dari buku-buku, jurnal yang berasal dari dosen maupun perpustakaan.

Simulasi sistem refrigerasi: Proses ini meliputi simulasi terhadap satu mesin dan double mesin sistem refrigerasi dan membandingkan kinerjanya.

Perancangan refrigerator double system: Perancangan ini meliputi perancangan terhadap alat yang akan digunakan dan sistem kerja alat. Pengadaan alat: Proses ini meliputi persiapan dan pembelian terhadap alat-alat yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian seperti kompresor, pipa, kawat las, pressure gage, termometer digital, Kwh meter digital dan termostat digital.

Perbaikan alat uji dilakukan untuk mengembalikan dan meningkatkan kondisi alat lama, sehingga dapat bekerja normal dan pengujian dapat dilakukan. Perbaikan dilakukan seperti sambungan pipa, tes kebocoran refrigeran dan perbaikan bagian evaporator.

Pengujian system: Pengujian dilakukan dengan memperhatikan data dan indikator seperti pressure gage, termometer digital, amper meter, volt meter untuk mengetahui performa sistem secara keseluruhan. Proses pengujian meliputi proses kalibrasi alat ukur, pengambilan data melalui alat indikator dan mengukur performa sistem refrigerasi



Gambar 3. Alat Pengujian Refrigerator

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian

Berikut adalah table hasil pengujian:

Tabel 1. Data Penelitian Refrigerator Double System untuk system ke-1

menit ke-	Temperatur (C)							Tekanan (psi)		A	V
	T kabin	T produk	T d	T s	T oc	T oE	T L	discharge	suction		
0	29	21	22	22	22	21	30	55	55	0	0
10	10	19	33	15	23	8	30	170	4	1,3	216
20	-1	13	43	15	25	8	30	170	3	1,3	216
30	-2	9	47	14	27	0	30	173	2	1,3	216
40	-5	6	49	14	27	-1	30	173	2	1,3	216
50	-7	5	53	13	27	-6	30	173	2	1,3	216
60	-9	3	58	13	28	-5	30	173	2	1,3	216
70	-10	0	58	13	28	-16	30	173	2	1,3	216
80	-11	0	58	12	28	-19	30	180	2	1,3	216
90	-12	-1	58	11	28	-20	30	180	1	1,3	216
100	-13	-2	58	9	28	-20	30	180	1	1,3	216
110	-13	-4	57	9	28	-20	30	180	1	1,3	216
120	-13	-4	57	8	28	-21	30	180	1	1,3	216
130	-13	-4	58	8	28	-21	30	180	1	1,3	216
140	-7	-5	58	8	28	-21	30	180	1	0	216
150	-11	-3	35	25	26	-15	30	32	30	0	216
157	-13	-2	41	23	24	-18	30	140	4	2,2	216
170	-6	-3	51	16	26	-20	30	173	2	1,3	216
180	-11	-4	56	12	28	-20	30	173	2	1,3	216
186	-13	-5	57	11	29	-21	30	170	13	0	216
200	-7	-3	32	32	24	-17	30	30	30	0	216
210	-11	-3	50	17	25	-19	30	173	2	2,2	216
220	-13	-2	56	14	28	-20	30	173	2	1,3	216
230	-11	-4	57	12	29	-20	30	173	2	1,3	216
240	-13	-5	58	9	29	-21	30	170	30	0	216
250	-13	-4	58	9	28	-21	30	30	2	0	216
260	-13	-3	59	9	28	-22	30	173	2	2,2	216
270	-13	-3	59	8	29	-22	30	173	2	1,3	216
280	-13	-4	59	8	29	-22	30	173	2	1,3	216
290	-13	-5	58	9	29	-22	30	170	30	0	216
300	-13	-3	59	8	29	-22	30	173	2	1,3	216

Pada sistem 1, thermostat disetting dengan *set point* atas -8 C dan *set point* bawah -11 C, *setting* temperatur ini akan menyebabkan sistem 1 akan mati setelah temperatur kabin mencapai -11 C dan akan hidup kembali ketika temperatur kabin lebih dari -8 C. Sistem 1 ini dapat disebut sebagai sistem pembantu dalam penurunan temperatur yang cepat atau mempersingkat *cooling time*. Mula-mula temperatur kabin akan diturunkan oleh dua sistem sekaligus, setelah temperatur kabin pada sistem 1 mencapai nilai *set point* maka penurunan temperatur pada kabin akan dilakukan oleh satu sistem saja yaitu sistem 2. Sedangkan pada sistem 2, thermostat di setting dengan *set point* atas -11 C dan *set point* bawah -13 C, *setting* temperatur ini akan menyebabkan sistem 1 akan mati setelah temperatur mencapai -13 C dan akan hidup kembali ketika temperatur kabin lebih dari -11 C. Sistem 2 ini dapat disebut sebagai sistem pokok dalam penurunan temperatur. Sebagian besar sistem refrigerasi tidak dilengkapi dengan sistem cadangan, pada *refrigerator double system* dilengkapi dengan sistem cadangan tersebut, Sehingga jika terjadi kerusakan pada salah satu sistem maka *refrigerator double system* masih tetap dapat menjaga temperatur makanan yang tersimpan dalam kabin pendingin

Tabel 2. Data Penelitian Refrigerator Double System untuk system ke-2

menit ke-	Temperatur (C)							Tekanan (psi)		A	V
	T kabin	T produk	Td	Ts	ToC	ToE	TL	discharge	suction		
0	29	22,8	29	29	29	29	30	70	69	0	0
10	10	17,6	40,1	16,8	25,3	8,9	30	175	2	1,3	216
20	-1	13	45,9	16,6	26,9	5,2	30	165	3	1,3	216
30	-2	9,8	48	17,1	26,9	5,1	30	165	3	1,3	216
40	-5	7,2	49,1	16,9	27,3	1,1	30	165	3	1,3	216
50	-7	4,9	50,6	16,5	27,6	-3,2	30	165	3	1,3	216
60	-9	2,8	50,8	15,9	27,2	-9,1	30	165	3	1,3	216
70	-10	0,9	50,2	15,4	26,9	-10,9	30	165	3	1,3	216
80	-11	0	50,7	14,6	27,4	-12,3	30	160	3	1,3	216
90	-12	-3,8	50,8	14,2	27,4	-13	30	160	3	1,3	216
100	-13	-6	50,5	13,6	27,3	-13,3	30	160	3	1,3	216
110	-13	-6,1	50,1	12,3	27,2	-13,6	30	160	2	1,2	216
120	-13	-6	49,8	12,3	27	-14	30	160	1	1,2	216
130	-13	-6,1	49,2	12,3	27	-11,1	30	100	20	0	216
140	-7	-3,4	32,5	24,7	23,3	2,2	30	125	30	2,2	216
150	-11	-5,3	48,6	15,8	26,9	-11	30	160	2	1,2	216
160	-13	-5,7	46,8	13,9	26,7	-7,3	30	125	10	0	216
170	-6	-3,2	30	25,9	22,8	1,8	30	150	2	2,2	216
180	-11	-5,3	47,2	14	25,8	-11,7	30	160	2	1,2	216
190	-13	-6	48,1	13	27	-10	30	100	10	0	216
200	-7	-3,4	32,5	24,7	22,8	2,2	30	125	2	2,2	216
210	-11	-5,3	47,2	14	25,8	-11,7	30	160	2	1,2	216
220	-13	-6,2	47,5	13,5	26,7	-9,5	30	100	10	0	216
230	-13	-5,3	48,6	15,8	26,9	-11	30	160	2	1,2	216
240	-13	-5,7	46,8	13,9	26,7	-7,3	30	125	10	0	216
250	-13	-3,2	30	25,9	22,8	1,8	30	150	2	2,2	216
260	-13	-5,3	47,2	14	25,8	-11,7	30	160	2	1,2	216
270	-13	-6	48,1	13	27	-10	30	100	10	0	216
280	-13	-3,4	32,5	24,7	22,8	2,2	30	125	2	2,2	216
290	-13	-5,3	47,2	14	25,8	-11,7	30	160	2	1,2	216
300	-13	-6,2	47,5	13,5	26,7	-9,5	30	100	10	0	216

Keterangan: warna merah berarti system mati

Adapun pada *single system* ini sistem yang bekerja hanya satu sistem saja, thermostat disetting dengan *set point* atas -11 C dan *set point* bawah -13 C, *setting* temperatur ini akan menyebabkan sistem akan mati setelah temperatur kabin mencapai -13 C dan akan hidup kembali ketika temperatur kabin lebih dari -11 C. Pada *single system* ini set point temperatur tidak tercapai, sistem hanya dapat menurunkan temperatur kabin sampai -4C, sehingga sistem akan terus bekerja. Dengan hal ini maka dengan menggunakan satu sistem akan mengakibatkan penurunan temperatur yang lambat dan umur kompresor yang relatif lebih singkat karena sistem bekerja terus menerus. Kerusakan pada sistem akan mengakibatkan rusaknya makanan yang tersimpan dalam kabin pendingin karena tidak dilengkapi dengan sistem cadangan

Tabel 3. Data Penelitian Refrigerator Single System

menit ke-	Temperatur (C)							Tekanan (psi)		A	V
	T kabin	T produk	T d	T s	ToC	ToE	TL	discharge	suction		
0	29	21	29	29	29	29	30	55	55	0	0
10	28	21	26	20	23	29	30	170	4	1,3	216
20	27	21	30	17	25	26	30	170	3	1,3	216
30	26	22	34	17	27	25	30	175	2	1,3	216
40	24	22	39	14	27	23	30	175	2	1,3	216
50	22	22	42	13	27	20	30	175	2	1,3	216
60	21	22	45	13	28	19	30	175	2	1,3	216
70	19	20	49	13	28	17	30	175	2	1,3	216
80	16	17	50	12	28	15	30	180	2	1,3	216
90	12	15	58	13	28	10	30	180	1	1,3	216
100	8	10	58	9	28	7	30	180	1	1,3	216
110	6	9	57	9	28	4	30	180	1	1,3	216
120	4	7	57	8	28	3	30	180	1	1,3	216
130	3	6	58	8	28	2	30	180	1	1,3	216
140	2	4	58	8	28	1	30	180	1	1,3	216
150	0	4	58	8	26	-1	30	180	1	1,3	216
160	-1	2	58	9	24	-2	30	180	1	1,3	216
170	-2	0	58	9	26	-4	30	190	1	1,3	216
180	-3	0	58	9	28	-5	30	190	1	1,3	216
186	-3	-1	58	9	29	-5	30	190	1	1,3	216
200	-3	-2	58	9	24	-5	30	190	1	1,3	216
210	-3	-2	58	8	25	-6	30	190	1	1,3	216
220	-4	-2	58	9	28	-5	30	180	1	1,3	216
230	-4	-2	57	9	29	-5	30	190	1	1,3	216
240	-4	-2	58	9	29	-5	30	190	1	1,3	216
250	-4	-2	58	9	28	-5	30	190	1	1,3	216
260	-4	-2	59	9	28	-5	30	190	1	1,3	216
270	-4	-2	59	8	29	-5	30	190	1	1,3	216
280	-4	-2	59	8	29	-5	30	190	1	1,3	216
290	-4	-2	58	9	29	-5	30	190	1	1,3	216
300	-4	-2	58	9	28	-5	30	190	1	1,3	216

Pembahasan

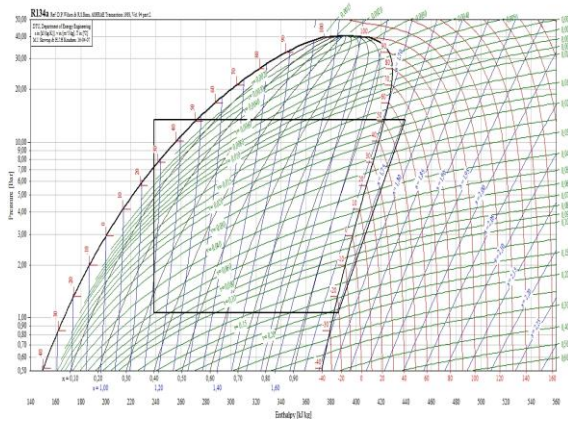
a. Diagram p-h Sistem 1 (*double system*)

Plot data dengan menggunakan software Coolpack.

Data yang dimasukan antara lain ,Discharge gas pressure (*Condensing Temperature*), Suction gas pressure (*Evaporating Temperature*), Temperatur output kondensor (*Subcooled*) dan temperatur output evaporator (*Superheat*).

Tekanan discharge (Pd) dan tekanan suction (Ps) yang terbaca dalam pressure gauge harus dijadikan tekanan absolute, Untuk itu ditambah dengan nilai 1 bar pada setiap nilai tekanan yang terbaca sehingga masing-masing bernilai lebih 1 bar dari awal pembacaan pada alat ukur.

$$\begin{aligned}
 Pd &= 12.41 \text{ Bar} + 1 \text{ Bar} = 13.41 \text{ Bar} \\
 Ps &= 0.069 \text{ Bar} + 1 \text{ Bar} = 1.069 \text{ Bar} \\
 \text{Subcooled} &= 28^\circ \text{C} \\
 \text{Superheat} &= -2^\circ \text{C}
 \end{aligned}$$



Gambar 4 : Diagram p-h sistem 1 (double system)

Evaporating Temperature (T_e) dan Condensing Temperature didapat dari plot software dengan pembacaan “show info” Pada system:

Evaporating Temperature : $-24,96\text{ }^{\circ}\text{C}$

Condensing Temperature : $50,70\text{ }^{\circ}\text{C}$

h_1 , h_2 , h_3 , dan h_4 didapat dari plot software dengan pembacaan “coordinates of points” pada siklus yang terbentuk.

$h_1 = 385,442\text{ kJ/kg}$

$h_2 = 439,206\text{ kJ/kg}$

$h_3 = h_4 = 238,582\text{ kJ/kg}$

Merujuk pada persamaan (1), Besarnya kerja kompresi pada system refrigerasi didapat nilai besaran hasil dari perhitungan

$$\begin{aligned} W (\text{Kerja Kompresi}) &= h_2 - h_1 \\ &= 439,206\text{ kJ/kg} - 385,442\text{ kJ/kg} \\ &= 53,764\text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Pada persamaan (2) besarnya kalor yang dilepas di kondensor didapat dari pengurangan $h_2 - h_3$

$$\begin{aligned} Q_c &= h_2 - h_3 \\ &= 439,206\text{ kJ/kg} - 238,582\text{ kJ/kg} \\ &= 200,624\text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator di dapat dari pengurangan $h_1 - h_4$

$$\begin{aligned} Q_e &= h_1 - h_4 \\ &= 385,442\text{ kJ/kg} - 238,582\text{ kJ/kg} \\ &= 146,86\text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pressure Ratio} &= \frac{P_d}{P_s} \\ &= \frac{13,41}{1,069} \\ &= 12,54 \end{aligned}$$

Pada persamaan (4) maka didapat nilai COP refrigerasi

$$\begin{aligned} \text{COP refrigerasi} &= \frac{Q_e}{W} \\ &= \frac{146,86}{53,764} \\ &= 2,73 \end{aligned}$$

Pada persamaan (5) maka didapat nilai COP carnot

$$\begin{aligned} \text{COP Carnot} &= \frac{T_e}{T_c - T_e} \\ &= \frac{248,04\text{ K}}{323,7\text{ K} - 248,04\text{ K}} \\ &= \frac{248,04\text{ K}}{75,66\text{ K}} \\ &= 3,28 \end{aligned}$$

Pada persamaan (2-6) dapat dihitung besar nilai efisiensi dari system, Jadi efisiensi dari sistem 1 (double system) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{\text{COP Re frigerasi}}{\text{COP carnot}} \times 100\% \\ &= \frac{2,73}{3,28} \times 100\% \\ &= 0,83 \times 100\% \\ &= 83\% \end{aligned}$$

b. Diagram p-h Sistem 2 (double system)

Plot data dengan menggunakan software Coolpack.

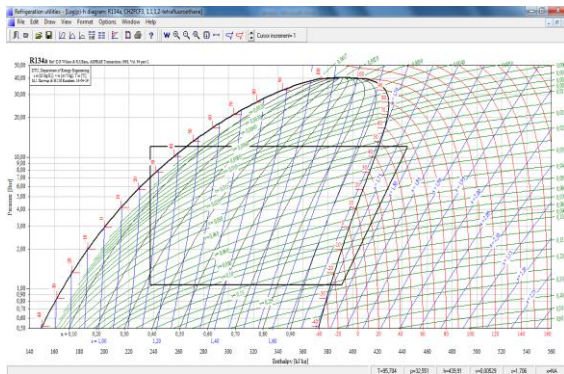
Data yang dimasukan antara lain ,Discharge gas pressure (Condensing Temperature), Suction gas pressure (Evaporating Temperature), Temperatur output kondensor (Subcooled) dan temperatur output evaporator (Superheat). Tekanan discharge (P_d) dan tekanan suction (P_s) yang terbaca dalam pressure gauge harus dijadikan tekanan absolute, Untuk itu ditambah dengan nilai 1 bar pada setiap nilai tekanan yang terbaca sehingga masing-masing bernilai lebih 1 bar dari awal pembacaan pada alat ukur.

$$P_d = 11,03\text{ Bar} + 1\text{ Bar} = 12,03\text{ Bar}$$

$$P_s = 0,069\text{ Bar} + 1\text{ Bar} = 1,069\text{ Bar}$$

$$\text{Subcooled} = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Superheat} = -14\text{ }^{\circ}\text{C}$$



Gambar 5 Diagram p-h sistem 2 (double system)

Evaporating Temperature (T_e) dan Condensing Temperature didapat dari plot software dengan pembacaan "show info" Pada system:

Evaporating Temperature : -24,96 °C

Condensing Temperature : 46.42 °C

COP refrigerasi diperoleh : 2.90

COP Carnot: 3.47

Pada persamaan (2-6) dapat dihitung besar nilai efisiensi dari system, Jadi efisiensi dari sistem 1 (double system) adalah :

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{COP}_{\text{refrigerasi}}}{\text{COP}_{\text{carnot}}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2.90}{3.47} \times 100\% \\ &= 0.83 \times 100\% \\ &= 83\% \end{aligned}$$

Diagram p-h Single System

Plot data dengan menggunakan software Coolpack.

Data yang dimasukan antara lain ,Discharge gas pressure (Condensing Temperature), Suction gas pressure (Evaporating Temperature), Temperatur output kondensor (Subcooled) dan temperatur output evaporator (Superheat).

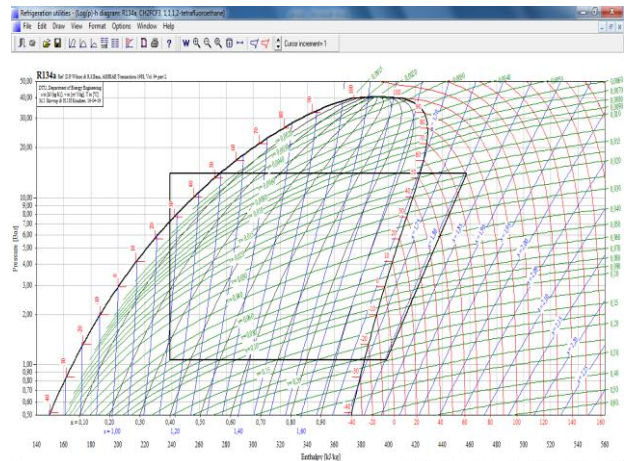
Tekanan discharge (P_d) dan tekanan suction (P_s) yang terbaca dalam pressure gauge harus dijadikan tekanan absolute, Untuk itu ditambah dengan nilai 1 bar pada setiap nilai tekanan yang terbaca sehingga masing-masing bernilai lebih 1 bar dari awal pembacaan pada alat ukur.

$$P_d = 13.1 \text{ Bar} + 1 \text{ Bar} = 14.1 \text{ Bar}$$

$$P_s = 0.069 \text{ Bar} + 1 \text{ Bar} = 1.069 \text{ Bar}$$

$$\text{Subcooled} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Superheat} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Gambar 6: Diagram p-h single system

Evaporating Temperature (T_e) dan Condensing Temperature didapat dari plot software dengan pembacaan "show info" Pada system:

Evaporating Temperature : -24,96 °C

Condensing Temperature : 52.72 °C

COP refrigerasi diperoleh = 2.7

COP Carnot = 3.19

Jadi Efisiensi diperoleh = 84%

Pembahasan Energi

Pengukuran menggunakan KWH meter dengan melakukan operasi sistem selama 24 jam antara menggunakan double system dan single system.

Double system = 2.1 KWH / 24 jam

Single system = 2.3 KWH/24 jam

Selisih KWH = 2.3 - 2.1 = 0.2 KWH

$$\begin{aligned} \text{Persentase selisih} &= \frac{0.2}{2.3} \times 100\% \\ &= 8.6\% \end{aligned}$$

Jadi refrigerator double system memiliki konsumsi energi lebih rendah 8.6% daripada refrigerator single system, refrigerator double system ini juga memiliki kecepatan pendinginan yang relatif lebih singkat dan memiliki sistem cadangan.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian alat, pengambilan data, dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Konsumsi energi refrigerator double system lebih hemat 8.6 % .
2. Penggunaan refrigerator double system lebih optimal karena konsumsi energi lebih kecil sebesar 0.2 KWH setiap 24 jamnya dan memiliki kecepatan pendinginan yang

relative lebih singkat dan memiliki system cadangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dossat. J Roy. (1981). *Principles of Refrigeration Second Edition SI Version*, John Wiley & Son, Texas.
- Handoko. (1987). *Alat Kontrol Mesin Pendingin*, PT. ICHTIAR BARU, Jakarta.
- Jones.W Jerold, (1994). *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.
- Rudatin.T. (1997). *Teknik Reparasi kulkas & AC*, Cv. Bahagia, Pekalongan.
- Moran.Michael J. (1976). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, John Wiley & Son, New York.
- Shan K.W. (2001). *Handbook of air Conditioning and Refrigeration, Second Edition.*, Mc Graw Hill, New York.
- Stoecker,WJ. (1992). *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.
- Zuhal. (1988). *Dasar Teknik Tenaga dan Elektronika Daya*, PT. Gramedia, Jakarta,.
- Arismunandar, W & Saito,H. (2002) *Penyegaran Udara. Edisi keenam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Arora, C.P. (1986). *Refrigeration and Air Conditioning*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi..
- ASHRAE. (2005). *Handbook Fundamental*.