

ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM REFRIGERASI DENGAN DAYA KOMPRESOR 1/5 PK, BERDASARKAN VARIASI SUHU EVAPORATOR

Srihanto

Prodi Teknik Mesin , FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta.

srihanto58@gmail.com

Abstrak

Sistim Refrigerasi adalah suatu mesin yang berfungsi untuk memindahkan energi dari suhu rendah ke suhu lingkungan. Sistim Refrigerasi digunakan untuk menyimpan bahan makanan agar lebih tahan lama dan digunakan untuk keperluan lainnya seperti industri makanan, industri kimia, produksi ikan laut dan lain sebagainya. Komponen utama sistim refrigerasi (mesin pendingin) terdiri dari kompresor, kondensor, katup Expansi dan Evaporator. Selama tidak pernah tahu seberapa besar unjuk kerja mesin pendingin yang digunakan untuk keperluan industri pada suhu evaporator bervariasi sesuai bahan yang di simpan. Sehingga perlu adanya pengujian dan analisa sistim refrigerasi agar mengetahui seberapa besar unjuk kerja sistim refrigerasi yang dimaksud. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengujian mesin untuk mengetahui perbandingan berapa besar kerja kompresor, kalor yang diserap evaporator, serta besar unjuk kerja mesin atau *Coeffisien Of Performance (COP)*. Metode Penelitian yang digunakan adalah melakukan pengujian mesin Refrigerasi 1/2 PK menggunakan *Refrigerant R 134A*, kemudian dilakukan analisa perhitungan dengan berbagai buku refrigerasi maupun aplikasi internet. Sedang pengujian dilakukan pada suhu evaporator 10, 5, -0,5, -10, -12°C. Dari pengujian mesin pendingin tersebut diperoleh nilai kerja kompresor tertinggi pada suhu -12°C yaitu 100 kJ/kg, sedang nilai terendah pada suhu 10°C yaitu 75 kJ/kg. Nilai kalor yang diserap Evaporator tertinggi pada suhu 10°C yaitu 173 kJ/kg, sedang kalor yang diserap mesin pendingin terendah adalah pada suhu -12°C yaitu 170 kJ/kg. Nilai COP tertinggi adalah pada suhu 10°C yaitu 2,3 sedang COP terendah adalah 1,7.

Kata Kunci : unjuk kerja, refrigerasi, kompresor, variasi, evaporator

1. PENDAHULUAN.

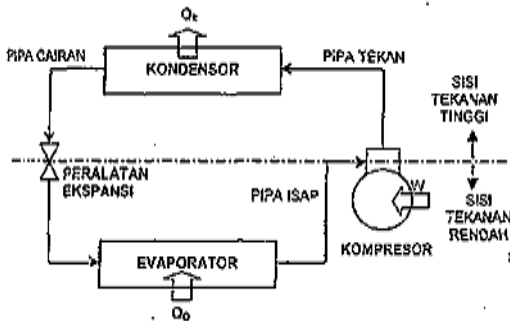
Mesin Pendingin adalah suatu mesin yang berfungsi untuk memindahkan energy dari suhu rendah ke suhu lingkungan. Mesin Pendingin (Refrigerasi) digunakan untuk menyimpan bahan makanan agar lebih tahan lama dan digunakan untuk keperluan lainnya seperti industri makanan, industri kimia, produksi ikan laut dan lain sebagainya. Komponen utama mesin Pendingin(Refrigerasi) adalah kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Mesin pendingin bekerja pada suhu sesuai dengan bahan yang didinginkan. Sehingga tidak pernah tahu seberapa besar energi yang di serap mesin pendingin, besar kerja kompresor maupun unjuk kerja mesin atau Coefisien Of performance (COP). Untuk itu perlu adanya pengujian agar mengetahui unjuk kerja mesin tersebut di atas.

Tujuan dari analisa mesin pendingin ini adalah melakukan pengujian mesin pendingin untuk mengetahui besar kalor yang diserap

evaporator, kalor yang di lepas kondensor, kerja kompresor dan besar COP. Pengujian dilakukan dengan variasi suhu yaitu 10, 5, -0,5 dan -12°C.

Setelah dilakukan Pengujian maka hasil data pengujian dilakukan analisa berdasarkan persamaan dari referensi buku refrigerasi maupun sumber jurnal sebelumnya dan aplikasi internet. Adapun mesin Refrigerasi yang diuji adalah daya kompresor, 1/2 PK hasil Rancangan dan rakitan mahasiswa teknik mesin ITBU Jakarta. Hal-hal yang harus diperhatikan pada Penelitian ini adalah jenis refrigerant adalah R 134 A, Suhu yang di rekomendasikan -12 ° C, beban maximal ruang refrigerasi 10 kg. Untuk menentukan besar kalor yang di serap evaporator dibutuhkan nilai entalphi. Entalpi adalah energi yang terkandung dalam refrigerant sesuai suhu dan tekanan refrigerant dengan satuan kJ/kg atau Btu/lb untuk memperoleh harga entalpi di ambil dari tabel atau diagram R 134 A. (Wilbert F. Stoecker, Jerold W Joner, 2012)

Prinsip kerja mesin Pendingin seperti ditunjukkan pada gambar 1. diagram skematis sistim refrigerasi yaitu refrigerant di isap oleh kompresor pada tekanan rendah dari evaporator di tekan kompresor ke kondensor sehingga tekanan tinggi kemudian di kondensor refrigerant didinginkan dan fasanya menjadi cair selanjutnya di expansikan oleh katup ekspansi ke evaporator sehingga tekanan turun, di evaporator refrigerant menyerap kalor sehingga refrigerant keluar dari evaporator menjadi gas bertekanan rendah kemudian di isap oleh kompresor. Demikian kerja sistim refrigerasi secara terus menerus sehingga mampu mendinginkan ruangan yang berisi bahan yang didinginkan . Untuk lebih jelasnya dapat di lihat di gambar 1 di bawah ini (Mardika, Ratbayu Bangkit.2015):

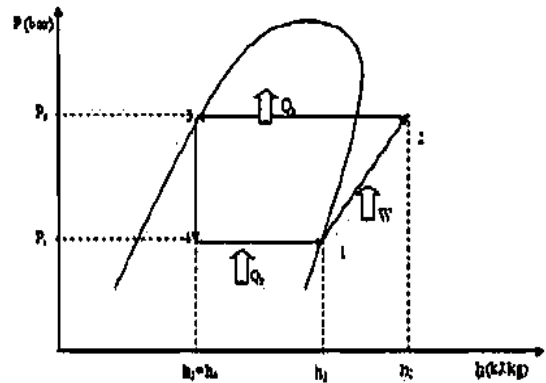


Gambar 1. Diagram skematis Sistem Refrigerasi.

Sumber: Mardika, Ratbayu Bangkit, 2015

Sedang gambar nomer 2 menjelaskan prinsip kerja siklus refrigerasi kompresi uap standart yaitu ketika regridrant keluar evaporator berbentuk gas pada tekanan rendah pada titik 1 refrigerant di kompresikan secara *adiabatic* oleh kompresor sehingga sampai titik 2 refrigerant menjadi ber tekanan tinggi. Kemudian refrigerant didinginkan di kondensor untuk melepas kalor ke lingkungan pada titik 3 sehingga refrigerant menjadi cair. Selanjutnya efrigerant masuk *expansion valve* sehingga tekanan turun, tidak terjadi kerugian energi (*expansi adiabatis*) atau nilai entalpi tidak berubah ($h_3=h_4$), kemudian refrigerant masuk evaporator menyerap kalor sesuai prinsip perpindahan panas untuk mendinginkan ruangan dan bahan yang didinginkan, sehingga refrigerant keluar dari evaporator fasanya berubah menjadi uap pada tekanan

rendah. Dari besarnya suhu dan tekakan maka pada diagram inilah harga entalpi dapat di tentukan. Lebih jelasnya lihat gambar 2.



Gambar 2. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Standart.

Sumber: Wilbert F. Stoecker, Jerold W Joner, 2012

Keterangan Gambar :

- P = tekanan Refregerant (Bar)
- h = harga entalpi (kJ/kg)
- W = kerja kompresi(kJ/kg)
- Qe = kalor yang di serap Evapurator (kJ/kg)
- Qk = kalor yang di lepas kondensor (kJ/kg)

Persamaan Yang Digunakan Untuk Analisa

Unjuk Kerja Mesin Adalah :(Wilbert F. Stoecker, Jerold W Joner, 2012) :

1) Kerja kompresor persatuan massa (Wk) :

$$W_k = h_2 - h_1 \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

- h₂: Entalpi refrigerant keluar kompresor (kJ/kg).
- h₁: Entalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg).

2) Kalor yang dilepas kondensor (Qk) :

$$Q_k = h_2 - h_3 \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

- h₂:Entalpi refrigerant masuk kondensor (kJ/kg).
- h₃: Entalpi refrigerant keluar kondensor (kJ/kg).

3) Kalor yang diserap evaporator (Q_e):

$$Q_e = h_1 - h_4 \dots \dots (3)$$

dimana :

h₁: Entalpi refrigerant keluar evaporator(kJ/kg).

h₄ : Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg).

4) COP_{act.} (Coefficient of Performance) (COP_{act}) :

$$COP_{act} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \dots \dots (4)$$

5) Laju aliran masa refrigerant (m) :

$$m = \frac{V \cdot I / 1000}{W_k} \dots \dots (5)$$

dimana :

V : Tegangan kompresor(V)

I : Arus kompresor (A)

W_k : Besarnya kerja kompresor (kJ/kg)

6) COP_{ideal} (Coefficient of Performance)

$$COP_{id} = (273,15 + T_e) / (T_c - T_e) \dots \dots (6)$$

dimana :

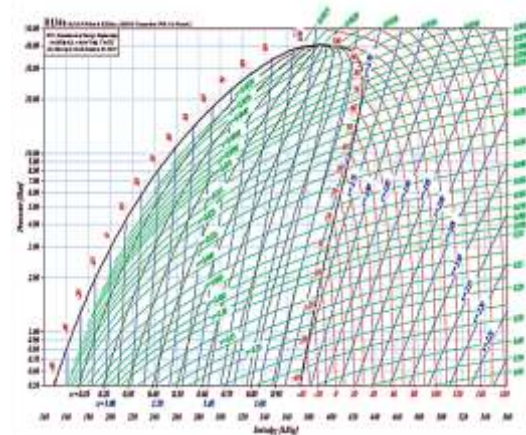
T_c : Suhu Kondensor (°C)

T_e : Suhu Evaporator (°C)

7) Efisiensi (η_m) :

$$\eta_m = \frac{COP_{aktual}}{COP_{ideal}} \dots \dots (7)$$

Gambar nomer 3 di bawah ini adalah diagram Muller Refrigerant R 134a, memperlihatkan hubungan tekanan refrigerant (garis *Horizontal*) dan harga entalphi refrigerant (garis *vertikal*) untuk menentukan harga entalpi refrigerant, yang akan digunakan dalam analisa energi, kerja kompresor Energi Evpurator dan kondensor serta COP.



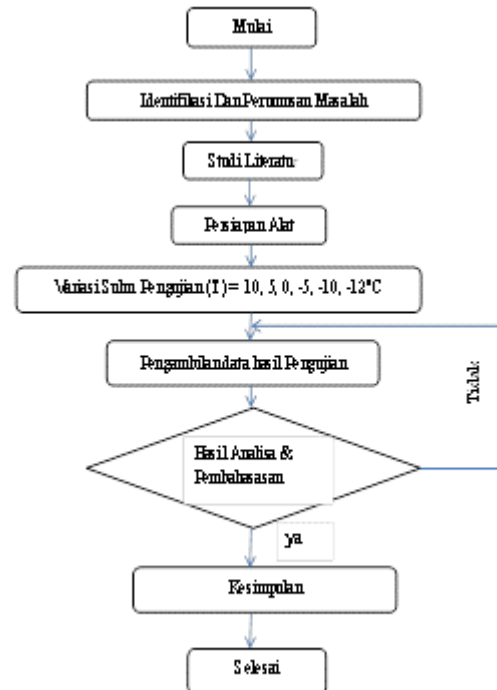
Gambar 3. Diagram P – h Refrigerant 134 A.

Sumber SWEP:

[https://www.swep.net/refrigerant- R 134 A Handbook/](https://www.swep.net/refrigerant-R-134-A-Handbook/) 10 Oktober 2021

2. METODOLOGI

Dalam analisis Mesin Refrigerasi ini, secara keseluruhan diterapkan metodologi yang digambarkan dalam kerangka pemikiran sebagaimana dapat terlihat pada gambar 4 diagarm alir berikut:



Gambar 4 Diagram Alir Analisa Mesin Pendingin. Sumber: Hasil Penelitian

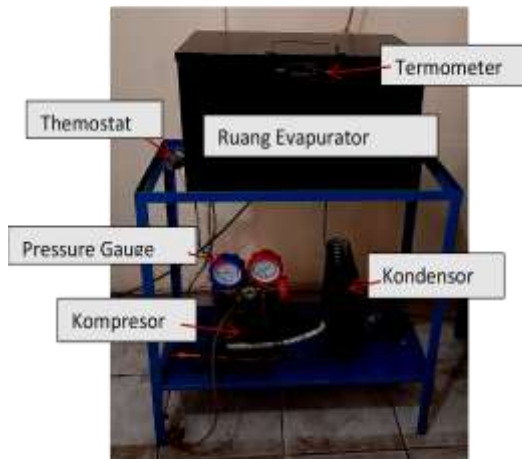
Dalam Analisa Mesin Pendingin, yang di cari dalam perhitung adalah :

- Besar Kalor yang di di serap di Evapurator (Q_e).
- Besar Kalor yang di lepas di kondensor (Q_k).
- Besar Daya kompresor (W_k).
- Besar laju aliran massa (m).
- Besar Cop_{act}
- Besar Efisiensi. (η)

Adapun data mesin pendingin Yang diuji adalah:

Sebagai mana terlihat pada gambar 5 adalah mesin Pendingin yang akan di lakukan pengujian dan analisa unjuk kerjanya. Mesin pendingin ini hasil karya mahasiswa dalam menyelesaikan skripsinya, adapun data Spesifikasi Mesin adalah :

- Mesin Refrigerrasi kapasitas ruang 10 kg.
- Suhu yang di rencanakan $-12^{\circ}C$
- Refrigerant R 134 a.
- Kompresor 1/5 PK.



Gambar 5. Mesin Pendingin Daya Kompresor 1/5 PK.

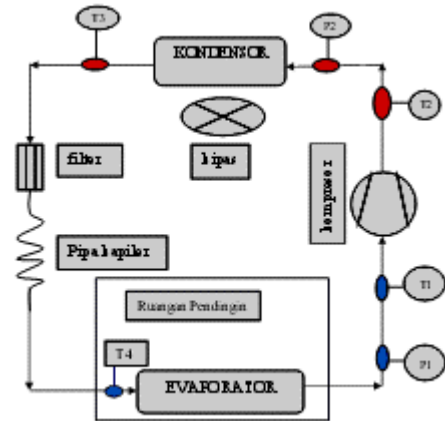
Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan Gambar 5:

- Ruang Evapurator : 500 x700 x400 mm
- Tinggi meja : 1000, lebar 600 mm.

Dalam melakukan pengujian di lakukan pengambilan data mesin pendingin yaitu tekanan dan suhu di tiap bagian komponen mesin pendingin. Gambar nomer 6 ini menunjukkan letak atau posisi pengambilan data suhu dan tekanan dari point atau titik

satu sampai empat. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 6 di bawah ini :



Gambar 6. Diagram Skematik Sistim Mesin Pendingin.

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan gambar :

- P1: Titik tekanan rendah (masuk kompresor).
- P2 : Titik tekanan tinggi (keluar kondensor).
- T1 : Titik temperatur rendah (masuk kompresor).
- T2 : Titik temperatur tinggi (keluar kompresor)
- T3 : Titik temperatur tinggi (keluar kondensor)
- T4 : Titik temperatur ruangan pendingin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

- Berikut data hasil pengujian yang telah dilakukan, hasilnya dapat di ,lihat pada tabel 1. Data yang di catat adalah T1, T2,T3 dan T4 serta P1 dan P2. Lebih jelasnya dapat dilihat di tabel 1. Percobaan ini dengan beban Ruang evaporator berisi/isi beban 2 liter air.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Mesin Refrigerasi,

No	Ruangan Pendingin (°C)	Tekanan (Bar)		Temperatur (°C)		Waktu (menit)	Listrik Kompresor (Amper)
		P1	P2	T1	T2		
1	30	2,8	3	31	31	0	0
2	10	0,7	14	22	37	15	0,9
3	5	0,6	13,2	23,8	38	45	0,9
4	0	0,6	13	24,4	41	75	0,9
5	-5	0,4	12,6	23,5	38,2	105	0,9
6	-10	0,4	12,3	23,6	38,4	180	0,8
7	-12	0,3	12,2	22,8	37,8	225	0,8

(Sumber : Hasil Pengujian Mesin Pendingin)

2) Pada Tabel 2. Di perlihatkan harga entalpi yang di peroleh dari diagram Tekanan dan Entalpi (P-H) Refeferanrt R 134a. Data Harga Entalpi berdasarkan suhu dan tebanan dari data pengujian dan diperoleh dari tabel diagram Tekanan (P) dan Entalpi (H) Refrigerant R 134a. Gambar 3.

Tabel 2 Harga Besar Nilai Entalpi (h)

No	Ruangan Pendingin (°C)	Harga Entalpi pada suhu T (dari diagram P-H R134a) (kJ/kg)			
		h1	h2	h3	h4
1	10	425	500	252	252
2	5	422	507	252	252
3	0	428	510	259	259
4	-5	424	519	258	258
5	-10	424	519	254	254
6	-12	424	524	254	254

(Sumber : Harga Entalpi Dari Diangam P-H R 134a)

3). Tabel 3. menunjukan hasil analisa perhitungan unjuk kerja mesin pendingin dari data pengujian mesin pendingin berdasarkan suhu ruangan ber variasi. Yaitu menunjukan besar harga : kerja kompresor (Wk), laju aliran massa (m), kalor yang dilepas kondensor (Qk), kalor yang di serap evaporator (Qe) dan besar COP . Hasil analisa perhitungan unjuk kerja mesin pendingin tersebut dapat di lihat di tabel 3.

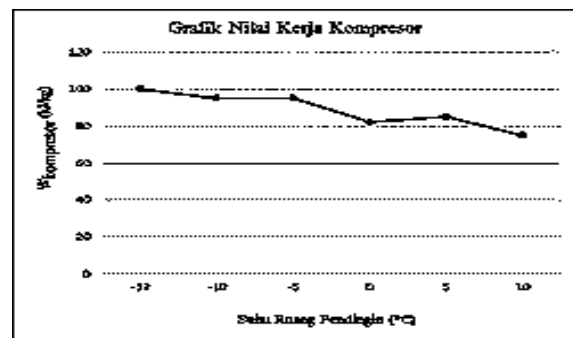
Tabel 3. Hasil Analisa Perhitungan Unjuk Kerja Mesin Pendingin:

No	Suhu Ruangan (°C)	Wk (kJ/kg)	Qk (kJ/kg)	Qe (kJ/kg)	m (kg/dt)	COP _w	COP _{it}	η (%)
1	10	75	248	173	0.00264	2,3	2,4	96
2	5	85	255	170	0.00232	2,0	2,6	74
3	0	82	251	169	0.00241	2,1	2,7	76
4	-5	95	261	166	0.00208	1,8	2,4	72
5	-10	95	265	170	0.00185	1,7	2,5	71
6	-12	100	270	170	0.00176	1,7	2,4	72

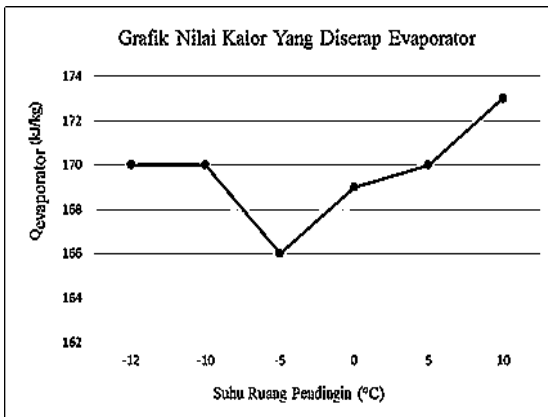
(Sumber Hasil Analisa Perhitungan data pengujian)

Pembahasan

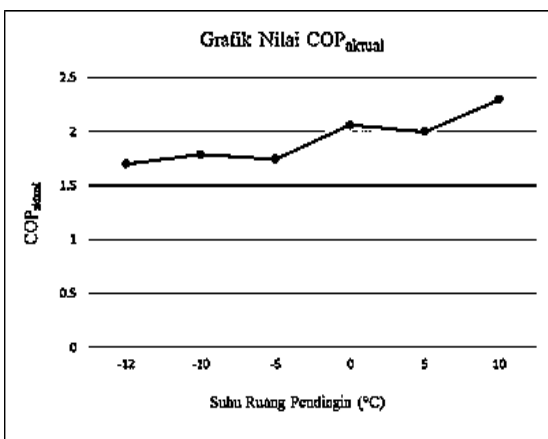
Dari hasil penelitian unjuk kerja mesin pendingin dengan diberi beban air 2 kg, Yaitu Waktu yang ter besar untuk mencapai suhu -12°C adalah penelitian dilakukan selama 225 menit. Kerja kompresor terbesar adalah pada suhu ruangan -12°C yaitu 100 kJ/kg. (lihat gambar grafik 7). Sedang kalor yang di lepas kondensor yang tertinggi adalah pada suhu ruangan -12°C yaitu 270 kJ/kg. Sedang kalor yang di serap Evaporator terbesar adalah pada suhu ruangan 10°C yaitu 173 kJ/kg, (lihat gambar 8), sedang cop terbesar adalah pad suhu ruangan 10°C yaitu 2,3. (lihat gambar nomer 9), dan Efisiensi tertinggi adalah pada suhu 10°C (lihat gambar nomer 10). Hal ini memberikan gambaran bahwa makin rendah suhu ruangan makin kecil kalor yang di serap Evaporator dan makin kecil nilai COP. Hal tersebut dapat digambarkan pada gambar grafik di bawah ini:



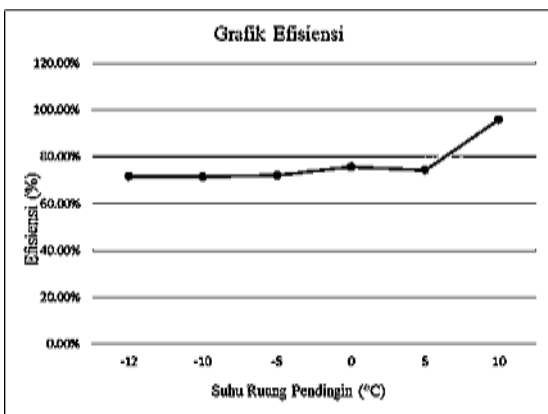
Gambar 7. Grafik Hubungan Kerja Kompresor Terhadap Suhu Ruangan. Sumber : hasil penelitian



Gambar 8. Grafik Hubungan Kalor Yang Di Serap Evaporator Terhadap Suhu Ruang Pendingin
Sumber : hasil penelitian



Gambar 9. Grafik Hubungan COP Terhadap Suhu Ruang Pendingin
Sumber : hasil penelitian



Gambar 10. Grafik Hubungan Effisiensi Terhadap Suhu Ruang Pendingin
Sumber : hasil penelitian

4. KESIMPULAN .

Dari hasil penelitian unjuk Kerja mesin Refrigerasi ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Nilai kerja kompresor terendah pada suhu ruangan 10°C adalah 95 kJ/kg, tertinggi pada suhu ruangan -12°C, yaitu 100 kJ/kg
2. Nilai kalor yang dilepas kondensor terendah pada suhu -12°C, yaitu 264 kJ/kg, tertinggi pada suhu ruangan 10°C, adalah 271 kJ/kg,
3. Mesin pendingin mampu mencapai suhu -12°C dengan waktu 225 menit dengan beban pendingin yaitu air mineral sebanyak 2 liter.
4. Nilai COP_{aktual} terendah 1,7, pada suhu -12°C, tertinggi pada suhu 10°C yaitu 1,8.

5. DAFTAR PUSTAKA

Mardika, Ratbayu Bangkit. Chest Freezer dengan daya 150 cm.2015
Makatita, Matheis Everdin, Mesin Pendingin Minuman Dengan Dua Evaporator Rangkaian seri.2017.
Samsuri Hasan,dkk. Sistem Refrigerasi Dan Tata Udara.2008. Jakarta.
SWEP.https://www.swep.net/refrigera nt - R 134 A Handbook/ 10 Oktober 2021)
Wilbert F. Stoecker ,Jerald W Joner, Terjemahan Supratman Hara, Sistim Refrigerasi dan Tata Udara Eddisi 4, 2012.

LAMPIRAN 1.

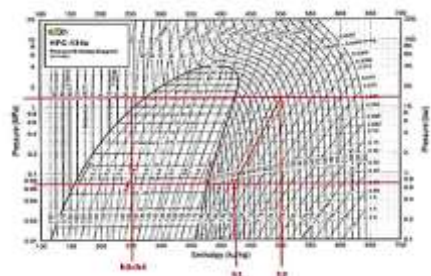


Diagram Refrigerant R134a, Tekanan Terhadap Entalpi Pada Suhu 10°C.
Sumber: hasil penelitian

==h==