

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH
JENIS REFRIGERAN TERHADAP KINERJA
MESIN REFRIGERATOR 1/3 HP**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Made Putra Angga Nata
NIM: 2215223023

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA
UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Perkembangan teknologi refrigerasi mendorong kebutuhan penggunaan refrigeran yang efisien dan ramah lingkungan sebagai pengganti R-22 yang terbukti merusak ozon dan berpotensi meningkatkan pemanasan global. Mesin refrigerator kapasitas 1/3 HP banyak digunakan pada skala rumah tangga hingga komersial, sehingga pemilihan refrigeran alternatif menjadi penting untuk menjaga kinerja sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Permasalahan yang diidentifikasi adalah perlunya kajian eksperimental untuk membandingkan performa refrigeran alternatif terhadap R-22 dalam kondisi operasi yang sama.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh jenis refrigeran terhadap kinerja mesin refrigerator 1/3 HP dan menentukan refrigeran dengan performa paling optimal. Tiga refrigeran yang diuji adalah R-22, R-417a, dan R-438a. Metode penelitian menggunakan pengujian eksperimental dengan pengukuran parameter temperatur, tekanan, arus, tegangan, serta pengolahan data untuk menghitung Coefficient of Performance (COP), efek refrigerasi (ER), dan kerja kompresor (W_k).

Kegiatan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, instalasi sistem, pengujian performa pada interval waktu 15–90 menit, pencatatan data, dan analisis menggunakan perangkat lunak termodinamika (Coolpack dan Coolselector). Hasil menunjukkan bahwa refrigeran alternatif memiliki performa lebih baik daripada R-22. R-417a unggul dalam kestabilan COP, sedangkan R-438a menunjukkan capaian puncak tertinggi dengan COP hingga 7,1.

Kata kunci: *refrigeran, COP, efek refrigerasi, mesin refrigerator 1/3 HP, R-22, R-417a, R-438a*

ANALYSIS OF THE EFFECT OF REFRIGERANT TYPE ON THE PERFORMANCE OF A 1/3 HP REFRIGERATOR MACHINE

ABSTRACT

he development of refrigeration technology has increased the demand for efficient and environmentally friendly refrigerants to replace R-22, which is known to deplete the ozone layer and contribute to global warming. A 1/3 HP refrigerator is widely used in household to commercial applications, making the selection of alternative refrigerants crucial to maintain performance while supporting environmental sustainability. The identified problem is the need for an experimental study to compare the performance of alternative refrigerants against R-22 under the same operating conditions.

This research aims to analyze the effect of refrigerant type on the performance of a 1/3 HP refrigerator and to determine the refrigerant with the most optimal performance. Three refrigerants were tested: R-22, R-417a, and R-438a. The research method applied experimental testing by measuring temperature, pressure, current, and voltage, followed by data processing to calculate the Coefficient of Performance (COP), refrigeration effect (ER), and compressor work (W_k).

The research activities included preparation of tools and materials, system setup, performance testing at time intervals of 15–90 minutes, data recording, and analysis using thermodynamic software (Coolpack and Coolselector). The results indicated that alternative refrigerants performed better than R-22. R-417a exhibited stable COP performance, while R-438a achieved the highest peak COP of 7.1.

Keywords: *refrigerant, COP, refrigeration effect, 1/3 HP refrigerator, R-22, R-417a, R-438a*

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	2
1.4.1 Tujuan umum.....	2
1.4.2 Tujuan khusus	2
1.5 Manfaat Tugas Akhir	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	3
2.1 Definisi Mesin Pendingin (refrigerator)	3
2.2 Sistem Mesin Refrigerator	3
2.3 Siklus Kompresi Uap	4

2.3.1 Proses kompresi	6
2.3.2 Proses kondensasi	6
2.3.3 Proses ekspansi	7
2.3.4 Proses evaporasi	7
2.4 komponen Utama Siklus Refrigerasi	7
2.5 Media Pendinginan	11
2.6 Parameter Kinerja Mesin Pendingin	12
2.6.1 Kerja kompresor (W_K)	12
2.6.2 Efek refrigerasi (ER)	12
2.6.3 COP (Coefficient Of Performance)	13
2.7 Jenis-jenis Refrigeran Yang Akan Digunakan	13
2.7.1 Refrigeran R-22	13
2.7.2 Refrigeran R-417a	14
2.7.3 Refrigeran R-438a	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Jenis Penelitian	16
3.2 Penempatan Alat Ukur	16
3.3 Alur Penelitian	18
3.4 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan	18
3.5 Penentuan Sumber Data	19
3.6 Sumber Daya Penelitian	19
3.7 Instrumen Penelitian	20
3.8 Prosedur Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Penelitian	23
4.1.1 Data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-22	23
4.1.2 Data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-417a	23

4.1.3 Data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-438a.....	24
4.2 Pengolahan Data	25
BAB V PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal tugas akhir	19
Tabel 3.2 Penentuan sumber data	19
Tabel 4.1 Hasil pengujian menggunakan refrigeran R-22.....	23
Tabel 4.2 Hasil pengujian menggunakan refrigeran R-417a	24
Tabel 4.3 Hasil pengujian menggunakan refrigeran R-438a	24
Tabel 4.4 Data dari ke tiga refrigeran	32
Tabel 4.5 Persentase peningkatan refrigeran R-417a	34
Tabel 4.6 Persentase peningkatan refrigeran R-438a	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem kerja mesin refrigerator.....	4
Gambar 2.2 Siklus sistem refrigerasi kompresi uap.....	5
Gambar 2.3 Siklus kompresi uap.....	6
Gambar 2.4 Kompresor	8
Gambar 2.5 Kondensor.....	9
Gambar 2.6 Pipa kapiler	10
Gambar 2.7 Katup ekspansi.....	10
Gambar 2.8 Evaporator	11
Gambar 2.9 Media pendinginan	11
Gambar 2.10 Refrigeran R-22	14
Gambar 2.11 Refrigeran R-417a	14
Gambar 2.12 Refrigeran R-438a	15
Gambar 3.1 Penempatan alat ukur.....	16
Gambar 3.2 Manifold gauge.....	20
Gambar 3.3 Termokopel.....	20
Gambar 3.4 Stop watch	21
Gambar 3.5 Vacuum	21
Gambar 3.6 Tang ampere.....	21
Gambar 3.7 Multimeter	22
Gambar 4.1 Tampilan awal aplikasi coolpack.....	26
Gambar 4.2 Pilihan refrigeran	26
Gambar 4.3 Menggambar siklus kompresi uap dalam p-h diagram.....	27
Gambar 4.4 p-h diagram R-22.....	28
Gambar 4.5 Tampilan awal aplikasi coolselector	29

Gambar 4.6 Pilihan tools	30
Gambar 4.7 Pilihan refrigeran	30
Gambar 4.8 Mencari titik entalpi.....	31
Gambar 4.9 Grafik COP perlima belas menit.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data hasil pengujian dengan R-22	40
Lampiran 2 Data hasil pengujian dengan R-417a	41
Lampiran 3 Data hasil pengujian dengan R-438a	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Refrigerator atau kulkas merupakan salah satu perangkat rumah tangga yang sangat penting dalam kehidupan modern. Alat ini digunakan untuk menjaga kesegaran makanan dan minuman, memperpanjang umur simpan bahan pangan, serta menyediakan air dingin atau es batu secara praktis. Dalam dunia perancangan dan penggunaan kulkas, kinerja sistem pendingin sangat dipengaruhi oleh jenis refrigerant yang digunakan (Kawan, 2023). Refrigerant adalah fluida kerja dalam sistem pendingin yang berperan penting dalam proses penyerapan dan pelepasan panas.

Seiring dengan perkembangan teknologi dan tuntutan ramah lingkungan, berbagai jenis refrigerant telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Beberapa refrigerant tradisional, seperti CFC (Chlorofluorocarbon) dan HCFC (Hydrochlorofluorocarbon), telah dilarang penggunaannya karena kontribusinya terhadap perusakan lapisan ozon dan pemanasan global. Sebagai pengganti, refrigerant baru seperti HFC (Hydrofluorocarbon) dan refrigerant berbasis hidrokarbon mulai banyak digunakan. Namun, setiap jenis refrigerant memiliki karakteristik unik yang memengaruhi tekanan efisiensi termal, operasi, serta dampak lingkungan (Bhatti, 2023:5).

Jenis-jenis refrigeran dapat mempengaruhi kinerja terhadap mesin pendingin, maka pada penelitian ini akan mencoba menganalisa jenis refrigeran R-22, R-417a dan R-438a sebagai *fluida* mesin pendingin.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jenis refrigeran terhadap kinerja mesin refrigerator 1/3 HP?
2. Jenis refrigeran mana yang memiliki kinerja yang paling baik untuk mesin refrigerator 1/3 HP?

1.3 Batasan Masalah

Batas masalah dalam penelitian tugas akhir ini, yakni:

1. Menggunakan mesin refrigerator 1/3 HP
2. Jenis refrigeran yang digunakan adalah R-22, R-417a dan R-438a

1.4 Tujuan tugas akhir

Tujuan tugas akhir terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan Umum

1. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan di Program Studi D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Menguji dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh di perkuliahan dan menerapkannya ke dalam bentuk analisis.

1.4.2 Tujuan khusus

1. Untuk mengetahui pengaruh jenis refrigeran terhadap kinerja mesin refrigerator
2. Untuk mengetahui jenis refrigeran yang menghasilkan kinerja mesin refrigerator paling baik

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Analisis Pengaruh Jenis Refrigeran Terhadap Kinerja Mesin Refrigerator adalah sarana untuk menerapkan ilmu-ilmu yang di dapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali baik secara teori maupun praktek dan merupakan syarat untuk menyelesaikan pendidikan D3 Teknik Pendingin Dan Tata Udara Politeknik Negeri Bali.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian kali ini ada tiga tahapan proses pengambilan data pada mesin refrigerator yaitu, pengambilan data menggunakan refrigeran R-22, R-417a, dan R-438a. Setiap pengambilan data menggunakan salah satu refrigeran dilakukan setiap 5 menit dengan lama durasi 90 menit. Pengambilan data dilakukan untuk mendapat COP.

4.1.1 Data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-22

Tabel 4.1 Hasil pengujian menggunakan refrigeran R-22

Waktu (menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	Low Pressure (psi)	High pressure (psi)	Kuat arus (A)	Tegangan (V)
5	4.7	66.3	30.4	30	175	1.3	169
10	4.6	66.1	30.2	30	175	1.3	169
15	4.5	66.1	30.1	30	175	1.3	169
20	4.5	65.9	30.0	30	175	1.3	169
25	4.7	65.9	29.8	30	175	1.3	169
30	4.9	65.8	29.8	30	175	1.3	169
35	5.0	65.8	29.7	30	175	1.3	169
40	4.5	65.7	29.8	30	175	1.3	169
45	4.6	65.7	29.7	30	175	1.3	169
50	4.7	65.7	29.8	30	175	1.3	169
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
90	3.6	65.9	29.8	30	175	1.3	169
Rata-rata	4.4	65.8	29.8	30	175	1.3	169

Dari data hasil pengujian menggunakan R-22 pada tabel 4.1, temperatur T₁ mengalami sedikit fluktuasi dalam rentang 3,6–5,0 °C dengan rata-rata 4,4 °C, yang mengindikasikan adanya variasi kecil namun tetap berada pada kondisi stabil. Temperatur T₂ menunjukkan kestabilan dengan kisaran 65,7–66,3 °C dan rata-rata 65,8 °C, menandakan bahwa temperatur sistem pada titik ini terjaga dengan baik. Demikian pula, temperatur T₃ relatif stabil pada kisaran 29,7–30,4 °C dengan rata-rata 29,8 °C. Tekanan rendah (low pressure) tercatat konstan di 30 psi, sedangkan tekanan tinggi (high pressure) tetap berada di angka 175 psi selama pengujian tanpa menunjukkan perubahan signifikan. Dari aspek kelistrikan, kuat arus terjaga di 1,3

A dan tegangan konsisten pada 169 V, menandakan pasokan daya listrik ke sistem berlangsung normal tanpa gangguan.

4.1.2 Data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-417a

Tabel 4.2 Hasil pengujian menggunakan refrigeran R-417a

Waktu (menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	Low Pressure (psi)	High pressure (psi)	Kuat arus (A)	Tegangan (V)
5	22,7	61.6	29.5	20	150	1.2	169
10	22.7	61.6	29.2	20	150	1.2	169
15	22.6	61.5	29	20	150	1.2	169
20	22.7	61.6	29	20	150	1.2	169
25	22.8	61.4	29.1	20	150	1.2	169
30	22.8	61.4	29.2	20	150	1.2	169
35	22.7	61.4	29.3	20	150	1.2	169
40	22.9	61.4	29.2	20	150	1.2	169
45	22.8	61.3	29.3	20	150	1.2	169
50	22.9	61.2	29.1	20	150	1.2	169
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
90	23.1	60.5	29.2	20	150	1.2	169
Rata-rata	22.8	61.1	29.1	20	150	1.2	169

Dari data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-417a pada tabel 4.2, temperatur T₁ berada pada kisaran 22,6–23,1 °C dengan rata-rata 22,8 °C, menunjukkan adanya perubahan yang sangat kecil namun tetap dalam kondisi normal. Temperatur T₂ cenderung stabil pada rentang 60,5–61,6 °C dengan rata-rata 61,1 °C, yang menandakan kestabilan panas pada bagian sistem tersebut. Sementara itu, temperatur T₃ berkisar antara 29,0–29,5 °C dengan rata-rata 29,1 °C, memperlihatkan kestabilan di sisi keluaran. Tekanan rendah (low pressure) konstan pada angka 20 psi, sedangkan tekanan tinggi (high pressure) terjaga stabil di 150 psi sepanjang pengujian. Dari aspek kelistrikan, kuat arus tercatat tetap 1,2 A dan tegangan berada pada 169 V tanpa adanya perubahan signifikan

4.1.3 Data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-438a

Tabel 4.3 Hasil pengujian menggunakan refrigeran R-438a

Waktu (menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	Low Pressure (psi)	High pressure (psi)	Kuat arus (A)	Tegangan (V)
5	22	61.9	29.3	24	155	1.2	169
10	22	62.2	29.2	24	155	1.2	169
15	21.9	62.6	29.2	24	155	1.2	169
20	22	62.9	29.4	24	155	1.2	169

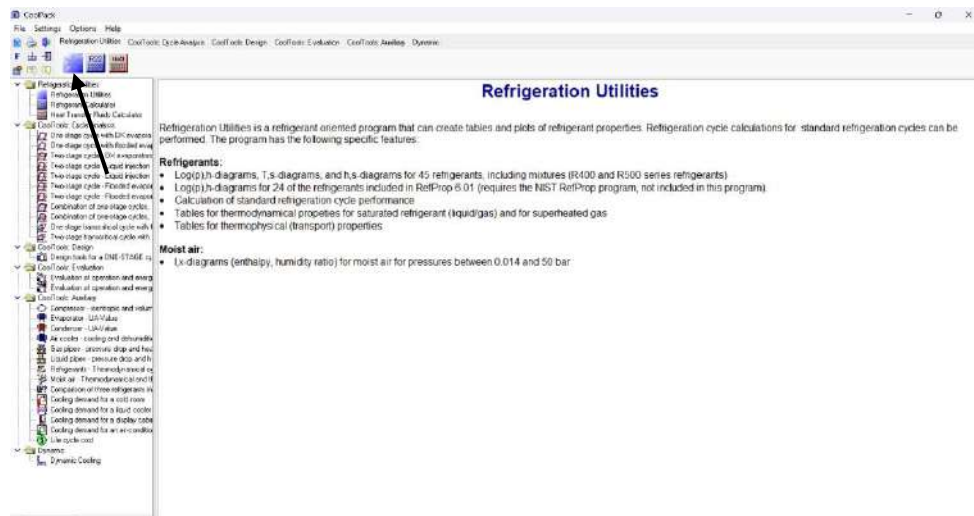
25	22	62.9	29.1	24	155	1.2	169
30	22.1	63.1	29.4	24	155	1.2	169
35	22.1	63	29.2	24	155	1.2	169
40	22.2	63	29.2	24	155	1.2	169
45	22.1	63	29	24	155	1.2	169
50	22.2	63.2	29.2	24	155	1.2	169
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
90	22.1	63.1	29.1	24	155	1.2	169
Rata-rata	22	62.9	29.1	24	155	1.2	169

Dari data hasil pengujian menggunakan refrigeran R-438a pada tabel 4.3, temperatur T_1 berada pada kisaran 21,9–22,2 °C dengan rata-rata 22 °C, yang menandakan perubahan sangat kecil dan relatif stabil. Temperatur T_2 tercatat sedikit lebih tinggi dengan kisaran 61,9–63,2 °C dan rata-rata 62,9 °C, menunjukkan kestabilan panas pada titik tersebut. Sementara itu, temperatur T_3 berada di rentang 29,0–29,4 °C dengan rata-rata 29,1 °C, memperlihatkan kestabilan di sisi keluaran sistem. Tekanan rendah (low pressure) konsisten pada 24 psi, sedangkan tekanan tinggi (high pressure) tetap stabil di 155 psi sepanjang pengujian. Dari aspek kelistrikan, kuat arus terukur tetap pada 1,2 A dan tegangan berada pada 169 V tanpa adanya perubahan. Secara keseluruhan, hasil pengamatan ini memperlihatkan bahwa sistem beroperasi dalam kondisi normal dengan performa yang stabil, baik dari sisi temperatur, tekanan, maupun kelistrikan.

4.2 Pengolahan Data

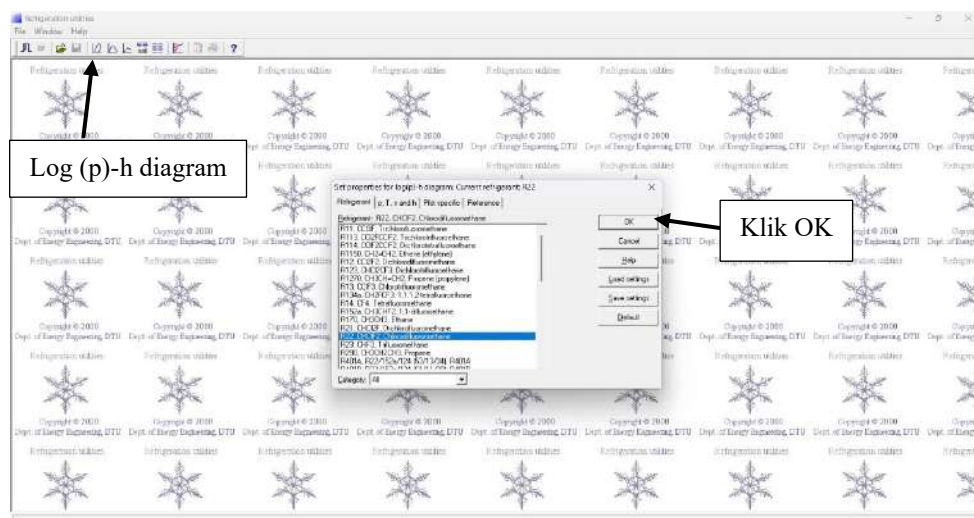
Dari data hasil pengujian untuk menentukan enthalpi dari refrigeran R-22 adalah menggunakan aplikasi coolpack dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi coolpack. Setelah aplikasi terbuka maka akan keluar tampilan seperti gambar 4.1, lalu klik yang bertanda hitam pada gambar (*Refrigeration Utilities*)



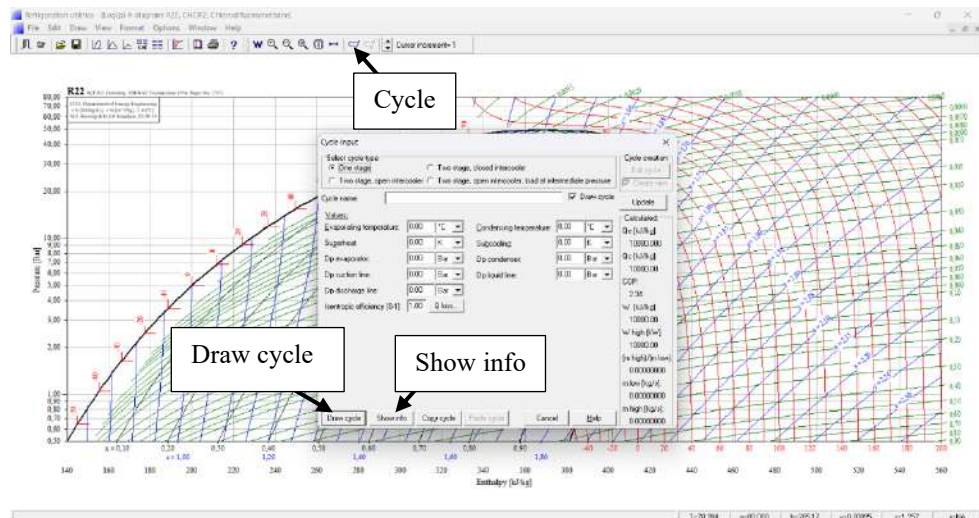
Gambar 4.1 Tampilan awal aplikasi coolpack

2. Pilih log (p)-h, lalu akan muncul pilihan refrigeran yang digunakan, setelah memilih refrigeran yang digunakan lalu klik OK



Gambar 4.2 Pemilihan refrigeran

3. Untuk memulai menggambar p-h diagram klik cycle terlebih dahulu, lalu akan muncul cycle input. Masukkan nilai pengukuran tekanan rendah pada evaporating temperature, nilai pengukuran tekanan tinggi pada condensing temperature. Derajat superheat dan subcooling dicari dengan menggunakan perhitungan $\Delta_{sh} = T_1 - T_{evap}$, $\Delta_{sc} = T_{kond} - T_3$. Klik draw cycle untuk memulai menggambar p-h diagram, lalu klik show info untuk melihat nilai entalphi.



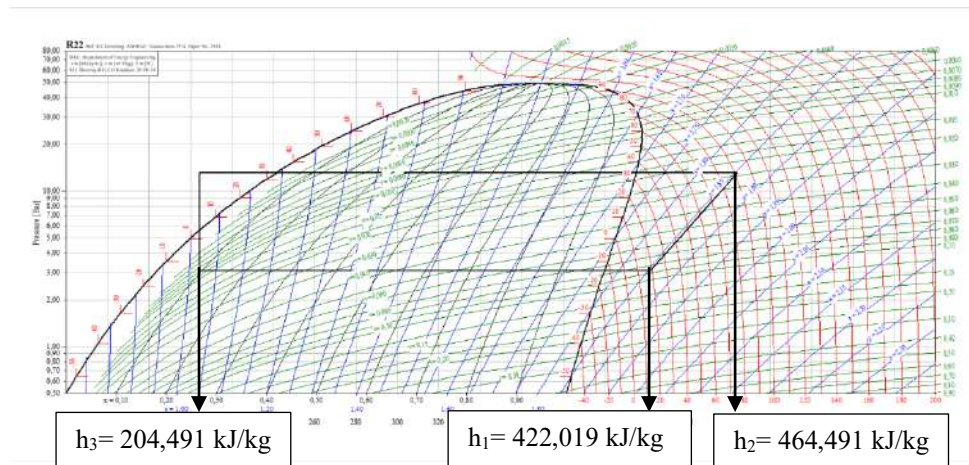
Gambar 4.3 Menggambar siklus kompresi uap dalam p-h diagram

Sebagai contoh untuk mencari COP menggunakan aplikasi coolpack penulis menggunakan data menit 50 pada tabel 4.1. Diketahui low pressure = 30 psi, high pressure = 175 psi, temperatur $T_1 = 4,7^\circ\text{C}$, temperatur $T_2 = 65,7^\circ\text{C}$, temperatur $T_3 = 29,8^\circ\text{C}$, $T_{\text{evap}} = -13,92^\circ\text{C}$, dan $T_{\text{kond}} = 33,61^\circ\text{C}$. Untuk mendapatkan nilai superheat dan subcooling, digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta_{sh} &= T_1 - T_{\text{evap}} \\ &= 4,7^\circ\text{C} - (-13,92^\circ\text{C}) \\ &= 18,6^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{sc} &= T_{\text{kond}} - T_3 \\ &= 33,6^\circ\text{C} - 29,8^\circ\text{C} \\ &= 3,8^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Masukkan data T_{evap} , T_{kond} , superheat dan subcooling ke aplikasi coolpack untuk mendapatkan gambar p-h diagram. Adapun gambar p-h diagram yang didapat setelah memasukkan data untuk mesin es dengan termoelektrik ke aplikasi coolpack sebagai berikut:



Gambar 4.4 Diagram p-h

Gambar 4.4 merupakan gambar p-h diagram dengan siklus refrigerasi ideal yang di dapat dari hasil kalkulasi data yang dimasukkan ke aplikasi coolpack. Adapun nilai entalphi yang diambil pada gambar p-h diagram tersebut yaitu:

$$h_1 = 422,019 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 464,491 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 204,491 \text{ kJ/kg}$$

Setelah nilai entalphi ditemukan, adapun nilai-nilai yang dapat dicari menggunakan nilai entalpi yaitu:

A. Efek refrigerasi (ER)

$$ER = h_1 - h_4$$

$$ER = 422,019 - 204,491$$

$$ER = 217,528 \text{ kJ/kg}$$

B. Kerja kompresi (W_k)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 464,419 - 422,019$$

$$W_k = 42,4 \text{ kJ/kg}$$

C. COP (teoritis)

$$COP (\text{teoritis}) = \frac{ER}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

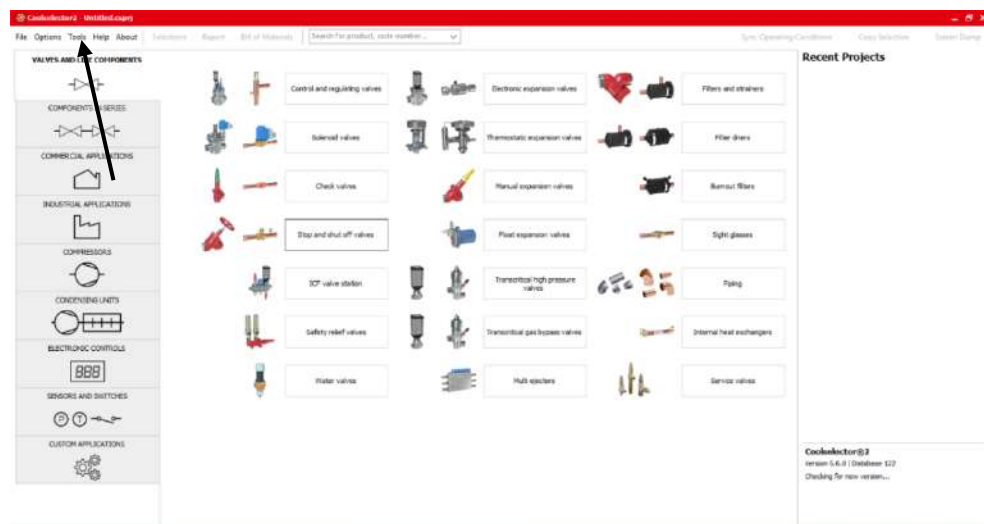
$$COP (\text{teoritis}) = \frac{422,019 - 204,491}{464,419 - 422,019}$$

$$COP (\text{teoritis}) = 5.1$$

Adapun cara menentukan entalpi dari refrigeran R-417a dan R-438a karena jenis refrigeran ini tidak ada di coolpack adalah menggunakan aplikasi coolselector dengan langkah – langkah sebagai berikut:

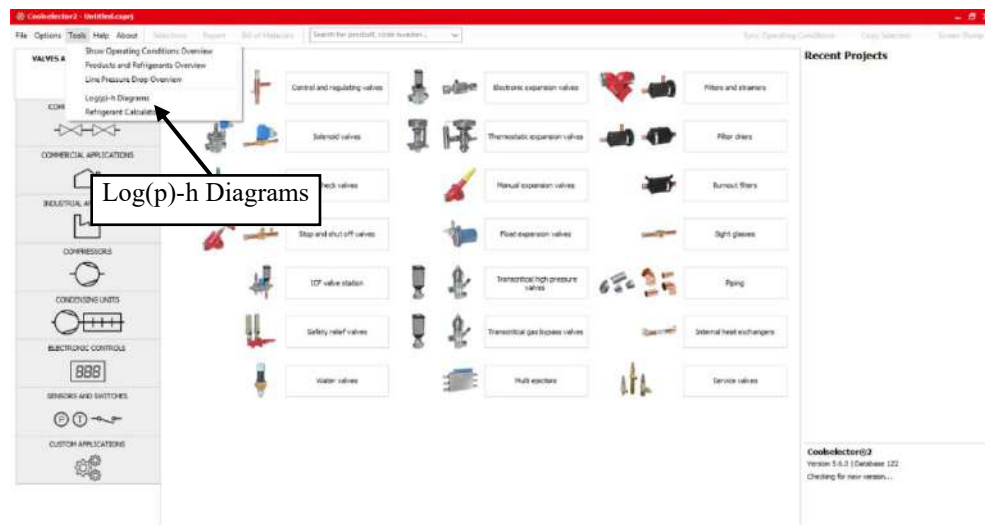
Data pengujian sebagai contoh perhitungan adalah data dari menit 50 pada tabel 4.2. Diketahui low pressure = 20 psi gauge dikonversi menjadi 2.39 bar absolut, high pressure = 150 psi gauge dikonversi menjadi 11.36 bar absolut, temperatur $T_1 = 22,9^\circ\text{C}$, temperatur $T_2 = 61.2^\circ\text{C}$, dan temperatur $T_3 = 29.1^\circ\text{C}$. Data tersebut selanjutnya akan digunakan untuk mencari titik entalphi dengan menggunakan aplikasi coolselector dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi coolselector. Setelah aplikasi terbuka maka akan keluar tampilan seperti gambar 4.5, lalu klik tulisan tools yang ditunjukkan tanda hitam pada gambar



Gambar 4.5 Tampilan awal aplikasi coolselector

2. Setelah klik tulisan tools, maka akan keluar tampilan seperti gambar 4.5. Selanjutnya pilih Log(p)-h Diagram.



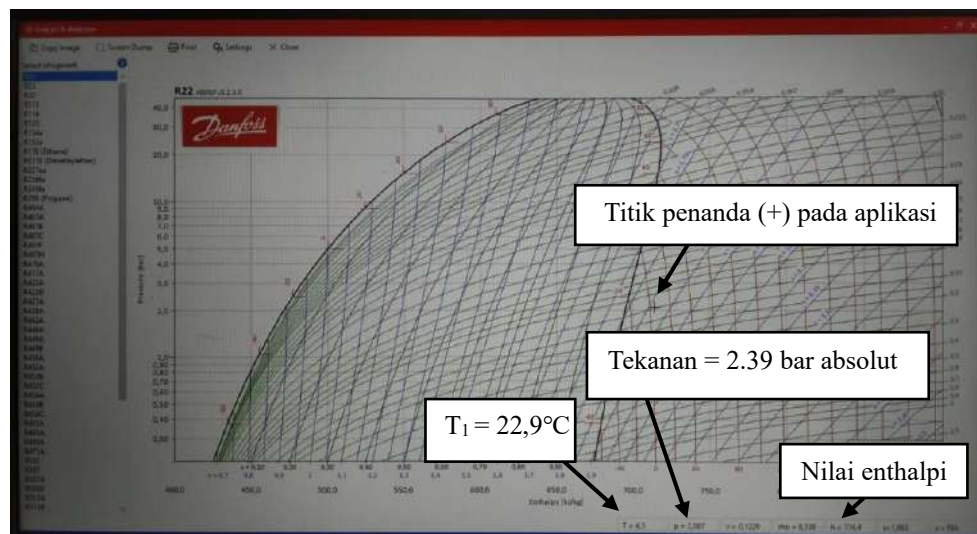
Gambar 4.6 Pilihan tools

3. Setelah memilih Log(p)-h Diagram, lalu pilih refrigeran yang akan digunakan



Gambar 4.7 Pilihan refrigeran

4. Langkah selanjutnya adalah menentukan titik h_1 dengan cara menggeser penanda sesuai data yang telah di tentukan yaitu T_1 dengan temperatur $22,9^\circ\text{C}$ dan Low pressure pada tekanan 2.39 bar absolute, maka nilai enthalpi akan didapatkan



Gambar 4.8 Mencari titik enthalpi

Nilai enthalpi yang didapatkan pada contoh gambar 4.8 adalah 394,3 kJ/kg. Langkah yang sama juga dilakukan untuk mencari h_2 dengan menggunakan data temperatur T_2 dan tekanan high pressure sedangkan h_3 dengan menggunakan temperatur T_3 dan tekanan high pressure. Hasil enthalpi h_4 sama dengan enthalpi h_3 karena berada pada garis enthalpi konstan. Dari hasil mencari enthalpi diatas, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$h_1 = 394,3 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 417,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 \& h_4 = 240,5 \text{ kJ/kg}$$

Setelah nilai enthalpi ditemukan, adapun nilai-nilai yang dapat dicari menggunakan nilai enthalpi yaitu:

A. Efek Refrigerasi (ER)

$$ER = h_1 - h_4$$

$$ER = 394,3 - 240,5$$

$$ER = 153,8 \text{ kJ/kg}$$

B. Kerja kompresi (W_k)

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 417,5 - 394,3$$

$$W_k = 23,2 \text{ kJ/kg}$$

C. COP (teoritis)

$$\text{COP (teoritis)} = \frac{\text{ER}}{\text{Wk}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$\text{COP (teoritis)} = \frac{394,3 - 240,5}{417,5 - 394,3}$$

$$\text{COP (teoritis)} = 6,6$$

Adapun data dari ke tiga refrigeran dari hasil hitungan perlimalas menit disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data dari ke tiga refrigeran

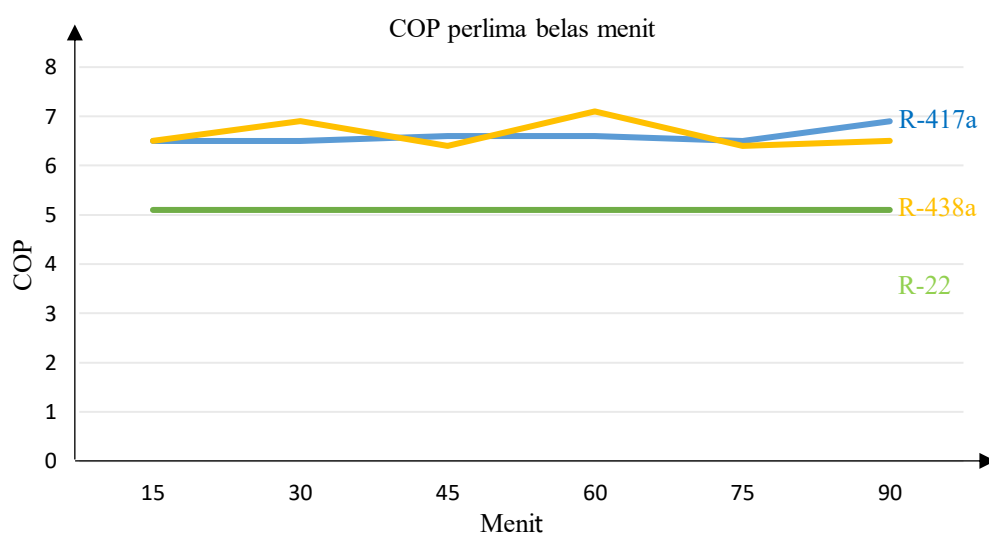
Jenis Refrigeran	Waktu (menit)	h ₁ (kJ/kg)	h ₂ (kJ/kg)	h ₃ (kJ/kg)	ER (kJ/kg)	Wk (kJ/kg)	COP
R-22	15	421,8	463,9	204,1	217,2	42,1	5,1
	30	422,1	464,3	204,4	217,6	42,2	5,1
	45	421,9	464,1	204,6	217,3	42,1	5,1
	60	422,1	464,3	204,6	217,5	42,2	5,1
	75	421,7	463,8	204,4	217,2	42,1	5,1
	90	421,2	463,2	204,4	216,7	42	5,1
	Rata-rata	421,8	463,9	204,4	217,2	42,1	5,1
R-417a	15	394,3	417,7	240,6	153,9	23,5	6,5
	30	394,2	417,7	240,6	153,6	23,5	6,5
	45	394,3	417,3	240,8	153,5	23,1	6,6
	60	394,3	417,3	240,4	153,9	23	6,6
	75	394,4	416,9	240,4	154	23,5	6,5
	90	394,7	416,8	240,6	154,1	22,1	6,9
	Rata-rata	394,3	417,2	240,5	153,8	23,1	6,6
R-438a	15	404,4	429,2	241,2	163	25	6,5
	30	404,5	428	241,6	162,9	23,5	6,9
	45	404,5	429,7	241,5	163	25,2	6,4
	60	404,6	427,5	241,2	163,4	22,9	7,1
	75	404	429,4	241,2	162,8	25,4	6,4
	90	404,5	429,5	241,6	162,9	25	6,5
	Rata-rata	404,4	428,8	241,3	163	24,5	6,6

Hasil pengujian pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa jenis refrigeran berpengaruh terhadap parameter kinerja mesin refrigerator, terutama pada nilai

COP (Coefficient of Performance), Efek Refrigerasi (ER) dan kerja kompresor (Wk). Berikut penjelasan yang lebih spesifik pada setiap refrigeran:

1. R-22 memiliki efek refrigerasi (ER) rata-rata 217,42 kJ/kg dengan kerja kompresor (Wk) rata-rata 42,12 kJ/kg, menghasilkan COP rata-rata 5,1. Nilai ini menunjukkan efisiensi yang paling rendah dibandingkan dua refrigeran lainnya.
2. R-417a memiliki ER rata-rata 153,83 kJ/kg dengan Wk rata-rata 23,12 kJ/kg, sehingga COP rata-ratanya 6,6. Kinerja R-417a cukup stabil, dengan rentang COP 6,5–6,9, menunjukkan efisiensi tinggi dan kestabilan operasional.
3. R-438a memiliki ER rata-rata 162,72 kJ/kg dan Wk rata-rata 24,5 kJ/kg, dengan COP rata-rata 6,63. COP tertinggi tercapai pada menit ke-60 dengan nilai 7,1, yang merupakan capaian puncak dalam seluruh pengujian. Namun, nilai COP R-438a menunjukkan fluktuasi lebih besar dibandingkan R-417a, dengan rentang 6,4–7,1.

Dapat disimpulkan bahwa R-438a memiliki kinerja terbaik dengan capaian COP tertinggi, sedangkan R-417a unggul dalam kestabilan performa dengan nilai rata-rata COP hampir setara. Dengan demikian, R-438a lebih baik dari sisi performa puncak, sementara R-417a lebih konsisten sepanjang pengujian. Berikut dicantumkan grafik perbandingan COP dari ketiga jenis refrigeran:



Gambar 4.9 Grafik COP perlima belas menit

Berdasarkan grafik pada gambar 4.9 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. R-22 (garis hijau) memiliki nilai COP paling rendah dan cenderung konstan sepanjang waktu, berada di sekitar angka 5,1. Hal ini menandakan efisiensi terendah di antara ketiga refrigeran.
2. R-417a (garis biru) menunjukkan nilai COP yang lebih tinggi dari R-22 dan cukup stabil, berkisar antara 6,5 hingga 6,9. Peningkatan tertinggi terjadi di akhir pengujian (menit ke-90) dengan COP mendekati 6,9.
3. R-438a (garis oranye) memiliki nilai COP yang juga lebih tinggi dari R-22, dengan fluktuasi lebih besar dibandingkan R-417a. Nilai puncak COP tertinggi dicapai pada menit ke-60 sebesar 7,1, menjadikannya kinerja maksimal dalam seluruh pengujian.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.9, kedua refrigeran alternatif (R-417a dan R-438a) memberikan peningkatan kinerja signifikan dibandingkan R-22, refrigeran R-438a unggul pada capaian puncak COP. Meskipun demikian, R-417a menunjukkan kestabilan performa yang lebih baik dengan fluktuasi nilai COP yang lebih kecil. Sehingga layak dipilih jika konsistensi operasi menjadi prioritas.

Adapun grafik persentase peningkatan antara refrigeran R-417a dan R-438a dengan R-22 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Persentase peningkatan nilai COP R-417a

Jenis refrigeran	Waktu (menit)	Nilai COP	Nilai COP R-22	Persentase peningkatan
R-417a	15	6,5	5,1	27%
	30	6,5	5,1	27%
	45	6,6	5,1	29%
	60	6,6	5,1	29%
	75	6,5	5,1	27%
	90	6,9	5,1	35%
Rata-rata		6,6	5,1	29%

Data menunjukkan bahwa penggunaan refrigeran R-417a memberikan peningkatan nilai *Coefficient of Performance* (COP) yang signifikan dibandingkan R-22. Pada semua titik waktu pengujian, COP R-417a selalu berada di atas R-22. Nilai COP rata-rata R-417a adalah 6,6, sedangkan R-22 hanya 5,1, yang berarti terjadi peningkatan efisiensi sebesar 29% dibandingkan refrigeran R-22.

Peningkatan ini konsisten di semua waktu pengujian, dengan nilai terendah 27% dan tertinggi 35%. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis refrigeran memengaruhi secara langsung kinerja sistem pendingin, di mana R-417a mampu meningkatkan efisiensi energi dan performa mesin refrigerator 1/3 HP secara signifikan.

Tabel 4.6 Persentase peningkatan nilai COP R-438a

Jenis refrigeran	Waktu (menit)	Nilai COP	Nilai COP R-22	Persentase peningkatan
R-438a	15	6,5	5,1	26%
	30	6,9	5,1	34%
	45	6,4	5,1	24%
	60	7,1	5,1	38%
	75	6,4	5,1	24%
	90	6,5	5,1	26%
Rata-rata		6,6	5,1	29%

Data menunjukkan bahwa R-438a selalu memiliki COP yang lebih tinggi di setiap waktu pengujian. Nilai COP R-438a berkisar antara 6,4 hingga 7,1, sedangkan R-22 tetap konstan di angka 5,1. Peningkatan efisiensi yang diperoleh R-438a dibandingkan R-22 berkisar antara 24% hingga 38%, dengan rata-rata peningkatan sebesar 29%. Nilai puncak COP tertinggi dicapai pada menit ke-60, yaitu 7,1, yang merupakan peningkatan 38% dibandingkan R-22 pada waktu yang sama. Data ini menunjukkan bahwa R-438a mampu memberikan performa pendinginan yang lebih tinggi dan efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan R-22, meskipun terdapat sedikit fluktuasi nilai COP pada beberapa titik waktu.

Dengan demikian, R-438a dapat direkomendasikan sebagai refrigeran dengan kinerja paling baik secara puncak, sedangkan R-417a unggul pada kestabilan operasional jangka panjang. Pemilihan akhir dapat menyesuaikan kebutuhan, apakah memprioritaskan efisiensi maksimum atau kestabilan kinerja.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. R-22 menghasilkan COP rata-rata 5,1, ER 217,2 kJ/kg, dan Wk 42,1 kJ/kg, namun kinerjanya paling rendah. R-417a meningkatkan efisiensi dengan COP rata-rata 6,6, ER 153,8 kJ/kg, dan Wk hanya 23,1 kJ/kg, yang berarti terjadi peningkatan COP sekitar 29% dibandingkan R-22, serta memiliki performa yang stabil. Sementara itu, R-438a juga menunjukkan hasil lebih baik dengan COP rata-rata 6,6, ER 163,0 kJ/kg, dan Wk 24,5 kJ/kg, bahkan mencapai COP tertinggi 7,1 dengan rata-rata peningkatan sekitar 30% dibandingkan R-22, meskipun lebih berfluktuasi. Dengan demikian, R-417a unggul dalam kestabilan efisiensi, sedangkan R-438a unggul pada capaian performa puncak.
2. Berdasarkan hasil pengujian, R-438a direkomendasikan sebagai refrigeran dengan kinerja puncak terbaik karena mampu mencapai COP tertinggi 7,1 (+38% dibandingkan R-22). Sementara itu, R-417a dapat direkomendasikan bila prioritas utama adalah kestabilan kinerja jangka panjang, karena variasi nilainya kecil dan performanya konsisten di semua titik waktu

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yang ingin mengambil judul analisa pengaruh jenis refrigeran terhadap kinerja mesin refrigerator sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian dalam kondisi beban pendinginan yang bervariasi, sehingga hasil dapat menggambarkan kinerja refrigeran secara lebih menyeluruh pada kondisi operasi nyata.

2. Disarankan melakukan analisis ekonomi (biaya energi, biaya refrigeran, dan umur pakai komponen) untuk melengkapi evaluasi teknis, sehingga pemilihan refrigeran dapat mempertimbangkan efisiensi sekaligus aspek biaya operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. "Komponen Dan Prinsip Kerja Refrigerasi." Kajianpustaka.com, Blogger, 7 May 2019, www.kajianpustaka.com/2019/05/komponen-dan-prinsip-kerja-refrigerasi.html?m=1. Diakses pada 23 Jan 2025.
- Bhatti, S.S, Kumar, A, & Reetu (2023). Refrigeran Ramah Lingkungan untuk Pendinginan dan Pendingin Udara Berkelanjutan. *Current World Environment*, 18(3), 934-943.
- Dedy Fermana (2023). *Jenis Jenis Refrigerant - Birolistrik.com*. Birolistrik.com. Terdapat pada: <https://birolistrik.com/5135/jenis-jenis-refrigerant/>. Diakses pada 26 Agustus 2025.
- Deswita, N., Aziz, A., & Mainil, R. I. (2016). *Performansi Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Pada Massa 60 Gram Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Fauzi, R. A. (2024). Analisis Pengaruh Jenis Refrigeran Dan Variasi Tekanan Pengisian Terhadap Performa Mesin Refrigerasi Kompresi Uap Di Laboratorium Konversi Energi (Doctoral Dissertation, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa).
- Gian Anshori (2021). *Prinsip Kerja dan Cara AC Mendinginkan Ruangan*. pojokdingin.com. Terdapat pada: <https://www.pojokdingin.com.html>. Diakses pada 26 Agustus 2025.
- Juda xiamen (2025). *Gas Pendingin Kemurnian 99,9% R438A*. Fluorined-chemical.com. Terdapat pada: <https://id.fluorined-chemical.com/freon-gas/99-9-purity-refrigerant-gas-r438a.html>. Diakses 26 Agustus 2025.
- Kawan Lama. "Ketahui Apa Itu Refrigerant, Jenis Dan Cara Kerjanya." Kawan Lama Group, 14 Oct. 2023, www.kawanlama.com/blog/ulasan/ketahui-apa-itu-refrigerant-jenis-dan-cara-kerjanya. Accessed 11 Jan. 2025.
- KL (2023). *Ketahui Apa Itu Refrigerant, Jenis dan Cara Kerjanya*. Kawan Lama Group. Terdapat pada: <https://www.kawanlama.com/blog/ulasan/ketahui-apa-itu-refrigerant-jenis-dan-cara-kerjanya>. Diakses pada 26 Agustus 2025.
- Mainil, R. I., Deswita, N., Mainil, A. K., & Aziz, A. (2020). Kondisi Kerja Mesin Refrigerasi Kompresi Uap pada Variasi Massa Refrigeran Hidrokarbon. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(2), 63-68. Wulandari, Suci . "
- Oloan, A. C. P., Muslim, M., & Buwono, A. (2023). Analisa Coefficient of Performance (COP) Pada Mesin Pendingin Pembuat Ice Slurry. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 13(3), 187-194.

- Pratama, F. A., Mitrakusuma, W. H., Falahuddin, M. A., & Ayu, W. S. (2021, September). Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32, R22 & R1270 Menggunakan REFPROP. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 12, pp. 472-477).
- Purwanto, E., & Ridhuan, K. (2014). Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1).
- Starget Refrigerant (2023). *About R417A Refrigerant You Should Know - Starget*. Starget. Terdapat pada: <https://www.stargetgas.com/about-r417a-refrigerant-you-should-know/>. Diakses pada 26 Agustus 2025.